

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1142569	Физические основы технологий микро- и наноэлектроники

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Физическая электроника	Код ОП 1. 11.04.04/33.02
Направление подготовки 1. Электроника и наноэлектроника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.04.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жидков Иван Сергеевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	электрофизики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники**

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле изучаются принципы создания микро- и нанoeлектронных приборов. Данный модуль посвящен бурно развивающемуся в последние годы разделу физики – созданию интегральных схем. Рассматривается общая характеристика базовых физико-химических методов создания микроэлектронных структур. Уделено внимание проблемам и теоретическим основам нанoeлектроники.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Физические основы технологий микро- и нанoeлектроник и	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи,	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для

	<p>применя фундаментальные знания</p>	<p>формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p>
	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений</p> <p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических</p>

		<p>объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
	<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>

		<p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению</p>

		<p>технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>
	<p>ОПК-7 - Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации</p>	<p>З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений</p> <p>З-2 - Дать определение жизненного цикла инженерного продукта, его основных стадий и моделей</p> <p>У-1 - Формулировать инженерные задачи с учетом формализованных требований</p> <p>У-2 - Определять основные потребности стейкхолдеров (заинтересованных сторон) и формулировать требования к эффективности инженерных продуктов и технических объектов</p>

		<p>П-1 - Освоить практики построения и применения имитационных моделей в процессе проектирования</p>
	<p>ПК-2 - Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач</p>	<p>З-1 - Характеризовать методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств</p> <p>З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Формулировать постановку задачи и определять набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, теоретические и математические модели, проводить анализ полученных результатов моделирования работы в области нанoeлектроники</p> <p>У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы с современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</p> <p>П-2 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-3 - Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на</p>	<p>З-1 - Знает передовой отечественного и зарубежного опыта разработки и эксплуатации электронных средств и электронных систем</p> <p>З-1 - Соотнести передовой отечественный и зарубежный опыт разработки и эксплуатации электронных средств и электронных систем</p> <p>З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p>

	<p>выполнение проектных работ</p>	<p>У-1 - Умеет осуществлять теоретические и экспериментальные исследования в целях изыскания принципов и путей создания новых электронных средств и электронных систем</p> <p>У-1 - Выбирать пути создания новых электронных средств и электронных систем используя теоретические и экспериментальные методы исследования</p> <p>У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Владеет методами контроля процесса проведения и анализ результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области электронных средств и электронных систем</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по подготовке технического задания на выполнение проектных работ, а также научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области электронных средств и электронных систем</p> <p>П-2 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
--	-----------------------------------	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физические основы технологий микро- и
наноэлектроники

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жидков Иван Сергеевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	электрофизики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Жидков Иван Сергеевич, Доцент, электрофизики**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Исторический обзор, общая характеристика и основные определения микроэлектроники	Изделия микроэлектроники, их классификация. Интегральные микросхемы (ИС), элементы и компоненты ИС. Степень интеграции ИС. Классификация ИС: полупроводниковые ИС, гибридные ИС, пленочные ИС. Общая характеристика основных явлений и процессов, определяющих функционирование ИС.
P2	Общая характеристика базовых физико-химические методов создания микроэлектронных структур	Очистка. Метод вытягивания из расплава. Термическое окисление. Эпитаксия. Литография. Локальная диффузия примесей: диффузия из бесконечного и из ограниченного источников примесей. Ионная имплантация. Металлизация. Программное обеспечение для моделирования процессов роста кристаллов из расплава CGSim и виртуальные реакторы роста кристаллов. Цифровые двойники устройств, создаваемых методом эпитаксии (Virtual Reactor, SiLENS, EPITAXY project).
P3	Технология механической обработки подложек для ИС	Типы подложек ИС и их основные характеристики. Ориентация пластин перед резкой: рентгеновский и оптический методы ориентации. Резка, скрайбирование и разлом слитков и пластин. Шлифовка и полировка пластин. Строение нарушенного слоя после механической обработки пластин ИС.
P4	Технология химической обработки подложек для ИС	Механизм химической обработки пластин. Слой Гельмгольца. Анодное и катодное растворение (травление). Ограничение

		процесса травления. Электрополировка. Термохимическое (газовое) и ионно-плазменное травление.
P5	Формирование диэлектрических пленок на полупроводниковых пластинах ИС	Технология формирования пленок SiO ₂ термическим окислением. Стационарное термохимическое окисление: параболический и линейные законы. Химическое осаждение диэлектрических пленок из газовой фазы на поверхность пластин. Описание методов получения диэлектрических пленок в технологии гибридных ИС: термовакуумное реактивное испарение, анодное окисление, ионно-плазменное окисление и распыление.
P6	Общие принципы процесса ионного легирования	Теория ЛШШ. Ядерная и электронная тормозные способности. Распределение пробегов ионов. Потенциал Томаса-Ферми. Влияние радиационных дефектов на структуру поверхности пластин ИС. Кластер дефектов. Отжиг дефектов и электрические свойства ионно-легированных слоев. Лазерный отжиг. Маскирование в процессах ионного легирования. Создание компьютерных моделей легирования и виртуальных устройств на их основе (SPEC-1D, BESST).
P7	Элионные методы литографических процессов	Электронно-лучевая литография: описание технологических приемов. Особенности экспонирования в рентгенолучевой литографии. Технология рентгенолитографического процесса: изготовление шаблонов, выбор резистов, травление.
P8	Металлические пленки для ИС: их электрофизические параметры, удельное сопротивление	Коммутационные элементы ИС. Технология изготовления пленочных резисторов. Материалы для изготовления пленочных резисторов: чистый металл, сплав, кермет. Технология изготовления пленочных конденсаторов: оксиды металлов и полупроводников.
P9	Технология монтажа кристаллов ИС на носители: конструктивно-технологические варианты	Изготовление ленточных носителей. Технология получения внутренних выводов на кристаллах ИС. Описание монтажа кристалла ИС на гибкую ленту: термокомпрессия, импульсная пайка. Монтаж гибридных ИС и микросборок. Особенности сборки сверхбыстродействующих ИС и процессоров. Проектирование интегральных микросхем и плат в цифровой среде, создание цифровых двойников ИС (DipTrace).
P10	Герметизация ИС и микропроцессоров	Пассивирующие и защитные покрытия ИС. Принципы герметизации ИС в корпусах: учет факторов влияния, критерий герметичности. Герметизация ИС в металлических корпусах. Сварка и пайка. Герметизация твердым припоем, пайка без флюса, пайка без припойной прокладки, герметизация стеклянной фриттой. Герметизация ИС в пластмассовых корпусах: формовка заливкой и трансферная прессовка.
P11	Проблемы и теоретические основы одноэлектроники	Кулоновская блокада, кулоновская лестница, со-туннелирование, квантовые размерные эффекты. Классификация одноэлектронных приборов: по направлению протекания тока, по способу формирования квантовых точек, по количеству квантовых точек. Одноэлектронный прибор на основе сканирующего туннельного микроскопа. Субмикронный вертикальный одноэлектронный транзистор (транзистор Остина). Применение одноэлектронных приборов.

P12	Наночастицы и нанокластеры	Свойства наночастиц и их характеристики. Теоретическое моделирование наночастиц (модель «желе»). Геометрическая и электронная структуры нанокластеров. Реакционная способность наночастиц. Флуктуационные наноструктуры. Магнитные кластеры. Переход от макро- к нано-. Полупроводниковые наночастицы. Кулоновский взрыв. Молекулярные кластеры. Методы синтеза наночастиц. Химические методы синтеза наночастиц. Термолиз. Импульсные лазерные методы.
P13	Углеродные наноструктуры	Природа углеродной. Малые углеродные кластеры – C ₆₀ . Неуглеродная шарообразная молекула. Углеродные нанотрубки. Методы получения нанотрубок. Электрические свойства нанотрубок. Колебательные свойства нанотрубок. Механические свойства нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок. Полевая эмиссия и экранирование. Информационные технологии, электроника. Топливные элементы. Химические сенсоры. Катализ. Механическое упрочнение материалов.
P14	Объемные наноструктурированные материалы: разупорядоченные и кристаллизованные	Методы синтеза разупорядоченных. Механизмы разрушения традиционных материалов. Механические свойства наноструктурированных материалов. Многослойные наноструктурированные материалы. Электрические свойства наноструктурированных материалов. Нанокластеры в оптическом материаловедении. Пористый кремний. Упорядоченные наноструктуры. Упорядоченные структуры в цеолитах. Кристаллы из металлических наночастиц. Нанокристаллы для фотоники.
P15	Наноприборы и наномашинны	Микроэлектромеханические устройства (MEMS). Нанозлектромеханические системы (NEMS). Наноактуаторы. Молекулярные и супрамолекулярные переключатели.
P16	Основы спинтроники и фотоники	Магнитоэлектрические эффекты. Мультиферроики. Магнитные полупроводники. Магнитооптические явления. Физические основы нанотехнологий фотоники. Технологии наноплазмоники. Физические основы нанотехнологий оптоинформатики.
P17	Солнечная энергетика 3-го поколения. Печатная электроника	Физические основы органической электроники. Органическая фотовольтаика. Перовскитные материалы для энергетики. Гибкие подложки. Органические материалы гибкой электроники. Электропроводящие материалы печатной электроники. Гибкая гибридная электроника. Методы нанесения и структурирования слоёв. Печатные технологии.
P18	Материалы и технологии квантовых компьютеров	Квантовая нанотехнология. Теоретические элементы для построения квантового компьютера. Получение запутанных квантовых состояний. Квантовые вычисления и операции. Структура квантового компьютера. Физические проблемы квантовых компьютеров. Общие требования для реализации квантового компьютера.
P19	Заключение	Современные и перспективные технологии микро- и нанозлектроники. Проблемы разработки нанозлектронных систем.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники

