

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Радиационно-технологические процессы в электронике

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Технологии микро- и нанoeлектроники

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:  
зачет с оценкой 2

в том числе:

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дтн, доцент, Лагов Петр Борисович*

Рабочая программа

**Радиационно-технологические процессы в электронике**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.04.04-МЭН-22-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	подготовка выпускников к научно-исследовательской и научно-производственной деятельности в части разработки радиационных технологических процессов при создании полупроводниковых изделий микро- и нанoeлектроники
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники
2.1.3	Конструирование светоизлучающих устройств
2.1.4	Методы математического моделирования
2.1.5	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур
2.1.6	Физика квантоворазмерных полупроводниковых гетерокомпозиций
2.1.7	Конструирование фотопреобразователей
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике
2.2.2	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)
2.2.3	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.4	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.5	Эпионная технология в микро- и наноиндустрии
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика
2.2.8	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)
2.2.9	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)
2.2.10	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.11	Технология материалов экстремальной электроники

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 Современное состояние мировых разработок в области использования радиационно-технологических процессов в электронике.
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Характеристики основных видов ионизирующих излучений, основные механизмы передачи энергии и первичные радиационные эффекты
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Характеристики, технические возможности и ограничения основных изотопных и генерирующих источников радиационного воздействия, базовые и специальные термины
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 Основные подходы к решению проблемных ситуаций при разработке и применении радиационно-технологических процессов для электронных приборов.

<b>ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Особенности поведения основных электрофизических параметров полупроводников, диэлектриков и приборных структур при различных видах радиационного воздействия
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Рассчитывать физические параметры, характеризующие взаимодействие различных видов излучений с полупроводниковыми кристаллами
<b>ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Разрабатывать план экспериментальных радиационно-технологических исследований и оценивать результаты из измерений электрических параметров полупроводниковых устройств
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Выбирать оптимальный вид и источник радиационного воздействия для решения определенной технологической задачи
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Определять основную задачу в решении стоящей проблемы при разработке радиационно-технологических процессов при изготовлении полупроводниковых структур, уметь находить пути решения и анализировать эффективность принятого решения.
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Прогнозировать изменение основных параметров и характеристик полупроводниковых приборов при использовании радиационно-технологических процессов при производстве и применении изделий электронной техники.
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 Методами анализа основных результатов использования радиационно-технологических процессов при производстве и применении приборов электроники.
<b>ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навыками разработки оптимальных режимов и условий радиационного технологического процесса, обеспечивающих достижение требуемых значений электрических параметров полупроводниковых устройств
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Навыками экспериментального (расчетно-экспериментального) исследования комплекса основных параметров полупроводниковых приборов на этапах облучения и стабилизирующего отжига
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Применять на практике разработанные режимы проведения радиационно-технологических процессов для различных классов полупроводниковых приборов и ИС.
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Опытном расчете числа смещенных атомов и потерь энергии на ионизацию в полупроводниковых материалах и

структурах при заданных параметрах радиационного воздействия

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Виды излучений и радиационно-технологическое оборудование</b>							
1.1	Основные виды проникающих излучений. Единицы, способы измерения. Естественная радиационная обстановка на Земле и в космическом пространстве /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.2	Радиационно-технологическое оборудование. Изотопные источники ионизирующего излучения: устройства на основе источников альфа-, бета- и гамма-излучения. Преимущества и ограничения. /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2 Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.3	Радиационно-технологическое оборудование. Генерирующие источники ионизирующего излучения: ускорители заряженных частиц, генераторы нейтронов. Преимущества и ограничения. /Лек/	2	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2 Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.4	Вопросы техники безопасности при реализации радиационно-технологических процессов /Лек/	2	1	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.5	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности /Лаб/	2	1	ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.6 Э2			
1.6	1. Устройство ускорителя тяжелых ионов /Лаб/	2	4	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-В1	Л1.7 Э2			Р1
1.7	Подготовка к лабораторной работе 1 и ее защите /Ср/	2	7	ПК-1-31	Л1.7 Э1 Э2 Э3			
1.8	Устройство вакуумной двухкаскадной системы ускорителя ионов /Пр/	2	4	ПК-1-У1	Л1.7 Э2			Р2
1.9	Устройство вакуумной камеры и держателя образцов /Пр/	2	4	ПК-1-У1	Л1.7 Э2			Р3

	<b>Раздел 2. Формирование наноразмерных электрически активных комплексов в полупроводниках, прецизионная модификация электрофизических характеристик материалов и структур</b>							
2.1	Механизмы передачи энергии. Первичные радиационные эффекты в полупроводниковых кристаллах. Смещение атомов кристаллической решетки. Пороговая энергия. Максимальная и средняя энергия передаваемая атому облучаемого вещества. Каскадный процесс смещений /Лек/	2	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.2	Количественная оценка полного числа смещений в объеме полупроводника при облучении. Пробег частиц и формирование профиля распределения смещенных атомов /Лек/	2	1	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.3	Механизмы образования и физическая природа радиационных центров в полупроводниках. Области разупорядочения. Методы измерения параметров радиационных центров. Стабильность радиационных центров /Лек/	2	1	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31	Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.4	Влияние радиационных центров на электрофизические параметры полупроводников. Время жизни носителей заряда, удельное электросопротивление, подвижность. Полное и частичное восстановление электрофизических характеристик /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.5	Формирование профиля наноразмерных комплексов в полупроводниковых структурах /Лаб/	2	4	УК-1-31 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.7 Э2			Р4
2.6	Подготовка к лабораторной работе 2 /Ср/	2	7	УК-1-31 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.7 Э1 Э2 Э3			

2.7	Домашнее задание 1. Расчет смещений при облучении нейтронами /Ср/	2	8	УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р5
2.8	Домашнее задание 2. Расчет смещений при облучении электронами /Ср/	2	9	УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р6
2.9	Устройство источника тяжелых ионов и системы предварительного ускорения /Пр/	2	5	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Э1 Э2 Э3			Р7
	<b>Раздел 3. Контролируемое регулирование электрических параметров полупроводниковых структур при технологическом облучении и отжиге. Примеры радиационно-технологических процессов в электронике</b>							
3.1	Диодные структуры с различной шириной базовой области. Изменение прямой и обратной вольт-амперной характеристики. Характеристики переключения. Реакция вольт-фарадной характеристики /Лек/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
3.2	Биполярные транзисторы с различной шириной базовой области. Изменение вольт-амперных характеристик. Изменение динамических параметров. Регулирование коэффициента передачи в схеме с общим эмиттером /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
3.3	Радиационные изменения МОП-структурах. Влияние технологического облучения на диоксид кремния. Термостабильность радиационных изменений оксида кремния /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
3.4	Особенности радиационно-технологических процессов приборов силовой электроники /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			

3.5	Повышение радиационной стойкости изделий электронной компонентной базы с помощью радиационно-технологического процесса /Лек/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
3.6	Управление статическими и динамическими параметрами диодов с помощью радиационного технологического процесса /Лаб/	2	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.7 Л1.8 Э2			Р8
3.7	Управление статическими и динамическими параметрами биполярных транзисторов с применением радиационного технологического процесса /Лаб/	2	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.7 Л1.8 Э2			Р9
3.8	Подготовка к лабораторной работе 3 и ее защите /Ср/	2	7	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.7 Л1.8 Э1 Э2 Э3			
3.9	Подготовка к лабораторной работе 4 и ее защите /Ср/	2	7	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.7 Л1.8 Э1 Э2 Э3			
3.10	Домашнее задание 3. Расчет профиля распределения первичных вакансий и потерь энергии при ионном облучении /Ср/	2	12	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.4 Л1.7 Э1 Э2 Э3		КМ3	Р10
3.11	Устройство высоковольтной ускорительной системы и масс-сепаратора /Пр/	2	4	ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Э2			Р11

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------



КМ1	Защита домашнего задания №1	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика высокоэнергетического излучения частиц и квантов.</li> <li>2. Области применения высокоэнергетического излучения в полупроводниковой электронике.</li> <li>3. Физика взаимодействия высокоэнергетического электронного излучения с твердым телом.</li> <li>4. Взаимодействие гамма-квантов с твердым телом.</li> <li>5. Физика процессов взаимодействия протонного излучения с веществом.</li> <li>6. Взаимодействие быстрых нейтронов с полупроводниками.</li> <li>7. Взаимодействие медленных нейтронов с полупроводниками.</li> <li>8. Основы метода трансмутационного легирования в технологии изготовления кремния.</li> <li>9. Принцип работы источников нейтронного излучения.</li> <li>10. Методика расчета числа смещений атомов в полупроводниках при нейтронном облучении</li> </ol>
КМ2	Защита домашнего задания №2	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика высокоэнергетического излучения частиц и квантов.</li> <li>2. Физика взаимодействия высокоэнергетического электронного излучения с твердым телом.</li> <li>3. Принцип ускорения заряженных частиц в линейном ускорителе.</li> <li>4. Методика расчета числа смещений атомов в полупроводниках при воздействии высокоэнергетического электронного излучения</li> <li>5. Образование радиационных центров при электронном облучении.</li> <li>6. Влияние энергии и потока электронов на кинетику образования смещений атомов в полупроводниках.</li> <li>7. Устройство ускорителя электронов и принцип его работы.</li> </ol>
КМ3	Защита домашнего задания №3	ПК-1-В1;ОПК-1-31;УК-1-31;ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика высокоэнергетического излучения частиц и квантов.</li> <li>2. Физика процессов взаимодействия протонного излучения с веществом.</li> <li>3. Особенности расчета числа смещенных атомов в полупроводниках при воздействии протонного излучения.</li> <li>4. Взаимодействие ускоренных ионов с веществом.</li> <li>5. Распределение потерь энергии ионов при проведении ионной имплантации.</li> <li>6. Методика расчета профиля распределения ионов в полупроводниках.</li> <li>7. Изменение электрофизических параметров полупроводников при проведении ионного легирования.</li> <li>8. Необходимость проведения термического отжига после облучения полупроводников тяжелыми ионами.</li> <li>9. Методика проведения РТП при использовании тяжелых ионов.</li> <li>10. Принцип работы ускорителя тяжелых ионов.</li> <li>11. Методика расчета профиля распределения первичных вакансий и потерь энергии при ионном облучении</li> </ol>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа №1	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;ПК-4-В1	Устройство ускорителя тяжелых ионов
P2	Практическое занятие №1	ПК-1-У1	Устройство вакуумной двухкаскадной системы ускорителя ионов
P3	Практическое занятие №2	ПК-1-У1	Устройство вакуумной камеры и держателя образцов
P4	Лабораторная работа №2	ПК-2-В1;ПК-1-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1;УК-1-31;ПК-2-У1	Формирование профиля наноразмерных комплексов в полупроводниковых структурах

P5	Выполнение домашнего задания №1	ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1	Расчет смещений при облучении нейтронами
P6	Выполнение домашнего задания №2	ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1	Расчет смещений при облучении электронами
P7	Практическое занятие №3	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1	Устройство источника тяжелых ионов и системы предварительного ускорения
P8	Лабораторная работа №3	ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Управление статическими и динамическими параметрами диодов с помощью радиационного технологического процесса
P9	Лабораторная работа №4	ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Управление статическими и динамическими параметрами биполярных транзисторов с применением радиационного технологического процесса
P10	Выполнение домашнего задания №3	ПК-2-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ОПК-1-31;УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Расчет профиля распределения первичных вакансий и потерь энергии при ионном облучении /
P11	Практическое занятие №4	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ОПК-1-31	Устройство высоковольтной ускорительной системы и масс-сепаратора

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

экзамен не предусмотрен

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

При аттестации предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы; ответы излагает хоть и с ошибками, но уверенно, исправляя ошибки после дополнительных и наводящих вопросов; правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Родненков В. Г.	Основы радиационной безопасности: для студентов инженерно-технических специальностей: учебное пособие	Электронная библиотека	Минск: ТетраСистемс, 2011
Л1.2	Маврищев В. В., Соловьева Н. Г., Высоцкий А. Э.	Радиоэкология и радиационная безопасность: пособие для студентов вузов: учебное пособие	Электронная библиотека	Минск: ТетраСистемс, 2010
Л1.3	Беспалов В. И.	Лекции по радиационной защите: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Чмерева Т. М., Климова Т. В.	Задачи по радиационной физике: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017
Л1.5	Бондаренко Г. Г.	Радиационная физика, структура и прочность твердых тел: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2016
Л1.6	Гупало Т. А., Спешилов С. Л.	Контроль радиационной безопасности окружающей среды: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки бакалавров "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2002
Л1.7	Курносое А. И., Юдин В. В.	Технология производства полупроводниковых приборов: для вузов по спец. 'Полупроводники и диэлектрики' и 'Полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1979
Л1.8	Гаперо К. И., Диденко С. И.	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники. Радиационные эффекты в изделиях электронной техники: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подг. 210100 - Электроника и нанoeлектроника	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кулаков В. М., Ладыгин Е. А., Шаховцов В. И., др., Ладыгин Е. А.	Действие проникающей радиации на изделия электронной техники	Библиотека МИСиС	М.: Сов.радио, 1980
Л2.2	Горюнов Н. Н., Ладыгин Е. А., Макаров В. А., др. Е. А., Ладыгин	Основы радиационной технологии микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.3	Ладыгин Е. А., Паничкин А. В., Горюнов Н. Н., др. Е. А., Ладыгин	Основы радиационной технологии микроэлектроники: Разд.: Механизмы образования и физическая природа радиационных процессов в полупроводниковых структурах: курс лекций для студ. спец. 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.4	Ладыгин Е. А., Паничкин А. В., Горюнов Н. Н., др. Е. А., Ладыгин	Основы радиационной технологии микроэлектроники: Разд.: Первичные процессы образования радиационных центров в полупроводниковых кристаллах: курс лекций для студ. спец. 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.5	Ладыгин Е. А., Горюнов Н. Н., Паничкин А. В., Галеев А. П.	Основы радиационной технологии микроэлектроники: Разд.: Радиационные эффекты в интегральных микросхемах: курс лекций для студ. спец. 06.29	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1996
Л2.6	Ладыгин Е. А., Горюнов Н. Н., Паничкин А. В., Галеев А. П.	Основы радиационной технологии микроэлектроники: Разд.: Радиационные эффекты в МПД и КМД структурах интегральных схем: Лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.7	Ладыгин Е. А., Лагов П. Б., Мурашев В. Н.	Физические процессы в полупроводниках при облучении быстрыми частицами: Теория и расчет: Учеб.-метод. пособие для курс. и диплом. проектирования для студ. спец. 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л2.8	Ладыгин Е. А.	Обеспечение надежности электронных компонентов космических аппаратов: учеб. пособие для студ. спец. 200100 и 200200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ЭБС "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
Э2	Курс в LMS "Canvas"	<a href="https://lms.misis.ru/login/ldap">https://lms.misis.ru/login/ldap</a>
Э3	Электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	MATCAD

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Государственная система научно-технической информации (ГСНТИ), <a href="http://www.gsnti.ru">http://www.gsnti.ru</a>	
И.2	Рубрикатор научно-технической информации (ГРНТИ) <a href="http://www.grnti.ru">http://www.grnti.ru</a>	
И.3	Универсальная десятичная классификация (УДК) <a href="http://www.udk-codes.net">http://www.udk-codes.net</a>	
И.4	Библиотечно-библиографическая классификация (ББК) - <a href="http://ofernio.ru/portal/bbk.php">http://ofernio.ru/portal/bbk.php</a>	
И.5	eLIBRARY.RU: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	
И.6	Nano a nature research solution <a href="https://nano.nature.com">https://nano.nature.com</a>	
И.7	SpringLink <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>	
И.8	Курс "Фмзмка импульсного отжига" на платформе MLS Canvas	<a href="https://lms.misis.ru/login/ldap">https://lms.misis.ru/login/ldap</a>
И.9	Электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.10	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru">window.edu.ru</a>
И.11	ЭБС "Лань"	<a href="https://e.lanbook.co">https://e.lanbook.co</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office

Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-502	Научно-исследовательская лаборатория "Радиационные технологии в электронике":	ускоритель тяжелых ионов HVE-350; генератор импульсов Г5-48; осциллограф С1-75 (2шт); дозиметр СОЭКС-01М прайм; тепловизор Flir i5, -20...250 0С (100*100); пирометр инфракрасный бесконтактный термометр ДТ-8858; ПК
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При выполнении домашних заданий используется учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию "Физические процессы в полупроводниках при облучении быстрыми частицами: Теория и расчет".  
Ладыгин Е. А., Лагов П. Б., Мурашев В. Н. М.: Учеба 2001