

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 27.05.2024 15:52:32
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

Инженерная академия

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

28.03.02 НАНОИНЖЕНЕРИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2024 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» входит в программу бакалавриата «Нанотехнологии и наноматериалы в приборостроении» по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» и изучается в 5, 6 семестрах 3 курса. Дисциплину реализует Базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина состоит из 7 разделов и 22 тем и направлена на изучение и приобретение практических навыков построения математических моделей полупроводниковых приборов нанoeлектроники. Рассматриваются основные граничные условия и их математические модели, методы дискретизации фундаментальной системы уравнений диффузионно-дрейвского приближения и алгоритмы ее решения для одно- и двухмерных случаев.

Целью освоения дисциплины является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области моделирования характеристик фотонных приборов нанoeлектроники и их конструктивных элементов, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает современные информационные технологии и программные средства, предназначенные для решения задач в области наноинженерии; ОПК-4.2 Умеет использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности; ОПК-4.3 Владеет современными программными средствами моделирования свойств нанообъектов;
ПК-2	Способен осуществлять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления	ПК-2.1 Знает программное обеспечение для моделирования принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления; ПК-2.2 Умеет выполнять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления;
ПК-5	Способен разрабатывать первичный вариант описания микроэлектромеханической системы на уровне принципиальной схемы	ПК-5.1 Знает современное программное обеспечение для разработки описания микроэлектромеханической системы на уровне принципиальной схемы; ПК-5.2 Владеет навыками разработки первичного варианта принципиальной схемы микроэлектромеханической системы;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Второй иностранный язык (практический курс); Основы программирования; Инженерная графика;	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Технологическая практика; Преддипломная практика;
ПК-2	Способен осуществлять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления		Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Технологическая практика; Преддипломная практика;
ПК-5	Способен разрабатывать первичный вариант описания микроэлектромеханической системы на уровне принципиальной схемы	Квантовая электроника;	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Технологическая практика; Преддипломная практика; Прикладная оптика и оптические измерения;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» составляет «7» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)	
			5	6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	126		72	54
Лекции (ЛК)	54		36	18
Лабораторные работы (ЛР)	36		18	18
Практически/семинарские занятия (СЗ)	36		18	18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	99		72	27
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		0	27
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	252	144	108
	зач.ед.	7	4	3

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» составляет «7» зачетных единиц.

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для заочной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)	
			7	8
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	58		28	30
Лекции (ЛК)	26		12	14
Лабораторные работы (ЛР)	12		6	6
Практически/семинарские занятия (СЗ)	20		10	10
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	181		76	105
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	13		4	9
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	252	108	144
	зач.ед.	7	3	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Актуальные материалы и конструкции полупроводниковых приборов с наноструктурными элементами	1.1	Основные материалы полупроводниковой наноэлектоники	ЛК, ЛР, СЗ
		1.2	Свойства полупроводниковых материалов	ЛК, ЛР, СЗ
		1.3	Подвижность	ЛК, ЛР, СЗ
		1.4	Электронное сродство	ЛК, ЛР, СЗ
		1.5	Эффективные массы	ЛК, ЛР, СЗ
		1.6	Конструкции полупроводниковых лазеров и фотодиодов на четверных соединениях для оптического диапазона ВОСПИ	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 2	Механизмы генерации и рекомбинации в полупроводниках	2.1	Генерационно-рекомбинационный ток	ЛК, ЛР, СЗ
		2.2	Поверхностная рекомбинация	ЛК, ЛР, СЗ
		2.3	Фотогенерация носителей	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 3	Диффузионнодрейфовое приближение механизмов переноса заряда в полупроводниковых приборах	3.1	Диффузия и дрейф носителей	ЛК, ЛР, СЗ
		3.2	Диффузионное расплывание	ЛК, ЛР, СЗ
		3.3	Амбиполярный дрейф	ЛК, ЛР, СЗ
		3.4	Уравнение Пуассона	ЛК, ЛР, СЗ
		3.5	Уравнения непрерывности для электронов и дырок	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 4	Метод Шарфеттера-Гуммеля решения ФСУ Пуассона и непрерывностей	4.1	Запись ФСУ относительно квазиуровней Ферми	ЛК, ЛР, СЗ
		4.2	Дискретизация ФСУ	ЛК, ЛР, СЗ
		4.3	Алгоритм решения ФСУ	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 5	Решение ФСУ для гетероперехода InGaAs/InP	5.1	Контактная разность потенциалов в геретропереходах	ЛК, ЛР, СЗ
		5.2	Форма записи граничных условий для гетероперехода	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 6	Моделирование фотодиода InGaAs/InP	6.1	Решение ФСУ для фотодиода средствами MatLab	ЛК, ЛР, СЗ
		6.2	Моделирование фотодиода в среде SimWindows	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 7	Моделирование полупроводниковых лазеров	7.1	Моделирование полупроводниковых лазеров в среде SimWindows	ЛК, ЛР, СЗ

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

- Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1075-0
- <https://e.lanbook.com/book/209609>
- Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8
- <https://e.lanbook.com/book/210524>
- Смирнов, В. И. Физика полупроводниковых приборов : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 212 с. — ISBN 978-5-9729-1241-4
- <https://e.lanbook.com/book/347759>
- Нано- и биоконпозиты : монография / под ред. А. К.-Т. Лау, Ф. Хуссейн, Х. Лафди ; пер. с англ. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 393 с. — (Нанотехнологии). — SBN 978-5-00101-727-1. - ISBN 978-5-00101-727-1

Дополнительная литература:

- Усанов Д.А. Компьютерное моделирование наноструктур: Учеб. пособие / Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, А.В. Скрипаль, А.В. Абрамов — Саратов, 2013. – 100 с.

2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.

3. Мулярчик С.Г. Численное моделирование микроэлектронных структур. – Мн.: Университетское, 1989. – 368 с.

4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2 т./ под общ. ред. Ю.Н. Коркишко Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники/ Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 392 с., ил.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент

Должность, БУП

Короннов Алексей

Алексеевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой

Должность БУП

Попов Сергей Викторович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Доцент

Должность, БУП

Макеев Мстислав

Олегович

Фамилия И.О.