Электронные ресурсы (издания)

1. Драгунов, В. П.; Микро- и нанoeлектроника : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941> (Электронное издание)
2. Троян, П. Е.; Нанoeлектроника : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиoeлектроники, Томск; 2010; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663> (Электронное издание)
3. Барыбин, А. А.; Физико-технологические основы макро-, микро, и нанoeлектроники : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643> (Электронное издание)
4. Филяк, М. М.; Конструктивно-технологические основы микроeлектроники : учебное пособие.; Оренбургский государственный университет, Оренбург; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260750> (Электронное издание)
5. Игумнов, В. Н.; Физические основы микроeлектроники : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва|Берлин; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271708> (Электронное издание)
6. Игумнов, В. Н.; Физические основы микроeлектроники : практикум.; Директ-Медиа, Москва|Берлин; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271707> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Кожитов, Л. В., Косушкин, В. Г., Крапухин, В. В., Пархоменко, Ю. Н.; Технология материалов микро- и нанoeлектроники : [монография].; МИСИС, Москва; 2007 (24 экз.)
2. Зацепин, Д. А., Чолах, С. О., Курмаев, Э. З.; Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники : учебник для студентов специальности 210101 - Физ. eлектроника направления подгот. дипломир. специалистов 654100 - Eлектроника и микроeлектроника.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (20 экз.)
3. Парфенова, Е. Л.; Физические основы микро- и нанoeлектроники : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 200101 "Приборостроение".; Феникс, Ростов-на-Дону; 2012 (1 экз.)
4. Дурнаков, А. А., Калмыков, А. А.; Физические основы микро- и нанoeлектроники : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств, 11.03.01 - Радиотехника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (20 экз.)
5. Борисенко, В. Е., Воробьева, А. И., Уткина, Е. А.; Нанoeлектроника : учеб. пособие для студентов вузов по специальностям "Микро- и нанoeлектрон. технологии и системы" и "Квантовые информ.

системы".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2009 (6 экз.)

6. Шишкин, Г. Г.; Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 210600 "Нанотехнология", 152200 "Наноинженерия", 210100 "Электроника и нанoeлектроника".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (5 экз.)

7. Черняев, В. Н.; Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров : Учеб. пособие для вузов по специальностям "Коструирование и пр-во радиоаппаратуры", "Коструирование и пр-во электрон.-вычисл. аппаратуры".; Энергия, Москва; 1977 (8 экз.)

8. Драгунов, В. П., Гридчин, В. А., Неизвестный, И. Г.; Основы нанoeлектроники : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы".; Издательство НГТУ, Новосибирск; 2000 (4 экз.)

9. Росадо, Л., Баскаков, С. И., Терехов, В. А.; Физическая электроника и микроэлектроника; Высшая школа, Москва; 1991 (26 экз.)

10. Ефимов, И. Е., Козырь, И. Я.; Основы микроэлектроники : учебник.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (3 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).

2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).

3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).

4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).

5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).

6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).

8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).

9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).

10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).

11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).

12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).

13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).

14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).

15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).

16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).

17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).

18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).

19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).

20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).
6. Официальный сайт Института электрофизики УрО РАН (<http://iep.uran.ru/>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется