

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
1165982	Технологии нано- и оптоэлектроники

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Электроника и наноэлектроника 2. Наноинженерия	Код ОП 1. 11.03.04/33.01 2. 28.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Электроника и наноэлектроника; 2. Наноинженерия	Код направления и уровня подготовки 1. 11.03.04; 2. 28.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бунтов Евгений Александрович	кандидат физико-математических наук, доцент	доцент	физических методов и приборов контроля качества
2	Вайнштейн Илья Александрович	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Технологии nano- и оптоэлектроники

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Технологии nano- и оптоэлектроники» состоит из двух дисциплин «Основы nanoэлектроники» и «Материалы и устройства оптоэлектроники». Модуль посвящен изучению физических основ nanoэлектроники и принципов создания микроэлектронных компонентов и интегральных схем. Рассматриваются физические закономерности поведения носителей заряда в наноразмерных структурах, элементная база nanoэлектроники, зависимость характеристик элементов от их размера. Изучаются принципы работы базовых элементов современной оптоэлектроники, рассматриваются свойства используемых материалов и технологических процессов, подробно изложены основных физических процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом.

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	Материалы и устройства оптоэлектроники	4
2	Основы nanoэлектроники	2
ИТОГО по модулю:		6

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
Материалы и устройства оптоэлектроники	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере	З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в

	<p>своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
--	--	--

		Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации
ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (Наноинженерия)		<p>З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)</p> <p>З-3 - Демонстрировать понимание порядка разработки и оформления технической документации</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации проектирования</p> <p>У-2 - Использовать программное обеспечение</p> <p>У-3 - Анализировать проектные решения производства изделий из наноструктурированных композиционных материалов по экономическим, технологическим и другим показателям</p> <p>П-1 - Разрабатывать технический проект, включающий чертежи общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку</p>
ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе (Наноинженерия)		<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры</p> <p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную документацию по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>

		<p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-3 - Взаимодействовать с работниками смежных подразделений и сторонних организаций</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>У-6 - Оформлять технологическую документацию</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>П-2 - Разрабатывать новые технологические инструкции (карты) по проведению измерений параметров и процессов модификации наноматериалов и наноструктур</p>
	<p>ПК-5 - Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств</p>	<p>З-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>З-2 - Описывать основные структурные элементы измерительных приборов, построенных с использованием микроконтроллеров</p> <p>З-3 - Различать системы автоматизированного проектирования,</p>

	<p>автоматизации проектирования</p> <p>(Электроника и наноэлектроника)</p>	<p>системы аналогового проектирования и моделирования</p> <p>З-4 - Определять эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов и конечных изделий электронной техники</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации схемотехнического проектирования</p> <p>У-2 - Производить компьютерное моделирование для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых электронных приборов</p> <p>У-3 - Определять оптимальные методы совершенствования характеристик электрических схем</p> <p>У-4 - Разрабатывать основные функциональные блоки электрической схемы</p> <p>П-1 - Проектировать электронные приборы и их компоненты на схемотехническом уровне</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт разработки простейшего программного обеспечения для микроконтроллерных систем</p>
	<p>ПК-8 - Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники различного функционального назначения</p> <p>(Электроника и наноэлектроника)</p>	<p>З-1 - Различать базовые технологические процессы и технологическое оборудование, используемые в производстве приборов электронной техники на основе нанотехнологий</p> <p>З-2 - Определять состав, принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов электроники на базе нанотехнологий</p> <p>З-3 - Объяснять физико-химические эффекты взаимодействия элементов оборудования и объектов воздействия на наноразмерном уровне</p> <p>У-1 - Выбирать методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств электронной техники различного функционального назначения</p>

		<p>У-2 - Определять оптимальные методы настройки оборудования, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы на оборудовании, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методов обработки и оценки погрешности результатов измерений новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и микроэлектроники</p>
<p>Основы микроэлектроники</p>	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p>

		<p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p>
	<p>ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)</p> <p>(Наноинженерия)</p>	<p>З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)</p> <p>З-3 - Демонстрировать понимание порядка разработки и оформления технической документации</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации проектирования</p> <p>У-2 - Использовать программное обеспечение</p> <p>У-3 - Анализировать проектные решения производства изделий из наноструктурированных композиционных материалов по экономическим, технологическим и другим показателям</p> <p>П-1 - Разрабатывать технический проект, включающий чертежи общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку</p>

	<p>ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе</p> <p>(Наноинженерия)</p>	<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры</p> <p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную документацию по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-3 - Взаимодействовать с работниками смежных подразделений и сторонних организаций</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>У-6 - Оформлять технологическую документацию</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений</p>
--	--	---

		<p>параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>П-2 - Разрабатывать новые технологические инструкции (карты) по проведению измерений параметров и процессов модификации наноматериалов и наноструктур</p>
<p>ПК-5 - Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p> <p>(Электроника и наноэлектроника)</p>	<p>З-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>З-2 - Описывать основные структурные элементы измерительных приборов, построенных с использованием микроконтроллеров</p> <p>З-3 - Различать системы автоматизированного проектирования, системы аналогового проектирования и моделирования</p> <p>З-4 - Определять эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов и конечных изделий электронной техники</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации схемотехнического проектирования</p> <p>У-2 - Производить компьютерное моделирование для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых электронных приборов</p> <p>У-3 - Определять оптимальные методы совершенствования характеристик электрических схем</p> <p>У-4 - Разрабатывать основные функциональные блоки электрической схемы</p> <p>П-1 - Проектировать электронные приборы и их компоненты на схемотехническом уровне</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт разработки простейшего программного обеспечения для микроконтроллерных систем</p>	
<p>ПК-8 - Способен выполнять работы по</p>	<p>З-1 - Различать базовые технологические процессы и технологическое оборудование,</p>	

	<p>технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники различного функционального назначения</p> <p>(Электроника и наноэлектроника)</p>	<p>используемые в производстве приборов электронной техники на основе нанотехнологий</p> <p>З-2 - Определять состав, принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов электроники на базе нанотехнологий</p> <p>З-3 - Объяснять физико-химические эффекты взаимодействия элементов оборудования и объектов воздействия на наноразмерном уровне</p> <p>У-1 - Выбирать методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств электронной техники различного функционального назначения</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы настройки оборудования, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы на оборудовании, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методов обработки и оценки погрешности результатов измерений новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и наноэлектроники</p>
--	---	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Материалы и устройства оптоэлектроники

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вайнштейн Илья Александрович	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 10.05.2024 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Вайнштейн Илья Александрович, Профессор, физических методов и приборов контроля качества

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
1	Физические основы оптоэлектроники	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом, распространение волны излучения в реальной среде, в анизотропных средах. Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения, фотоэлектрические явления, квантовая природа излучения, квантовые переходы и вероятности излучательных переходов, внешний квантовый выход и потери излучения. Метрологические аспекты оптоэлектроники, энергетические и фотометрические характеристики излучения, цветовые измерения – колориметрия, оптоэлектроника и метрология – взаимовлияние
2	Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры	Зонная структура и основные характеристики полупроводников, активные структуры оптоэлектронных приборов, локальные структурные и композиционные эффекты в оптоэлектронных средах. Люминесцентные структуры на основе органических материалов и метаматериалов, анализ твердотельных гетероструктур, полимерных и гибридных структур для полимерно-твердотельной оптоэлектроники, основные полупроводниковые материалы, применяемые в производстве светоизлучающих диодов. Проблемы формирования структур интегральной оптоэлектроники, алмазы, фуллерены, углеродные и металл-оксидные нанотрубки.

3	Элементная база оптоэлектроники, приборы и устройства	Полупроводниковые источники некогерентного излучения, параметры, характеристики и устройство полупроводниковых лазеров, инжекционные гетеролазеры на гетероструктурах, светодиодные источники повышенной яркости и белого света, тенденции развития излучателей. Фотоэлектронные полупроводниковые приемники, классификация и система параметров, фотовольтаические приемники излучения, фотодиоды с р-і-п структурой, барьером Шоттки, лавинным размножением и гетеропереходом, фотоприемники со структурой металл-диэлектрик-полупроводник, приборы с зарядовой связью, фоторезистор на собственной и примесной проводимости. Оптопары, оптоэлектронные датчики, оптоэлектронные средства отображения информации, многоэлементные полупроводниковые индикаторы и модули экранов, основные направления развития.
4	Оптоэлектронные системы	Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС): принцип построения и особенности; распространение оптического сигнала по световоду, оптическая память, перспективные направления разработок ВОЛС, оптические волноводы, стекловолокно, фотонно-кристаллические световоды. Интегральная оптоэлектроника, физико-технологические ограничения интегральных приемо-передающих модулей, оптоэлектронные системы записи, хранения и воспроизведения информации, перспективные области применения оптоэлектронных систем, проблемы разработки стереоскопических систем отображения, вопросы использования в экстремальных условиях

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология анализа образовательных задач	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и устройства оптоэлектроники

Электронные ресурсы (издания)

