

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 11 7D 78 67 C2 66 A3 34 B2 CE 4F 9A FD E9 38 84 E5 28 4A 09
Владелец: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новгородский государственный университет
имени Ярослава Мудрого»
Действителен: с 08.07.2021 до 08.10.2022

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭИС



С.И.Эминов

20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника

Согласовано

Начальник отдела обеспечения
деятельности ИЭИС

 П.В.Лысухо
« 27 » февраля 2020 г.

Разработал

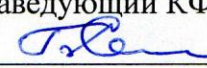
Доцент КФТТМ

 В.Е.Удальцов
« 24 » 02 2020 г.

Принято на заседании каф. ФТТМ

Протокол № 8 от 26.02.2020 г.

Заведующий КФТТМ, проф.

 Б.И.Селезнев
« 26 » 02 2020 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области оптической и квантовой электроники, ознакомление студентов с элементной базой и характеристиками оптоэлектронных приборов, принципами построения и применения элементов интегральной оптики и волоконно-оптических линий связи.

Задачи:

- а) сформировать у студентов систему теоретических знаний в области оптоэлектроники;
- б) сформировать навыки владения основными приемами и методами решения прикладных проблем лазерной техники;
- в) сформировать навыки проведения научных исследований, познакомить с современной научной аппаратурой;
- г) актуализировать способности студентов использовать теоретические знания при решении задач и проведении экспериментов.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» относится к элективным дисциплинам (модулям) учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и направленности (профилю) Микроэлектроника и твердотельная электроника (далее – ОПОП).

В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин: «Физика», «Материалы электронной техники», «Физические основы электроники».

Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения последующих дисциплин: «Промышленная электроника», «Наноэлектроника».

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

Профессиональные компетенции:

- ПК-1 Способен 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.

Результаты освоения учебной дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
ПК-1 Способен 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		Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Владеет навыками компьютерного моделирования

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		8 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	70	70
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	36	36
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	74	74
5. Промежуточная аттестация (зачет; дифференцированный зачет; экзамен) (АЧ)	экзамен 36	экзамен 36

4.2 Содержание учебной дисциплины

Тема 1. Введение.

Тема 2. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами.

Тема 3. Усиление и генерация электромагнитного излучения.

Тема 4. Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков.

Тема 5. Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах.

Тема 6. Мазеры.

Тема 7. Лазеры.

Тема 8. Светодиоды и полупроводниковые лазеры.

Тема 9. Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением.

Тема 10. Оптические методы передачи и обработки информации.

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)						Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС	КР	Экза мен		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР					
1.	Введение	1	-		1			6	
2.	Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами	3	4		1			6	опрос практическая работа,
3.	Усиление и генерация электромагнитного излучения	3	4		1			8	опрос практическая работа,
4.	Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков	3	4		1			8	опрос практическая работа
5.	Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах	3	2		1			8	опрос
	Рубежная аттестация								контрольная работа
6.	Мазеры	3	2		1			6	опрос
7.	Лазеры	3	8		1			8	практическая работа, опрос
8.	Светодиоды и полупроводниковые лазеры	3	5		2			8	практическая работа, опрос
9.	Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением	3	8		2			8	практическая работа, опрос
10.	Оптические методы передачи и обработки информации	3	5		1			8	практическая работа, опрос
	Промежуточная аттестация						36		экзамен
	ИТОГО	28	42		12	36	36	74	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

- Анализ конструкций, разработка топологии контактных систем для светодиодных и фотодиодных кристаллов, расчёт углов излучения и зрения, светотехнических параметров, выбор корпусов для светодиодов, лазерных диодов и фотодиодов.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1.	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Особенности оптической электроники. Стандартная терминология, основные понятия и определения. Краткий исторический очерк. Классификация приборов квантовой и оптической электроники. Их роль в современной науке и технике. Связь с другими дисциплинами (вводная лекция)	1
2.	Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Приближение геометрической оптики. Уравнения Максвелла. Поляризация света. 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. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения (информационная лекция)	3
3.	Усиление и генерация электромагнитного излучения. Принцип работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей. Возбуждение активного вещества-накачка. Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех- и четырехуровневые схемы работы. Пороговая мощность источника накачки. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний-моды. Требования к резонаторам оптического диапазона. Типы резонаторов. Конфокальные резонаторы. Спектральные характеристики и распределение поля. Селекция аксиальных и неаксиальных типов колебаний. Условие самовозбуждения лазеров. Пороговая энергия накачки по генерации. Насыщение усиления. Одномодовая и многомодовая генерация. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы. (информационная лекция)	3
4.	Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков. Монохроматичность. Поляризация. Когерентность. Пространственная и временная когерентность. Направленность лазерного излучения. Яркость. Энергетическая и фотометрическая яркость. Гауссовы пучки. Распространение и преобразование гауссовых пучков. Оптические свойства атмосферы. Преобразование лазерных пучков. Пространственное, амплитудное и фазовое преобразования. Поляризационные преобразования. Фазовые (волновые) пластинки. Частотное и временное преобразования лазерного импульса. Управляемые оптические системы (информационная лекция)	3
5.	Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений A^3B^5 , A^2B^6 и A^4B^6 . Электронные состояния и оптическое поглощение в твердых растворах и сильнолегированных полупроводниках. Рефракция света. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми. Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Спектры и кинетика фотопроводимости. Увлечение носителей заряда фотонами. Фотоэлектрические эффекты в неоднородных структурах и p-n-переходах. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в p-n - гетеропереходах и варизонных структурах. Оптические эффекты в сверхтонких слоях. Квантовые ямы. Оптические явления и квантово -размерных слоях и сверхрешётках	3

	(информационная лекция)	
6.	Мазеры. Особенности квантовых приборов радиодиапазона. Пучковые мазеры. Молекулярный мазер на пучке молекул аммиака. Мазер на пучке атомов водорода. Квантовые парамагнитные усилители. Усилители резонаторного типа и усилители бегущей волны. Активные материалы и элементы КПУ (информационная лекция)	3
7.	Лазеры. Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Требования к материалам и методы накачки. Процессы в газовом разряде. Особенности устройства газоразрядных лазеров. Гелий - неоновый лазер. Лазер на парах меди. Ионные газовые лазеры. Аргонный лазер. Гелий - кадмиевый лазер. Молекулярные СО ₂ -лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер. Эксимерные лазеры. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры. Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Активные материалы. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров (информационная лекция)	3
8.	Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Общая характеристика и особенности полупроводниковых лазеров и светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Активные материалы. Гетеросветодиоды. Особенности конструкции и характеристики. Многоэлементные полупроводниковые индикаторы. Электролюминесцентные экраны. Индикаторы на жидких кристаллах. Газоразрядные индикаторы. Полупроводниковые лазеры. Требования к активным материалам. Лазеры с электронной и оптической накачкой. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с раздельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры (информационная лекция)	3
9.	Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Р-і-п фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Особенности приборов управления оптическим излучением. Модуляторы лазерного излучения. Электрооптические модуляторы. Магнитооптические модуляторы. Абсорбционные модуляторы. Акустооптические модуляторы света. Пассивные затворы. Методы сканирования света. Дефлекторы. Приборы нелинейной оптики. Преобразователи частоты. Генераторы гармоник. Параметрические генераторы света. Управляемые оптические системы (информационная лекция)	3
10.	Оптические методы передачи и обработки информации. Характеристика и особенности оптической связи. Структурные элементы оптоэлектроники. Оптроны как структурные элементы оптоэлектроники. Типы оптронов. Передача оптических сигналов по световодам. Волоконно-оптические линии связи. Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Связь между волноводами. Направленные ответвители. Тонкопленочные модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы. Принципы голографии. Свойства голограмм. Оптические методы обработки информации. Оптические вычислительные машины и комплексы (информационная лекция)	3
	ИТОГО	28

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
	Практические работы	
2.1	Определение постоянной Планка	4
3.1	Измерение К.П.Д. лазерного диода	4

4.1	Измерение параметров оптического волокна	4
7.1.	Изучение твердотельного лазера ГОР	4
7.2	Исследование пространственных характеристик и модовой структуры лазерных источников излучения	4
10.1		
8.1	Вольтамперные и спектральные характеристики светодиодов	4
9.1	Вольтамперные и люкс-амперные характеристики фоторезистора	4
9.2	Вольтамперные и ватт-амперные характеристики фотодиода	4
	ИТОГО	32
	<i>Решение задач</i>	
1.	Волновые и квантовые параметры излучения. Основы фотометрии	1
2.	Расчет времени жизни атомов в возбужденном состоянии	1
3.	Оптические константы и критерии качества полупроводников	1
4.	Расчет рабочих параметров газовых и полупроводниковых лазеров	1
5.	Расчет характеристик светодиодов и лазерных диодов	1
6.	Расчет рабочих параметров полупроводниковых фотоприемников	2
7.	Оптроны и модуляторы излучения	1
8.	Волоконно-оптические линии связи	1
9.	Интегральные оптические схемы	1
	ИТОГО	10

Методические рекомендации к проведению практических занятий

1. Практическая работа

Студенты самостоятельно выполняют практические работы, получая задания и необходимые консультации у преподавателя. Результаты работы оформляются в виде отчетов.

Для выполнения практических работ студенты должны пользоваться методическими указаниями:

1 Оптическая электроника: метод. указания / сост. В.Е.Удальцов, А.А.Титова, П.А.Соболев, А.В.Штро; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. - 38 с.

2 Квантовая электроника: метод. указания / сост. Г.М.Емельянова, А.А.Сапожников, Удальцов В.Е.; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2015. - 19 с.

Методические указания содержат описания и порядок проведения практических работ, контрольные вопросы.

2. Решение задач.

На практических занятиях студент прежде всего должен освоить взаимодействие с программными продуктами, которые используются как для выполнения предложенных расчетов, так и для иллюстраций типов и особенностей конструкций излучающих и фотоприемных приборов.

Практические занятия строятся следующим образом:

– 20% аудиторного времени отводится на постановку задачи и краткое теоретическое введение.

– 20% объяснение решения типовой задачи у доски;

– 40% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;

– 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок при решении задач.

На практических занятиях для решения задач студенты могут пользоваться источниками: 1 Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 360 с.; 2 Шуберт Фред Е. Светодиоды: Монография / Пер.с англ.под ред.А.Э.Юновича. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2008. - 495с.

Методические рекомендации по курсовой работе

1 Общие положения

1.1 Настоящие методические указания устанавливают цель и содержание курсовой работы (КР), а также организационные принципы выполнения КР по учебной дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

1.2 Методические указания определяют комплектность курсовой работы и общие требования, структуру, содержание и правила оформления отчета по КР – пояснительной записки, а также графических документов.

1.3 Методические указания составлены в соответствии с Требованиями к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки бакалавра по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника и в соответствии с рабочей программой учебного модуля «Квантовая и оптическая электроника».

2 Цель и задачи курсовой работы

2.1 Курсовая работа является решением комплексной задачи на базе полученных в процессе изучения курса знаний, умений и навыков. Её цель – изучить принципы конструирования, освоить методики расчёта основных параметров, научиться обосновывать выбор типов корпусов и основных этапов технологии оптоэлектронных приборов.

2.2 Задачами курсовой работы являются:

- расширение и углубление знаний по курсу «Квантовая и оптическая электроника», применение знаний, полученных студентами при изучении естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин;
- приобретение опыта работы с научно-технической, справочной, периодической литературой, стандартами;
- приобретение опыта и закрепление навыков работы с вычислительной техникой при выполнении расчетов, графических и оформительских работ;
- получение навыков проведения самостоятельной работы исследовательского характера, навыков изложения результатов и защиты решений;
- курсовое проектирование готовит студентов к решению более сложной задачи - подготовке выпускной квалификационной работы по защите академической степени бакалавра.

2.3 Результатом курсовой работы является проектирование одного из оптоэлектронных приборов, включающее разработку конструкции и топологии кристалла, выбор типа корпуса, расчет основных параметров, описание основных этапов технологии изготовления.

3 Порядок проведения курсовой работы

3.1 Задание на курсовую работу выдается в течение первых трех недель учебного семестра.

3.2 Руководитель курсовой работы в начале проектирования оповещает студентов о расписании консультаций и индивидуальных занятий.

3.3 Исходным документом для выполнения работы является техническое задание (ТЗ), в котором определяются задачи моделирования и задаются необходимые данные, формулируются дополнительные задачи.

3.4 Курсовая работа (работа над заданием) начинается с проведения литературного поиска, содержание которого заключается в следующем:

- необходимо исследовать литературу, указанную в техническом задании на проектирование, и материал, изложенный в конспекте лекций;
- необходимо изучить имеющееся учебное пособие.

3.5 Руководитель в ходе проектирования консультирует студентов по вопросам принципиального характера. Ответы на вопросы, лежащие в сфере знаний ранее изученных дисциплин, должны быть найдены студентами самостоятельно.

3.6 Любое решение принимаемое студентом во время проектирования должно быть обоснованным. Основополагающие решения необходимо выбирать доказательно из альтернативных вариантов.

3.7 Руководитель, консультируя студента, должен развивать у него навыки поиска наилучших решений не навязывая ему своих идей.

4 Структура и правила оформления курсовой работы

4.1 Комплект итоговых документов курсовой работы (отчет) должен быть оформлен и представлен к защите в виде пояснительной записки.

4.2 Пояснительная записка должна содержать обоснование решений, их подробное описание, а также необходимые иллюстрации и модели, расчеты и иллюстрации.

Состав пояснительной записки указан ниже.

5 Контроль над ходом курсового проектирования и порядок защиты курсовой работы

5.1 Для обеспечения систематической работы студентов над КР преподаватель проводит обязательные для каждого студента контрольные проверки продвижения курсового проектирования в установленные учебным графиком сроки.

5.2 Полностью оформленная курсовая работа (комплект документов) должна быть сдана руководителю для проверки не позднее, чем за 3 дня до назначенной даты защиты. Разрешение руководителя на защиту студент получает после устранения отмеченных в проверенной работе ошибок.

5.3 Допускается досрочная защита курсовой работы.

5.4 Защита КР проводится перед комиссией из 2 - 3-х преподавателей, назначенных заведующим кафедрой.

5.5 Защита включает доклад студента (до 7 минут) и ответы на вопросы. В структуру доклада следует включить формулировку темы работы, содержание технического задания, краткое содержание работы. Необходимо обосновать правильность выбранных решений, уделить внимание самостоятельным творческим разработкам, сделать выводы. По окончании доклада члены комиссии в соответствии с темой и содержанием проекта могут задать вопросы, позволяющие оценить глубину проработки материала при выполнении задания, технический кругозор студента. Студент должен пояснять свой доклад и ответы на вопросы соответствующими документами курсовой работы.

5.6 Оценка курсовой работы осуществляется по совокупности факторов, основные из которых:

- самостоятельность выбора и оригинальность принятых технических решений;
- качество доклада (полнота, лаконичность), правильность ответов на вопросы, обоснованность суждений;

- качество оформления работы, ее соответствие требованиям стандартов;
- использование вычислительной техники, универсальных программных продуктов в расчетах, в представлении материала и оформлении пояснительной записки;
- планомерность работы над КР и срок защиты (досрочно, в срок, после срока);

5.7 При защите курсового проекта после установленного срока без уважительных причин оценка при прочих равных условиях может быть снижена.

Полные методические указания к курсовой работе содержатся в учебном пособии, размещенном на сайте НовГУ.

*Пример технического задания на курсовую работу по учебной дисциплине
«Квантовая и оптическая электроника»*

Расчёт параметров светоизлучающего диода в корпусе типа CLCC

Техническое задание (образец)
на курсовую работу по учебному модулю
«Квантовая и оптическая электроника»

1. Разработать конструкцию кристалла светодиода мощностью 1 Вт на основе гетероэпитаксиальной структуры InGaN на сапфировой подложке.
2. Предложить топологию и состав металлизации для контактной системы.
3. Выбрать типоразмер корпуса.
4. Рассчитать силу света и угол излучения светодиода.
5. Разработать этикетку прибора с указанием основных светотехнических параметров.

К пояснительной записке приложить образец этикетки и сборочный чертеж светодиода.

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины представлено в приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению согласно ФГОС ВО	Наличие материально-технического оборудования
1.	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	аудитория для проведения лекционных и/или практических занятий: учебная мебель (столы, стулья, доска)
		помещения для самостоятельной работы (наличие компьютера, выход в Интернет)
2.	Мультимедийное оборудование	ПК IBM ATX Inwia S500 с подключением к сети «Интернет», монитор 17/КК/м, проектор Epson EMP-X5, экран подвесной (800x600)

3.	Программное обеспечение	
Наименование программного продукта	Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Microsoft Windows 7 Professional	Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use	Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Office 2013 Standard	Open License № 62018256	31.07.2016
Microsoft Imagine (Microsoft Azure Dev Tools for Teaching) Standard	Договор №243/ю, 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	19.12.2018
Kaspersky Endpoint Security Standard*	Лицензия № 1C1C1909170834236571324	17.09.2019
Антиплагиат. Вуз.*	Договор №3341/12/ЕП(У)21-ВБ	10.02.2020
Подписка Microsoft Office 365	свободно распространяемое для вузов	-
Adobe Acrobat	свободно распространяемое	-
Teams	свободно распространяемое	-
Skype	свободно распространяемое	-
Zoom	свободно распространяемое	-

* отечественное производство

Приложение А (обязательное)

Фонд оценочных средств учебной дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

- а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;
- б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1.	Практические работы	Темы: 2, 3, 4, 7 – 10 (9 работ)	15х9	ПК-1
2.	Опрос	Темы: 2 - 10	5х9	
3.	Контрольная работа (рубежная аттестация)		20	
4.	Курсовая работа		50	
<i>Промежуточная аттестация</i>				
	Экзамен		50	
	ИТОГО		300	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

1) Практическая работа

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
Работа выполнена в полном объеме	1
Работа выполнена в срок	
Студент правильно формулирует ответы на поставленные вопросы	
Сделаны выводы по каждой работе	
Отчет оформлен правильно	

Примеры вопросов:

Работа 1

1. Расскажите о методиках проведения эксперимента и способах оценки значения постоянной Планка, используемых в данных экспериментах.
2. Что такое контактная разность потенциалов и каким образом она влияет на характеристику фотоэлемента.
3. Почему максимальная кинетическая энергия электронов, соответствующая данной частоте ν падающего света, определяется как $W_{\text{КМАХ}} = eU_{\text{ЗД}}$?
4. Объяснить ход прямой и обратной ветвей на вольт-амперной зависимости фототока от напряжения между катодом и анодом фотоэлемента.
5. Почему в эксперименте по изучению ВАХ фотоэлемента и определению с помощью них постоянной Планка в качестве источника света используются именно светодиоды? Можно ли использовать лампу накаливания? Можно ли использовать газонаполненную лампу (например, ртутную)?

2) Опрос

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
Способен дать правильные ответы на вопросы	1	1

Пример вопросов к опросу:

1. Принцип действия излучающих диодов.
2. Каким уравнением описывается вольт-амперная характеристика светодиода?
3. Назовите основные светотехнические параметры светодиодов.

3) Контрольная работа

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество задач
Способен правильно подобрать нужные формулы и правильно их применить	1	3
Выполнены нужные вычисления и преобразования		
Получен правильный ответ		

Пример решения контрольной задачи.

Вычислить энергию и импульс фотона с длиной волны 0.5 мкм.

Решение.

Энергия фотона рассчитывается по формуле Планка:

$$E = h\nu = hc/\lambda = 1,24 \text{ эВ} \cdot \text{мкм} / 0.5 \text{ мкм} = 2.48 \text{ эВ} \cdot 1.6 \text{ Е-19 Кл} = 4 \text{ Е-19 Дж};$$

$$p = mc = m c^2 / c = h\nu / c = 4 \text{ Е-19 Дж} / 3 \text{ Е8 м/с} = 1.3 \text{ Е-27 кг} \cdot \text{м/с}$$

$$(p = \hbar \cdot K = \hbar \cdot 2\pi / \lambda = h / \lambda = 6.62 \text{ Е-34 Дж} \cdot \text{с} / 0.5 \text{ Е-6 м} = 1.3 \text{ Е-27 кг} \cdot \text{м/с})$$

4) Курсовая работа

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>
Работа выполнена полностью	Соответствует количеству студентов в группе
Работа оформлена правильно	
Студент демонстрирует всестороннее и глубокое знание материала	
Выдержаны сроки сдачи КР	

5) Экзамен

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Демонстрирует всестороннее и глубокое знание теоретического материала	10	3
Правильное решение задачи		

Вопросы к экзамену.

- Основные понятия и определения оптической электроники (Оптический диапазон, монохроматичность, когерентность, поляризация, направленность).
- Волновые параметры излучений.
- Квантовые параметры излучений. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса.
- Энергетические состояния квантовых систем, колебательные и вращательные компоненты энергии.
- Энергетические состояния электронов в твердых телах.
- Квантовые переходы. Спонтанное и вынужденное излучения.
- Коэффициенты Эйнштейна.
- Время жизни атомов в возбужденном состоянии.
- Дипольное приближение, функция Лоренца.
- Уширение спектральных линий.
- Принципы работы квантовых усилителей и генераторов.
- Инверсная населенность уровней, виды накачки.
- Многоуровневые схемы возбуждения активной среды.
- Оптические резонаторы. Моды колебаний.
- Виды и свойства оптических резонаторов.
- Синхронизация мод. Генерация импульсов.
- Распространение света в оптических средах. Свойства Гауссовых пучков. Причины ослабления интенсивности и искажения волнового фронта.
- Оптические свойства атмосферы. Явление рефракции.
- Распространение света в волноводах.
- Преобразование лазерных пучков в оптических элементах.
- Люминесценция в полупроводниках. Виды излучательной и безизлучательной рекомбинации. Квантовый выход люминесценции.
- Квантоворазмерные эффекты в полупроводниках. Квантовые точки, нити и ямы. Понятие о двухмерном электронном газе.
- Нелинейные оптические эффекты. Условия генерации гармоник, параметрическое преобразование света, эффекты самофокусировки и оптического пробоя. Двухфотонное поглощение и антистоксовая люминесценция.
- Мазеры и парамагнитные усилители.

25. Газовые лазеры. Устройство и параметры гелий-неонового лазера.
26. Твердотельные лазеры. Конструкция и принцип работы рубинового лазера.
27. Инжекционные ДГС лазеры. Конструкция и параметры инжекционных лазеров на основе .
28. Светодиоды. Спектры излучения полупроводниковых материалов. Конструкции светодиодов. Угол излучения и сила света СИДов.
29. Схема включения и ВАХ светодиодов. Ток-яркостная зависимость и частотные свойства СИДов.
30. Классификация и технические характеристики фотоприемников.
31. Фоторезисторы. Явление фотопроводимости и его объяснение. Параметры фоторезисторов.
32. Фотодиоды. Фотодиодный и генераторный режимы работы фотодиода. ВАХ фотодиода. Спектральная характеристика фоточувствительности кремниевых фотодиодных элементов.
33. Оптопары, оптроны и оптические датчики. Виды оптопар. Параметры оптронов.
34. ВОЛС. Угловая структура световода. Волноводные моды цилиндрического световода, конструкция волоконного кабеля.
35. Оптические интегральные схемы. Подложки, основные элементы, функциональные возможности.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Институт электронных и информационных систем
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

Учебная дисциплина **«Квантовая и оптическая электроника»**
Для направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль) Микроэлектроника твердотельная электроника

1. Квантовые параметры излучений. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса для квантовых переходов.
2. Фоторезисторы. Явление фотопроводимости и его объяснение. Параметры фоторезисторов.
3. Рассчитать угол излучения и силу света для светодиода, излучающего в соответствии с законом Ламберта. Поток света составляет 10 лм.

Принято на заседании кафедры _____

« ____ » _____ 20 ____ г.

Протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ (ФИО)

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Приложение Б
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»

Таблица Б.1 – Основная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 538, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр.: с. 526-530. - Прил.: с. 489-525. - ISBN 978-5-8114-1136-8	10	
2 Ишанин Г. Г. Приемники оптического излучения : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 303, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр.: с. 296-299. - Прил.: с. 259-295. - Электрон. версия кн. на сайте www.e.lanbook.com . - ISBN 978-5-8114-1048-4	3	
3 Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - Москва : Высшая школа : Абрис, 2012. - 655, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9	10	
4 Щука А. А. Электроника : учебное пособие / Под ред. А. С. Сигова. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. - 799с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр. в конце тем. - Указ.: с. 792-799. - ISBN 5-94157-461-4	25	
Щука А. А. Электроника : учебное пособие для вузов / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. - 799 с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр. в тексте. - Указ.: с. 792-799. - ISBN 5-94157-461-4. - ISBN 978-5-94157-461-2	6	
Электронные ресурсы		
1		

Таблица Б.2 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Быстров Ю. А. Оптоэлектронные приборы и устройства : учебное пособие для вузов. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : РадиоСофт, 2001. - 253с. : ил. - Библиогр.: с. 251. - ISBN 5-93037-070-2	3	
2 Звелто Орацио. Принципы лазеров = Principles of Lasers / Орацио Звелто ; пер. с англ.: Д. Н. Козлова, С. Б. Созинова, К. Г. Адамовича под науч. ред. Т. А. Шмаонова. - 4-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 719, [1] с. : ил. - (Учебные пособия для вузов, Специальная литература). - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 654-702. - Указ.: с. 703-712. - Рус. пер. перераб. и доп. при участии авт. кн. - ISBN 978-5-8114-0844-3	2	

3 Шуберт Фред Е. Светодиоды = Light-Emitting Diodes : Монография / Пер.с англ.под ред.А.Э.Юновича. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Физматлит, 2008. - 495,[1]с. : ил. - Библиогр. в тексте. - Прил.: с. 477-487. - Указ.: с. 488-495. - ISBN 978-5-9221-0851-5	2	
Электронные ресурсы		
1		

Таблица Б.3 – Информационное обеспечение

Наименование ресурса	Договор	Срок договора
Профессиональные базы данных		
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/	в открытом доступе	-
Национальная подписка в рамках проекта Министерства образования и науки РФ (Госзадание № 4/2017 г.) к наукометрическим БД Scopus и Web of Science https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic	регистрация (территория вуза)	2022
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф	в открытом доступе	-
Информационные справочные системы		
Университетская информационная система «РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru	в открытом доступе	-
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru	в открытом доступе	-
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии http://protect.gost.ru/	в открытом доступе	-

Зав. кафедрой  Б. Н. Семенов
подпись И.О.Фамилия
« 26 » 02 2020 г.

Приложение В
(обязательное)

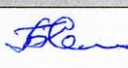
Лист актуализации рабочей программы
учебной дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»

Рабочая программа актуализирована на 2021/2022 учебный год.
Протокол № 7 заседания кафедры от «10» 02 2021 г.
Разработчик: Игальков В.Е.
Зав. кафедрой Селезнев Б.И.

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
Протокол № __ заседания кафедры от «__» __ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
Протокол № __ заседания кафедры от «__» __ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Таблица В.1 – Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

Номер изменения	№ и дата протокола заседания кафедры	Содержание изменений	Зав. кафедрой	Подпись
1	Заседание кафедры ФТТМ № 7 от 10.02.2021 г.	Обновлена и актуализирована таблица – Материально-техническое обеспечение в п. 7.2	Селезнев Б.И.	

Содержание изменений:

1 Актуализировать п. 7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица - Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению согласно ФГОС ВО	Наличие материально-технического оборудования	
1.	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	аудитория для проведения лекционных и/или практических занятий: учебная мебель (столы, стулья, доска)	
		помещения для самостоятельной работы (наличие компьютера , выход в Интернет)	
2.	Мультимедийное оборудование	ПК IBM ATX Inwia S500 с подключением к сети «Интернет», монитор 17/КК/м, проектор Epson EMP-X5, экран подвесной (800x600)	
3.	Программное обеспечение		
Наименование программного продукта		Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Microsoft Windows 7 Professional		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Office 2013 Standard		Open License № 62018256	31.07.2016
Microsoft Imagine (Microsoft Azure Dev Tools for Teaching) Standard		Договор №243/ю, 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	19.12.2018
ABBYY FineReader PDF 15 Business. Версия для скачивания (годовая лицензия с академической скидкой)*		Договор №191/Ю	16.11.2020
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 500-999. Node 1 year Educational Renewal License *		Договор №148/ЕП(У)20-ВБ, 1C1C-200914-092322-497-674	11.09.2020
Антиплагиат. Вуз.*		Договор №3341/12/ЕП(У)21-ВБ	29.01.2021
Подписка Microsoft Office 365		свободно распространяемое для вузов	-
Adobe Acrobat		свободно распространяемое	-
Teams		свободно распространяемое	-
Skype		свободно распространяемое	-
Zoom		свободно распространяемое	-

* отечественное производство