

Министерство образования и науки 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

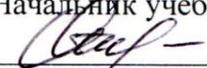
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС, профессор
 С.И.Эминов
« 23 » 03 2017 г.



КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Учебный модуль по направлению подготовки
11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа

Согласовано
Начальник учебного отдела
 О.Б.Широколобова
« 07 » 03 2017 г.

Разработал
Доцент КФТТМ
 В.Е.Удальцов
« 7 » 02 2017 г.

Принято на заседании каф. ФТТМ
Протокол № 6 от 07.02 2017 г.
Заведующий КФТТМ, проф.
 Б.И.Селезнев

1 Цели освоения учебного модуля

Цели учебного модуля (УМ) «Квантовая и оптическая электроника»:

- ознакомление студентов с основными понятиями и достижениями оптической и квантовой электроники;
- изучение элементной базы и характеристик оптоэлектронных приборов;
- формирование навыков владения основными приемами и методами решения прикладных проблем лазерной техники;
- изучение принципов построения и применения элементов интегральной оптики и волоконно-оптических линий связи;
- формирование навыков проведения научных исследований, ознакомление с современной научной аппаратурой.

Задачи, решение которых обеспечивает достижение цели:

- формирование у студентов системы теоретических знаний в области оптоэлектроники;
- актуализация способности студентов использовать теоретические знания при решении задач и проведении экспериментов;

Ведущая идея - формирование у студентов понимания значимости знаний и умений, стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению учебного модуля и формированию необходимых компетенций.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль «Квантовая и оптическая электроника» входит в вариативную часть блока 1. Модуль преподается на основе ранее изученных модулей: «Физика», «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния».

В результате освоения предшествующих модулей и для изучения данного УМ, обучающиеся должны:

- знать и уметь пользоваться основными физическими законами из разделов «Электричество», «Магнетизм», «Распространение света в веществе», «Строение атома», «Оптика» и т.д.;
- уметь: решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности;
- владеть: методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях; методами экспериментальных исследований.

Приобретенные знания и умения в результате освоения данного модуля «Квантовая и оптическая электроника» обеспечивают изучение последующих модулей:

- Промышленная электроника;
- Нанoeлектроника.

3 Требования к результатам освоения модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

- 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.

В результате освоения учебного модуля «Квантовая и оптическая электроника» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1	базовый	основные разделы оптической и квантовой электроники	применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации	основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов оптической электроники

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость модуля и формы аттестации

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	6 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	108	
- лекции	18	ПК-1
- лабораторные работы	36	
- в т.ч. аудиторная СРС	9	
- внеаудиторная СРС	54	
Аттестация: - дифференцированный зачет		

4.2 Содержание модуля

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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. Аргоновый лазер. Гелий - кадмиевый лазер. Молекулярные CO_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.

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 отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры.

9 Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением.

Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Р-і-n 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.

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.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Лабораторный практикум

Таблица 1

Номер раздела УМ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак.час
2	1 Определение постоянной планка при помощи вольтамперных характеристик фотоэлемента.	4
3	2 Вольтамперные и спектральные характеристики светодиодов.	4
4	3 Вольтамперные и люкс-амперные характеристики фоторезистора.	4
5	4 Вольтамперные и спектральные характеристики фотодиода.	4

6	5 Изучение твердотельного лазера ГОР	4
7	6 Исследование пространственных характеристик и модовой структуры лазерных источников излучения	4
8	7 Измерение параметров оптического волокна	4
9	8 Исследование эффективности возбуждения волоконных световодов	4
10	9 Измерение профиля показателя преломления волоконных световодов	4

4.4 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, рубежный (на 9-й неделе) и семестровый – по окончании изучения УМ.

Рубежная аттестация на 9 неделе проводится по результатам текущего контроля по УМ. Пороговому уровню соответствует 38 баллов, максимальное количество баллов – 75.

Семестровый контроль проводится в форме дифференцированного зачета. На зачете суммируются баллы, полученные по учебным элементам модуля. Максимальное количество баллов по модулю – 150.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

Оценка качества освоения учебного модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» и Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: опрос, лабораторные работы.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами, а также лаборатория, оборудованная следующими макетами:

- макет ФОЭЛ5 (2 комплекта из 5 лабораторных работ);
- макет ВОЛС;
- макет ГОР;
- макет СИД;
- макет ФПУ.