1. Кульчин, Ю. Н.; Современная оптика и фотоника нано- и микросистем : монография.; Физматлит, Москва; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467691> (Электронное издание)
2. , Аракелян, , С. М.; Введение в фемтонанопотонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие.; Логос, Москва; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/40504.html> (Электронное издание)
3. Бугров, , В. Е.; Оптоэлектроника светодиодов : учебное пособие.; Университет ИТМО, Санкт-Петербург; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/67449.html> (Электронное издание)
4. , Шабанов, , В. Ф., Зырянов, , В. Я.; Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанопотоники; Сибирское отделение РАН, Новосибирск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/32823.html> (Электронное издание)
5. Алешкевич, В. А.; Курс общей физики. Оптика : учебник.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69335> (Электронное издание)
6. Климов, В. В.; Наноплазмоника; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69490> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Игнатов, А. Н.; Оптоэлектроника и нанопотоника : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям подгот. "Электроника и нанопотоника" и "Телекоммуникации".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2011 (2 экз.)
2. Салех, Б., Дербов, В. Л.; Т. 1 : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2012 (10 экз.)
3. Салех, Б., Дербов, В. Л.; Т. 2 : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2012 (10 экз.)
4. Шуберт, Шуберт Ф., Юнович, А. Э.; Светодиоды; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2008 (2 экз.)
5. Игнатов, А. Н.; Оптоэлектронные приборы и устройства : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломиров. специалистов 210400 (654400) - Телекоммуникации.; Эко-Трендз, Москва; 2006 (3 экз.)
6. Ермаков, О. Н.; Прикладная оптоэлектроника; Техносфера, Москва; 2004 (2 экз.)
7. Розеншер, Э., Винтер, Б., Ермаков, О. Н.; Оптоэлектроника; Техносфера, Москва; 2004 (1 экз.)
8. Мартынов, В. Н.; Полупроводниковая оптоэлектроника : Учеб. пособие для вузов.; МИСИС, Москва; 1999 (5 экз.)
9. Носов, Ю. Р.; Дебют оптоэлектроники; Наука, Главная редакция физико-математической литературы, Москва; 1992 (4 экз.)
10. Ефимов, И. Е., Горбунов, Ю. И., Козырь, И. Я.; Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность : [учеб. пособие для приборостроит. специальностей вузов].; Высшая школа, Москва; 1986 (21 экз.)
11. Таиров, Ю. М., Цветков, В. Ф.; Технология полупроводниковых и диэлектрических приборов : Учеб. для вузов.; Б. и., Санкт-Петербург; 2002 (5 экз.)
12. Пихтин, А. Н.; Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1983 (17 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

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

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» раздел «Оптоэлектроника» http://window.edu.ru/library/resources?p_sort=5&p_str=Оптоэлектроника

Нанотехнологическое сообщество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и устройства оптоэлектроники

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 Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>OriginPro</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы нанoeлектроники

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бунтов Евгений Александрович	кандидат физико- математических наук, доцент	доцент	физических методов и приборов контроля качества

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 10.05.2024 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бунтов Евгений Александрович, доцент, физических методов и приборов контроля качества

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
1	Введение. Микро- и нанoeлектроника.	История микроэлектроники. Определение нанoeлектроники. Закон Мура. Преимущества и проблемы миниатюризации микроэлектронных компонентов. Достижения последних лет и перспективы развития нанoeлектроники.
2	Квантовые эффекты в нанoeлектронике	Эффект квантового ограничения. Структуры с квантовым ограничением: квантовые ямы, проволоки, точки. Транспорт электронов в низкоразмерных системах. Туннелирование, туннельный и резонансный туннельный диоды. Явление квантовой интерференции. Спиновые эффекты.
3	Базовые элементы нанoeлектронных устройств	Свободная поверхность и ее свойства. Межфазные границы и гетеропереходы. Типы гетероструктур, сложные гетероструктуры. Явление кулоновской блокады. Структуры «металл-окисел-полупроводник» и их свойства.
4	MOSFET транзисторы и их масштабирование	Структура и основные характеристики MOSFET транзисторов. Диффузионный и баллистический транспорт электронов в канале транзистора. Законы масштабирования MOSFET.
5	Основные типы нанотранзисторов	Проблемы классических MOSFET-транзисторов. Токи утечки. Совершенствование кремниевой технологии. Структуры «кремний на изоляторе». Напряженный кремний. MODFET-транзисторы. Трехмерные конфигурации затворов. Альтернативные технологии: гетеротранзисторы, HEMT-транзисторы, транзисторы на нанотрубках.

6	Совершенствование электронных компонентов: Одноэлектронные транзисторы и элементы памяти	Туннельные переходы и одноэлектронные транзисторы (SET). Эквивалентная схема и принципы работы SET. Технологические подходы к созданию SET. Масштабирование элементов памяти. Применение SET в запоминающих устройствах. Принципы работы и перспективные применения мемристоров.
7	Квантовые компьютеры	Введение в квантовые вычисления на основе кубитов. Преимущества квантовых вычислений перед традиционными. Квантовые регистры и операторы. Понятие универсального квантового компьютера. Основные подходы к реализации квантовых компьютеров. Современные достижения в построении квантовых компьютеров.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы нанoeлектроники

Электронные ресурсы (издания)

- Троян, П. Е.; Нанoeлектроника : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиoeлектроники, Томск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663> (Электронное издание)
- Драгунов, В. П.; Микро- и нанoeлектроника : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941> (Электронное издание)
- Дробот, П. Н.; Нанoeлектроника : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771> (Электронное издание)

Печатные издания

1. 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.)
2. Щука, А. А., Сигов, А. С.; Нанoeлектроника : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Прикладная математика и физика".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (1 экз.)
3. 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.)
4. , Махвиладзе, Т. М.; Квантовые компьютеры, микро- и нанoeлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование; Наука, Москва; 2014 (2 экз.)
5. Бунтов, Е. А., Никифоров, С. В.; Современные устройства и элементы нанoeлектроники : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.04, 11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника; 28.04.02 - Наноинженерия.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

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

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы 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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Labview 2012</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>

