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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Квантовая и оптическая электроника

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

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**7**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	72
4	Лекции, час.	34
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	16
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	108
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

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

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5/НА 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
	ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
Профессиональные компетенции	ПК-6/НА Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов
	ПК-6/НА. 2 Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	
Умеет использовать основные математические соотношения и модели, описывающие работу приборов квантовой и оптической электроники, выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	
владеет методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов квантовой и оптической электроники, владеть навыками составления эквивалентных схем узлов и модулей изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-6/НА. 2 Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	
имеет опыт выполнения расчетов, связанных с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом					

1. Светотехническая и энергетическая система параметров. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи и волны. 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 преломле-ния. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига	8	0	0	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	лекции
Дидактическая единица: Усиление и генерация электромагнитного излучения и методы создания инверсной населенности					

2. Принцип работы квантовых усилителей и генераторов. Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех-, и четырехуровневые схемы работы. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний - моды. Требования к резонаторам оптического диапазона. Типы резонаторов. Условие самовозбуждения и насыщение усиления. Одномодовая и многомодовая генерация. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы. Свойства лазерного излучения.	8	0	0	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	лекции
Дидактическая единица: Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках					

3. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений A3B5, Si. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в неоднородных структурах и p-n-переходах. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Оптические явления в квантово-размерных слоях и сверхрешетках.	7	0	0	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	лекции
Дидактическая единица: Полупроводниковые лазеры и светодиоды					
4. 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 раздельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью	5	0	0	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	лекции
Дидактическая единица: Фотоприемники и ВОЛС					

5. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i- n фотодиоды и лавинные фотодиоды. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников.Оптопары. Разновидности, основные характеристики. Области применения оптопар.В олоконно-оптические линии связи. Принцип работы оптоволокна. Типы оптоволокна. Характеристики оптоволокна. Затухание сигналов в волоконных световодах. Дисперсия и пропускная способность световодов Принципы построения ВОЛС. Основные характеристики локальных, городских и магистральных ВОЛС.	6	0	0	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	лекции

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Полупроводниковые лазеры и светодиоды					
1. Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	лабораторная работа
2. Спектральные характеристики светоизлучающих диодов	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	Лабораторная работа
Дидактическая единица: Фотоприемники и ВОЛС					
3. Исследование характеристик солнечного элемента	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	Лабораторная работа
4. Статические характеристики оптопар	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1, ПК-6/НА.2	Лабораторная работа

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом					

1. Светотехническая и энергетическая система параметров. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Элементы квантовой теории излучения. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы.Квантовые переходы. Коэффициенты Эйнштейна и уширение спектральных линий.	6	0	6	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	практические занятия
Дидактическая единица: Усиление и генерация электромагнитного излучения и методы создания инверсной населенности					
2. Усиление и генерация электромагнитного излучения в квантовых системах.условие выхода в режим стационарноц генерации .Оптические резонаторы. Моды резонатора. Потери.	4	0	4	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	практические занятия
Дидактическая единица: Полупроводниковые лазеры и светодиоды					
3. Полупроводниковые лазеры и светодирды	4	0	4	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	практические занятия
Дидактическая единица: Фотоприемники и ВОЛС					
4. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения.	2	0	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.2	практические занятия

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Ватт-амперные характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение эксперимента, проведение расчетов , а также анализ данных и интерпретация результатов, полученных в ходе эксперимента с целью освоения навыка уметь использовать основные математические соотношения и модели, описывающие работу приборов квантовой и оптической электроники, выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств и владеть навыками составления эквивалентных схем узлов и модулей изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов квантовой и оптической электроники

2	Спектральные характеристики светоизлучающих диодов	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение эксперимента, проведение расчетов , а также анализ данных и интерпретация результатов, полученных в ходе эксперимента с целью освоения навыка уметь использовать основные математические соотношения и модели, описывающие работу приборов квантовой и оптической электроники, выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств и владеть навыками составления эквивалентных схем узлов и модулей изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов квантовой и оптической электроники
3	Исследование характеристик солнечного элемента	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение эксперимента, проведение расчетов , а также анализ данных и интерпретация результатов, полученных в ходе эксперимента с целью освоения навыка уметь использовать основные математические соотношения и модели, описывающие работу приборов квантовой и оптической электроники, выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств и владеть навыками составления эквивалентных схем узлов и модулей изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов квантовой и оптической электроники

4	Статические характеристики оптопар	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение эксперимента, проведение расчетов , а также анализ данных и интерпретация результатов, полученных в ходе эксперимента с целью освоения навыка уметь использовать основные математические соотношения и модели, описывающие работу приборов квантовой и оптической электроники, выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; владеть навыками составления эквивалентных схем узлов и модулей изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов квантовой и оптической электроники, и анализировать особенности работы приборов оптической и квантовой электроники

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ/Реферат	ПК-5/НА.2,ПК-6/НА.2	38	2
осуществляет поиск и анализ и выбор необходимой научно-технической информации, связанной с темой РГЗ, изучает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, готовити оформляет РГЗ, готовится к его защите.: Барышников, В. И. Квантовая электроника : учебно-методическое пособие / В. И. Барышников, Т. А. Колесникова. — Иркутск : ИрГУПС, 2017. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/134655 (дата обращения: 28.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-5/НА.2,ПК-6/НА.1,ПК-6/НА.2	40	0
Подготовка отчетов лабораторных работ и подготовка к защите лабораторных работ, изучение теоретического материала, который был вынесен на самостоятельное изучениею: 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120293				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-6/НА.1	10	0
Работа над ошибками, в случае получении неудовлетворительной оценки : Рыбина, Н. В. Физические основы оптоэлектроники. Светодиоды : учебное пособие / Н. В. Рыбина, Н. Б. Рыбин. — Рязань : РГРТУ, 2017. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168083 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
4	Подготовка к аттестации	ПК-5/НА.2,ПК-6/НА.1,ПК-6/НА.2	20	2

Подготовка к итоговой аттестации в форме устного экзамена: Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В. Н. Давыдов. — Москва : ТУСУР, 2016. — 139 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110271 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
Лекция:	5	10
Лабораторная:	15	30
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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120293"		
РГЗ/Реферат:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Рыбина, Н. В. Физические основы оптоэлектроники. Светодиоды : учебное пособие / Н. В. Рыбина, Н. Б. Рыбин. — Рязань : РГРТУ, 2017. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168083 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей."		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В. Н. Давыдов. — Москва : ТУСУР, 2016. — 139 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110271 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей."		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Экзамен
ПК-5/НА	ПК-5/НА 2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	+	+
ПК-6/НА	ПК-6/НА 1. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	+	+

	ПК-6/НА 2. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/130188 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/133479 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Бородина, Е. Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / Е. Г. Бородина, В. В. Лентовский. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 160 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121835 (дата обращения: 28.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Башкиров, А. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. И. Башкиров. — Москва : ТУСУР, 2012. — 20 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/11104 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шандаров, С. М. Введение в квантовую и оптическую электронику : учебное пособие / С. М. Шандаров, А. И. Башкиров. — Москва : ТУСУР, 2012. — 98 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/5429 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. 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.

2. eLIBRARY.RU (Научная электронная библиотека РФФИ) [Электронный ресурс]. – [Россия], 1998. – Режим доступа: http://(www.elibrary.ru). – Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В. Н. Давыдов. — Москва : ТУСУР, 2016. — 139 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110271 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рыбина, Н. В. Физические основы оптоэлектроники. Светодиоды : учебное пособие / Н. В. Рыбина, Н. Б. Рыбин. — Рязань : РГРТУ, 2017. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168083 (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Барышников, В. И. Квантовая электроника : учебно-методическое пособие / В. И. Барышников, Т. А. Колесникова. — Иркутск : ИрГУПС, 2017. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/134655 (дата обращения: 28.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120293

6.2 Специализированное программное обеспечение

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Персональный компьютер №3 в комплекте	выполнение лабораторных работ и обработка полученных экспериментальных данных
2	Ноутбук	выполнение лабораторных работ, обработка полученных параметров и оформление отчетов