Приложения (обязательные):

- А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
- Б – Технологическая карта
- В – Паспорт компетенций
- Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Квантовая и оптическая электроника»**

Учебный модуль «Квантовая и оптическая электроника» состоит из 10 тем, по которым предусмотрены лекционные, лабораторные занятия.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студентам и ссылки на дополнительную литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний квантовой и оптической электроники. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

А.2 Методические рекомендации по проведению лабораторных работ

При проведении лабораторного практикума студенты самостоятельно выполняют лабораторные работы, получая необходимые консультации у преподавателя. Занятия строятся следующим образом.

Первое занятие:

- проводится инструктаж по технике безопасности;
- студенты разбиваются на группы для выполнения ЛР;
- студенты знакомятся с порядком выполнения, защиты ЛР, правилами оформления отчета (в соответствии с СТО 1.701-2010. Текстовые документы. Общие требования к построению и оформлению);
- студентам указывается число баллов, которое можно набрать при выполнении лабораторного практикума;
- студенты выполняют первую лабораторную работу.

На втором и последующих занятиях:

- проводится защита выполненной лабораторной работы;
- выполняются последующие работы.

Без защиты лабораторных работ допускается выполнить только две работы.

По результатам защит студентам начисляются баллы.

Лабораторный практикум считается выполненным, если студент выполнил и защитил все лабораторные работы. Перечень ЛР указан в разделе 4.3 настоящей рабочей программы.

Для выполнения лабораторного практикума по УМ студенты должны пользоваться методическими указаниями: Оптическая и квантовая электроника: лабораторный практикум / Авт. – сост.: В.Е.Удальцов, А.А.Титова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. –60 с. Методические указания содержат описания объекта исследования,

используемого оборудования, методику и порядок проведения лабораторных работ, указания по выполнению отчета о работе, контрольные вопросы.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Студентам для самостоятельного изучения предлагаются темы из изучаемого модуля, которые не вошли в курс лекций. Вопросы по указанным темам включаются в опрос, который проводится после каждой рассмотренной темы.

- 1 Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты.
- 2 Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма.
- 3 Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света.
- 4 Вынужденное комбинационное рассеяние. Манделштама-Бриллюэна.
- 5 Оптический пробой. Самофокусировка света. Двухфотонное поглощение света.
- 6 Общая характеристика и особенности газовых лазеров.
- 7 Требования к материалам и методы накачки.
- 8 Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров.
- 9 Многоэлементные полупроводниковые индикаторы.
- 10 Электролюминесцентные экраны. Индикаторы на жидких кристаллах.

Для подготовки к опросу, рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения (приложение В).

Вопросы для самостоятельной подготовки к опросу.

1. Основные понятия и определения оптической электроники (Оптический диапазон, монохроматичность, когерентность, поляризация, направленность).
2. Волновые параметры излучений ($\lambda, T, \omega, \vec{S}_p, \vec{K}, \vec{V}_\phi, \vec{V}_{zp}$).
3. Квантовые параметры излучений $\varepsilon_\phi, \vec{P}_\phi, m_\phi$. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса.
4. Энергетические состояния квантовых систем, колебательные и вращательные компоненты энергии.
5. Энергетические состояния электронов в твердых телах.
6. Квантовые переходы. Спонтанное и вынужденное излучения.
7. Коэффициенты Эйнштейна.
8. Время жизни атомов в возбужденном состоянии.
9. Дипольное приближение, функция Лоренца.
10. Уширение спектральных линий.
11. Рассеяние света. Опыт Тиндаля. Закон Релея. Формула Комптона. Комбинационные эффекты.
12. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления.
13. Принципы работы квантовых усилителей и генераторов.
14. Инверсная населенность уровней, виды накачки.
15. Многоуровневые схемы возбуждения активной среды.

16. Оптические резонаторы. Моды колебаний.
17. Виды и свойства оптических резонаторов.
18. Свойства лазерного излучения. Монохромность и поляризация.
19. Свойства лазерного излучения. Направленность и яркость.
20. Синхронизация мод. Генерация импульсов.
21. Распространение света в оптических средах. Свойства Гауссовых пучков. Причины ослабления интенсивности и искажения волнового фронта.
22. Оптические свойства атмосферы. Явление рефракции.
23. Распространение света в волноводах.
24. Преобразование лазерных пучков в оптических элементах.
25. Оптические переходы в полупроводниках. Примеры полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон. Эффекты сильного легирования полупроводников.
26. Оптическое поглощение в полупроводниках. Спектры решеточного и фундаментального поглощения. Механизмы собственного и примесного поглощения.
27. Люминесценция в полупроводниках. Виды излучательной и безизлучательной рекомбинации. Квантовый выход люминесценции.
28. Квантоворазмерные эффекты в полупроводниках. Квантовые точки, нити и ямы. Понятие о двухмерном электронном газе.
29. Нелинейные оптические эффекты. Условия генерации гармоник, параметрическое преобразование света, эффекты самофокусировки и оптического пробоя. Двухфотонное поглощение и антистоксовая люминесценция.
30. Мазеры и парамагнитные усилители.
31. Газовые лазеры. Устройство и параметры гелий-неонового лазера.
32. Твердотельные лазеры. Конструкция и принцип работы рубинового лазера.
33. Инжекционные ДГС лазеры. Конструкция и параметры инжекционных лазеров на основе *AlGaAs*.
34. Светодиоды. Спектры излучения полупроводниковых материалов. Конструкции светодиодов. Угол излучения и сила света СИДов.
35. Схема включения и ВАХ светодиодов. Ток-яркостная зависимость и частотные свойства СИДов.
36. Классификация и технические характеристики фотоприемников.
37. Фоторезисторы. Явление фотопроводимости и его объяснение. Параметры фоторезисторов.
38. Фотодиоды. Фотодиодный и генераторный режимы работы фотодиода. ВАХ фотодиода. Спектральная характеристика фоточувствительности кремниевых фотодиодных элементов.
39. Оптипары, оптроны и оптические датчики. Виды оптипар. Параметры оптронов.
40. ВОЛС. Угловая структура световода. Волноводные моды цилиндрического световода, конструкция волоконного кабеля.

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля «Квантовая и оптическая электроника»

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
1 Введение	– вводная лекция	- изучение литературы по теме - ознакомление по метод. указаниям с лаб. работами (имеются в лаборатории)	1. Быстров Ю.А. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие для вузов / Ю.А.Быстров. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : РадиоСофт, 2001. - 253 с.
2 Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами.	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- изучение литературы по теме - выполнение лабораторных работ	1 Быстров Ю.А. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие для вузов / Ю.А.Быстров. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : РадиоСофт, 2001. - 253 с.
3 Усиление и генерация электромагнитного излучения	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 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. - СПб.: Лань, 2008. - 719 с.
4 Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Звелто О. Принципы лазеров. - М.: Мир, 1990.- 558 с.
5 Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. - М.: Радио и связь, 1989.- 360 с.
6. Мазеры	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	
7 Лазеры	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Звелто О. Принципы лазеров. - М.: Мир, 1990.- 558 с.

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
8 Светодиоды и полупроводниковые лазеры	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Шуберт Ф. Светодиоды. - М.: Физматлит, 2008.- 496 с.
9 Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Ишанин Г.Г. Приемники излучения: учебное пособие для ВУЗов – СПб.: Папирус, 2003. 2 Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. - М.: Радио и связь, 1989.- 360 с.
10 Оптические методы передачи и обработки информации	– информационная лекция – проведение лабораторной работы	- выполнение лабораторных работ - изучение литературы по теме	1 Хансперджер Р. Интегральная оптика: Теория и технология / Под ред. В.А.Сычугова. - М.: Мир, 1985. - 379 с.

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Квантовая и оптическая электроника»

семестр – 6, ЗЕ – 3, вид аттестации – ДЗ, акад. часов – 108, баллов рейтинга – 150

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. час					СРС	Форма текущего контроля успеv. (в соотv. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
	1-9	9	-	18	4	27		75	
1 Введение	1	1		2		3	опрос	3	
2 Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами.	2-3	2		4	1	6	опрос	3	
							ЛР	15	
3 Усиление и генерация электромагнитного излучения	4-5	2		4	1	6	опрос	3	
							ЛР	15	
4 Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков	6-7	2		4	1	6	опрос	3	
							ЛР	15	
5 Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах	8-9	2		4	1	6	опрос	3	
							ЛР	15	
Рубежный контроль	9	(не менее 38 баллов из 75)							

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					СРС	Форма текущего контроля успеv. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
	10-18	9	-	18	5	27		75	
6 Мазеры	10	1		2		3	опрос	5	
							ЛР	10	
7 Лазеры	11 -12	2		4	1	6	опрос	5	
							ЛР	10	
8 Светодиоды и полупроводниковые лазеры	13-14	2		4	1	6	опрос	5	
							ЛР	10	
9 Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением	15-16	2		4	1	6	опрос	5	
							ЛР	10	
10 Оптические методы передачи и обработки информации	17-18	2		4	2	6	опрос	5	
							ЛР	10	
Семестровый контроль	18						ДЗ		
Итого:		18		36	9	54		150	

Критерии оценки качества освоения студентами учебного модуля:

3 ЗЕ = 50 б. × 3 = 150 баллов:

- «удовлетворительно» – от 75 до 104 баллов;
- «хорошо» – от 105 до 134 баллов;
- «отлично» – от 135 до 150 баллов

Приложение В
(обязательное)

Паспорт компетенций

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

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	Знает основные разделы оптической и квантовой электроники	Испытывает трудности при демонстрации знаний	Допускает неточности при демонстрации знаний	Имеет хорошие знания
	Умеет применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации	Допускает существенные ошибки при объяснении принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники	Допускает неточности при объяснении принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники	Успешно применяет полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники
	Владеет основными методами построения оптоэлектронных систем и приборов оптической электроники	Испытывает затруднения при использовании методов построения оптоэлектронных систем и приборов	Допускает неточности при использовании методов построения оптоэлектронных систем и приборов	Способен применить на практике методы построения оптоэлектронных систем и приборов

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля **Квантовая и оптическая электроника**

Направление (специальность) **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

формы обучения **дневная**

Курс **3** Семестр **6**

Всего зачетных единиц **3** из них часов: ЛК – **18**, ПЗ – **0**, ЛР – **36**, ауд. СРС – **9**,

КП/КР – **–**, внеауд. СРС – **54**

Обеспечивающая кафедра **ФТТМ** институт **ИЭИС**

Таблица Г.1 – Обеспечение дисциплины учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол-во экз. в библи. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника: учебник. - М.: Высшая школа: Абрис, 2012. - 655 с.	10	
2 Щука А.А. Электроника: учебное пособие для вузов / А.А.Щука; под ред. А.С.Сигова.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006 (2005). – 799 с.	31	
Учебно-методические издания		
1 Квантовая и оптическая электроника: рабочая программа / сост. В.Е.Удальцов; НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2017. – 18 с.		
2 Оптическая и квантовая электроника: лабораторный практикум / Авт. – сост.: В.Е.Удальцов, А.А.Титова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. – 60 с.		
3 Оптическая электроника: метод. указания к выполнению лаб. работ / сост.: В.Е.Удальцов, А.А.Титова, П.А.Соболев, А.В.Штро; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – В.Новгород, 2014. – 38 с.		

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Таблица Г.3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Быстров Ю.А. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие для вузов / Ю.А.Быстров. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: РадиоСофт, 2001. - 253 с.	3	
2 Звелто Орацио. Принципы лазеров / Орацио Звелто; пер. с англ.: Д.Н.Козлова, С.Б.Созинова, К.Г.Адамовича под науч. ред. Т.А.Шмаонова. - 4-е изд. - СПб.: Лань, 2008. - 719 с.	2	
3 Шуберт Фред Е. Светодиоды: Монография / Пер.с англ.под ред.А.Э.Юновича. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2008. - 495с.	2	

Действительно для учебного года _____/_____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка