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
Физика полупроводниковых приборов

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль: Полупроводниковые микро- и наносистемы

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**7**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	6
2	Всего часов	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	88
4	Лекции, час.	34
5	Практические занятия, час.	32
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	32
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	128
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	КП контр.
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №924 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 09.10.2017 г.

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

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

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-1/НА Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий
	ПК-1/НА. 1 Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники
Профессиональные компетенции	ПК-3/ПК Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники
	ПК-3/ПК. 2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций / **Результаты обучения**	**Формы организации занятий**
ПК-1/НА. 1 Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	
Иметь представление об основных физических особенностях и моделях для микро- и наноструктур	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Иметь представление о современной элементной базе, используемой в СБИС и УБИС	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать фундаментальную систему уравнений полупроводникового прибора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать терминологию дисциплины	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику и особенности интегральных полупроводниковых резисторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику p-n-перехода и полупроводниковых диодов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику перехода металл-полупроводник и диодов Шоттки	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику взаимодействующих переходов в биполярной структуре и планарных биполярных транзисторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику гетеропереходов и гетероструктурных биполярных транзисторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику МДП-структуры и МОП-транзистора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать физику ПТУП, MeSFET, HEMT	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

ПК-3/ПК. 2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники	
Уметь численно вычислять основные параметры полупроводниковых интегральных резисторов, диодов и транзисторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Уметь анализировать принципы действия современных транзисторов с помощью зонных диаграмм	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Иметь опыт применения математических моделей для исследования и анализа элементной базы СБИС и УБИС	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Уметь применять экспериментальные методики для определения ВАХ и параметров элементной базы СБИС	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Уметь прогнозировать изменение свойств элементов при изменении внешних условий и воздействий вредных факторов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь представлять результаты решения отдельных задач, в том числе результаты курсового проектирования в удобной для восприятия форме	Лекции; Практические занятия; 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: Общие вопросы физики полупроводниковых приборов					
1. Фундаментальная система уравнений полупроводникового прибора и ее применение	6	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Проводимость и сопротивление полупроводников. Дифференциальный закон Ома. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь с квазиуровнями Ферми. Основные состояния полупроводникового прибора и его фундаментальная система уравнений. Применение ФСУ при анализе работы прибора: релаксация фотовозбужденных носителей; односторонняя световая засветка в полупроводниковой пластине. Полупроводниковые резисторы. Эффективная ширина. Математическая модель сопротивления тонкопленочного полупроводникового резистора
Дидактическая единица: Физика контактных структур и приборы на их основе					

2. Гомопереходы	5	0	0	ПК-1/НА.1	Контактная разность потенциалов в гомопереходах. Область пространственного заряда (ОПЗ) p-n-переходов с произвольным профилем легирования. Барьерная емкость p-n- перехода и нахождение профиля легирования одностороннего p-n-перехода по ВФХ. Условия Шокли на границах p-n- перехода в равновесии и при его смещении. Явления инжекции и экстракции в p-n-переходе. Концентрационная краевая задача для идеального p-n-перехода. Диоды с длинной и короткой базами. Формула Шокли для ВАХ идеального p-n-перехода. Влияние температуры на ВАХ идеального p-n- перехода и формула удвоения. Диффузионная емкость p-n-перехода. Частотные свойства p-n- перехода. Влияние генерации неосновных носителей в ОПЗ p-n- перехода на его обратный ток. Влияние рекомбинации неравновесных носителей в ОПЗ p-n- перехода на его прямой ток. Влияние на ВАХ диода объемного сопротивления базы. Тепловой пробой p-n-перехода, участок Лосева и кристадин. Туннельный пробой в p-n-переходах (пробой Зенера) Лавинный пробой в p-n-переходе.
3. Переход металл-полупроводник	2	0	0	ПК-1/НА.1	Гипотеза Шоттки. Электрофизические свойства контактов Шоттки. Диоды Шоттки. Омический контакт и удельное контактное сопротивление
Дидактическая единица: Физика биполярных структур и приборы на их основе					

4. Планарные биполярные транзисторы	4	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Физические процессы в биполярном транзисторе (БТ). Зонная диаграмма, распределение полей и потенциалов в биполярной структуре. Инжекционная модель Эберса-Молла Соотношение обратимости. Передаточная форма модели Эберса-Молла. Модель Логана. Распределение концентрации неосновных носителей заряда в базе БТ. Анализ входных характеристик БТ на основе эффекта Эрли. Физическая модель Эберса-Молла Предельные параметры БТ и эффекты их определяющие. Частотные параметры и характеристики БТ.
5. Гетероструктурные биполярные транзисторы	4	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Гетеропереход. Зонная диаграмма и физические свойства. Некремниевые гетеропереходные биполярные транзисторы. Варизонные БТ с базой из Si-Ge.
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов с изолированным затвором или МДП-транзисторов					

6. Физические свойства МДП-структуры	5	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Идеальная МДП-структура и три ее основных состояния. Особенности вольт-фарадных характеристик идеальной МДП-структуры. Анализ емкостей и зарядов в идеальной МДП-структуре. Пороговое напряжение и потенциал инверсии для идеальной МДП-структуры. Влияние смещения подложки на пороговое напряжение МДП-структуры. Физические особенности реальных МДП-структур. Напряжение плоских зон и разность работ выхода. Системы зарядов в двуокиси кремния и их влияние на напряжение плоских зон. ВХФ реальной МДП-структуры. Классификация состояний МДП-структуры на основе понятия поверхностного потенциала.
7. Физика МОП-транзисторов (MOSFET)	4	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Физические процессы в МОПТ и их влияние на ВАХ МОПТ. Интегральные МОПТ самосовмещенным затвором. Простейшая теория ВАХ МДП-транзисторов. Модель Шихмана-Ходжеса с учетом влияния смещения подложки.
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов на основе затворов с p-n- переходами и барьерами Шоттки					
8. Физика ПТУП, MeSFET, HEMT	4	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Физические процессы в ПТУП, их влияние на ВАХ и модель ПТУП. Полевые транзисторы с затвором Шоттки (MeSFET). Конструкция, физические особенности и принцип действия ПТ с высокой подвижностью электронов (HEMT)

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					

Дидактическая единица: Физика контактных структур и приборы на их основе					
1. Температурная зависимость параметров полупроводниковых диодов	4	4	1	ПК-1/НА.1	Цель работы заключается в установлении соответствия между реальными и теоретическими температурными характеристиками различных полупроводниковых диодов и их взаимосвязи с параметрами полупроводниковых материалов. Содержанием работы является исследование зависимости статических ВАХ диодов от температуры окружающей среды. В работе снимаются температурные зависимости обратных токов и прямых напряжений диодов, изготовленных из разных материалов и определяются параметры их температурных характеристик.
Дидактическая единица: Физика биполярных структур и приборы на их основе					

2. Определение статических параметров модели эберса-молла по вольт-амперным характеристикам биполярного транзистора	4	4	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Цель работы заключается в измерении статических ВАХ биполярного транзистора (БТ) и определение по ним статических параметров инжекционной модели Эберса-Молла (Э-М) для БТ. В работе снимаются входные, выходные и передаточные характеристики БТ в схеме с ОЭ. По передаточным характеристикам для режимов нормального и инверсного включения определяются соответствующие коэффициенты передачи тока. Для нахождения остальных параметров модели Э-М измеряются нормальные и инверсные входные характеристики БТ для схемы с ОБ в режиме холостого хода (при обрыве третьего электрода). По полученным характеристикам определяются значения токов насыщения эмиттерного и коллекторного диодов
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов с изолированным затвором или МДП-транзисторов					

3. Исследование статических характеристик и дифференциальных параметров МОП-транзистора	4	4	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Цель работы заключается в знакомстве с ВАХ и основными дифференциальными статическими параметрами полевых транзисторов с изолированным затвором (МДП-транзисторов). В англоязычной литературе для них, чаще всего, используется сокращение MOSFET - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. В работе измеряется пороговое напряжение МОПТ, его передаточные и выходные вольт-амперные характеристики и по результатам измерений определяются статические дифференциальные параметры МОПТ: крутизна и выходная проводимость.
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов на основе затворов с p-n- переходами и барьерами Шоттки					
4. Исследование статических характеристик и дифференциальных параметров ПТУП	4	4	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Цель работы заключается в ознакомлении с ВАХ и основными дифференциальными статическими параметрами полевых транзисторов с управляющим затвором в виде p-n-перехода - ПТУП (в англоязычной литературе используется сокращение JFET - Junction Field Effect Transistor). В работе снимаются основные ВАХ ПТУП (передаточные и выходные) и по результатам измерений определяются статические дифференциальные параметры ПТУП: крутизна, выходная проводимость, внутреннее сопротивление и коэффициент усиления по напряжению.

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					

Дидактическая единица: Общие вопросы физики полупроводниковых приборов					
1. Общие вопросы физики полупроводниковых приборов	8	4	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Проводимость и сопротивление полупроводников. Дифференциальный закон Ома. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь с квазиуровнями Ферми. Основные состояния полупроводникового прибора и его фундаментальная система уравнений. Применение ФСУ при анализе работы прибора: релаксация фотовозбужденных носителей; односторонняя световая засветка в полупроводниковой пластине. Полупроводниковые резисторы. Эффективная ширина. Математическая модель сопротивления тонкопленочного полупроводникового резистора
Дидактическая единица: Физика контактных структур и приборы на их основе					

2. Физика контактных структур и приборы на их основ	6	4	1	ПК-1/НА.1	Контактная разность потенциалов в гомопереходах. Область пространственного заряда (ОПЗ) p-n-переходов с произвольным профилем легирования. Барьерная емкость p-n- перехода и нахождение профиля легирования одностороннего p-n-перехода по ВФХ. Условия Шокли на границах p-n- перехода в равновесии и при его смещении. Явления инжекции и экстракции в p-n-переходе. Концентрационная краевая задача для идеального p-n-перехода. Диоды с длинной и короткой базами. Формула Шокли для ВАХ идеального p-n-перехода. Влияние температуры на ВАХ идеального p-n- перехода и формула удвоения. Диффузионная емкость p-n-перехода. Частотные свойства p-n- перехода. Влияние генерации неосновных носителей в ОПЗ p-n- перехода на его обратный ток. Влияние рекомбинации неравновесных носителей в ОПЗ p-n- перехода на его прямой ток. Влияние на ВАХ диода объемного сопротивления базы. Тепловой пробой p-n-перехода, участок Лосева и кристадин. Туннельный пробой в p-n-переходах (пробой Зенера) Лавинный пробой в p-n-переходе. Гипотеза Шоттки.
Дидактическая единица: Физика биполярных структур и приборы на их основе					

3. Физика биполярных структур и приборы на их основ	6	4	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Физические процессы в биполярном транзисторе (БТ). Зонная диаграмма, распределение полей и потенциалов в биполярной структуре. Инжекционная модель Эберса-Молла Соотношение обратимости. Передаточная форма модели Эберса-Молла. Модель Логана. Распределение концентрации неосновных носителей заряда в базе БТ. Анализ входных характеристик БТ на основе эффекта Эрли. Физическая модель Эберса-Молла. Предельные параметры БТ и эффекты их определяющие. Частотные параметры и характеристики БТ. Гетеропереход. Зонная диаграмма и физические свойства. Некремниевые гетеропереходные биполярные транзисторы. Варизонные БТ с базой из Si-Ge.
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов с изолированным затвором или МДП-транзисторов					

4. Физика полевых транзисторов с изолированным затвором или МДП-транзисторов	6	2	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Идеальная МДП-структура и три ее основных состояния. Особенности вольт-фарадных характеристик идеальной МДП-структуры. Анализ емкостей и зарядов в идеальной МДП-структуре. Пороговое напряжение и потенциал инверсии для идеальной МДП-структуры. Влияние смещения подложки на пороговое напряжение МДП-структуры. Физические особенности реальных МДП-структур. Напряжение плоских зон и разность работ выхода. Системы зарядов в двуокиси кремния и их влияние на напряжение плоских зон. ВХФ реальной МДП-структуры. Классификация состояний МДП-структуры на основе понятия поверхностного потенциала.Физические процессы в МОПТ и их влияние на ВАХ МОПТ. Интегральные МОПТ самосовмещенным затвором. Простейшая теория ВАХ МДП-транзисторов. Модель Шихмана-Ходжеса с учетом влияния смещения подложки
Дидактическая единица: Физика полевых транзисторов на основе затворов с p-n- переходами и барьерами Шоттки					
5. Физика полевых транзисторов на основе затворов с p-n-переходами и барьерами Шоттки	6	2	0	ПК-1/НА.1, ПК-3/ПК.2	Физические процессы в ПТУП, их влияние на ВАХ и модель ПТУП. Полевые транзисторы с затвором Шоттки (MeSFET). Конструкция, физические особенности и принцип действия ПТ с высокой подвижностью электронов (HEMT)

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)

1	Температурная зависимость параметров полупроводниковых диодов	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение испытаний с целью формирования навыка проводить исследования характеристик электронных приборов и анализ результатов измерений для формирования умения соотносить разнородные явления и систематизировать их.
2	Определение статических параметров модели эберса-молла по вольт-амперным характеристикам биполярного транзистора	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение испытаний с целью формирования навыка проводить исследования характеристик электронных приборов и анализ результатов измерений для формирования умения соотносить разнородные явления и систематизировать их.
3	Исследование статических характеристик и дифференциальных параметров МОП-транзистора	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение испытаний с целью формирования навыка проводить исследования характеристик электронных приборов и анализ результатов измерений для формирования умения соотносить разнородные явления и систематизировать их.
4	Исследование статических характеристик и дифференциальных параметров ПТУП	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение испытаний с целью формирования навыка проводить исследования характеристик электронных приборов и анализ результатов измерений для формирования умения соотносить разнородные явления и систематизировать их.
5	Общие вопросы физики полупроводниковых приборов	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ физических явлений и процессов в полупроводниках, формирующих умение соотносить разнородные явления и систематизировать их.
6	Физика контактных структур и приборы на их основ	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка строить физические и математические модели приборов на основе контактных структур.
7	Физика биполярных структур и приборы на их основ	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка строить физические и математические модели приборов на основе биполярных структур.
8	Физика полевых транзисторов с изолированным затвором или МДП-транзисторов	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка строить физические и математические модели приборов на основе структур МДП.
9	Физика полевых транзисторов на основе затворов с p-n-переходами и барьерами Шоттки	Пр	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка строить физические и математические модели полевых транзисторов.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	ПК-3/ПК.2	14	0
Работа с конспектом лекци и рекомендованной литературой: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790			
2	Курсовой проект	ПК-3/ПК.2	70	2
Работа с технической документацией, рекомендованной литературой: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790			
3	Подготовка к занятиям	ПК-1/НА.1	18	0
Работа с конспектом лекций, рекомендованной литературой и Интернетом: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790			
4	Подготовка к аттестации	ПК-1/НА.1,ПК-3/ПК.2	26	2
Работа сконспектом лекций , рекомендованной литературой и Интернет: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790			

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	e-mail; 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		
Лабораторная:	14	28
Контролирующие материалы приводятся в "Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790"		
Практические занятия:	8	16
Контрольные работы:	8	16
Курсовой проект: Итого	0	100
Контролирующие материалы приводятся в "Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790"		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790"		

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 Л/Р	Контр. раб.	Защита КП/КР	Экзамен
ПК-1/НА	ПК-1/НА 1. Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+		+	+
ПК-3/ПК	ПК-3/ПК 2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники	+	+	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — 9-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 480 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210338 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Драгунов В. П. Микро- и наноэлектроника. Сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2015.- 45, [3] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215042

Дополнительная литература

1. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210524 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Чернышев А. П. Введение в физику полупроводников и нанофизику. Специальный курс физики. Конспект лекций : [учебное пособие] / А. П. Чернышев ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2021.- 80, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000244150

3. Михайлов, А. И. Физические основы твердотельной электроники : учебное пособие / А. И. Михайлов, С. А. Сергеев. — 2-е изд., изм. — Саратов : СГУ, 2020. — 192 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/194743 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Назначение и принцип действия микросхем КМОП и ТТЛ : учебное пособие / составители В. В. Сдобняков [и др.]. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 45 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/153172 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Терехов, А. И. Технологические основы изготовления интегральных микросхем : учебное пособие / А. И. Терехов, И. А. Тихомирова. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 116 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/154591 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
ей.

Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс]. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011-2017. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/. - Загл. с экрана.

2. Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - ЭБС "Лань", 2016. - Режим доступа : http://e.lanbook.com. - Загл. с экрана.

3. IPRbooks [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - IPR MEDIA, 2019. - режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/. - Загл. с экрана.

4. Znanium.com [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. - ООО "Научно-издательский центр Инфра-М", 2011-2017. - Режим доступа: http://znanium.com/. - Загл. с экрана.

5. Нанометр : нанотехнологическое сообщество : сайт. – 2006– . – URL: http://www.nanometer.ru/ (дата обращения: 22.03.2022). – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев].- Новосибирск, 2014.- 90, [2] с. : ил.. табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213790

2. Бялик, А. Д. Физические основы электроники. Транзисторы. Гальваномагнитные и термоэлектрические приборы. Оптоэлектронные приборы : учебное пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118107 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 НГТУ DiSpace - среда электронного обучения НГТУ

3 Операционная система Microsoft Windows

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

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet