

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 03.10.2023 10:10:23

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

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

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дтн, проф., 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 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, 11.04.04-МЭН-23-2.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.1.2	Микросхемотехника	
2.1.3	Планирование научной деятельности	
2.1.4	Приборные структуры на некристаллических материалах	
2.1.5	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках	
2.1.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.7	Силовые полупроводниковые приборы	
2.1.8	Технология наногетероструктур	
2.1.9	Физика наноструктур	
2.1.10	Методы математического моделирования	
2.1.11	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.12	Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов	
2.1.13	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

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

<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>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-2-31 Знать основные методики проведения исследований влияния излучения на изделия электронной техники	
<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-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-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-2-У1 Статистически обрабатывать и анализировать результаты исследований в области радиационной физики и	

технологии
<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
<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-2: Сспособен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 Методами измерения параметров приборов и приемами математического моделирования радиационных процессов

#### 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/	3	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.2	Радиационно-технологическое оборудование. Изотопные и генерирующие источники ионизирующего излучения: устройства на основе источников альфа-, бета- и гамма-излучения, ускорители заряженных частиц, генераторы нейтронов. Преимущества и ограничения. /Лек/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
1.3	Вопросы техники безопасности при реализации радиационно-технологических процессов /Лек/	3	1	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			
1.4	Устройство ускорителя тяжелых ионов. Источник ионов, система предварительного ускорения, масс-сепаратор, ускорительная система, вакуумная система, мишенная камера /Пр/	3	10	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.6 Э1			Р1
1.5	Домашнее задание 1. Расчет смещений при облучении нейтронами /Ср/	3	19	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-31	Л1.4 Л1.6 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р4

	<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/	3	1	ПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6Л2.1 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. Механизмы образования и физическая природа радиационных центров в полупроводниках. Области разупорядочения. Методы измерения параметров радиационных центров. Стабильность радиационных центров /Лек/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.3	Влияние радиационных центров на электрофизические параметры полупроводников. Время жизни носителей заряда, удельное электросопротивление, подвижность. Полное и частичное восстановление электрофизических характеристик /Лек/	3	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
2.4	Расчеты числа смещений в кремнии при облучении электронами /Пр/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Э1			Р2
2.5	Домашнее задание 2. Расчет смещений при облучении электронами /Ср/	3	20	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-У1	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р5

	<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/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л1.7Л2.1 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/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л1.7Л2.1 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/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л1.7Л2.1 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. Повышение радиационной стойкости изделий электронной компонентной базы с помощью радиационно-технологического процесса. /Лек/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2			
3.5	Практические примеры управления статическими и динамическими параметрами диодов с помощью радиационного технологического процесса. Оптимизация режимов обработки /Пр/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.6 Э1			Р3

3.6	Практические примеры управления статическими и динамическими параметрами биполярных транзисторов с применением радиационного технологического процесса. Оптимизация режимов обработки /Пр/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.6 Э1			Р3
3.7	Домашнее задание 3. Расчет профиля распределения первичных вакансий и потерь энергии при ионном облучении /Ср/	3	18	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Э1 Э2 Э3		КМ3	Р6

### 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 ДЗ №1	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-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 ДЗ №2	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-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>

КМЗ	Защита ДЗ №3.	ПК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-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>
-----	---------------	--	--

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическое занятие №1	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ОПК-2-31	"Устройство ускорителя тяжелых ионов"
P2	Практическое занятие №2	ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1	"Расчет числа смещений атомов полупроводника при электронном облучении"
P3	Практическое занятие №3	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-В1;ПК-2-У1	"Управление статическими и динамическими параметрами биполярных транзисторов с применением РТП"
P4	Домашнее задание №1	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-2-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-31	"Расчет числа смещений атомов при нейтронном облучении"
P5	Домашнее задание №2	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1	"Расчет числа смещений атомов при электронном облучении"
P6	Домашнее задание №3	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-1-31;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1	"Расчет профиля распределения первичных вакансий и потерь энергии при ионном облучении"

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

Билеты из 2-х вопросов

Электронная и бумажная версии билетов хранятся на кафедре ППЭ и ФПП

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

При аттестации (экзамене) 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
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	Курносков 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
Л1.7	Таперо 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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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
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	Курс в LMS "Canvas"	<a href="https://lms.misis.ru/login/ldap">https://lms.misis.ru/login/ldap</a>
Э2	ЭБС "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</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

### 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 natureresearch 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 "Фзмка 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
------	------------	-----------

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.
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
К-502	Лаборатория	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

### 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