

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:

d7a26b9e8ca85e98bc3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Радиационная обработка поверхности

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Физика конденсированного состояния

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

39

часов на контроль

54

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	20			
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	39	39	39	39
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дфмн, профессор, Вяткин А.Ф.*

Рабочая программа

**Радиационная обработка поверхности**

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 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций, предусмотренных учебным планом, а также формирование знаний по физическим основам взаимодействия лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел, о процессах формирования структуры и свойств материалов, их использованию в технике; о фазовых превращениях и структурообразовании в различных материалах при лазерном, электронном и ионном облучении твердых тел.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Методы исследования материалов	
2.1.2	Неравновесные конденсированные системы (II)	
2.1.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.1.4	Системы накопления и хранения электрической энергии	
2.1.5	Технологии получения материалов	
2.1.6	Экспериментальные методы физики твердого тела	
2.1.7	Атомно-кристаллическая структура твердых фаз	
2.1.8	Неравновесные конденсированные системы (I)	
2.1.9	Специальный физический практикум	
2.1.10	Фазовое равновесие в многокомпонентных системах	
2.1.11	Динамика решетки и электрон-фононное взаимодействие в твердых телах	
2.1.12	Дифракционные и спектроскопические методы исследования твердых тел	
2.1.13	Информационно-аналитические системы в материаловедении	
2.1.14	Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма	
2.1.15	Физика магнитных явлений. Часть 2. Магнетизм веществ	
2.1.16	Физические методы исследований	
2.1.17	Компьютерное моделирование в физическом материаловедении	
2.1.18	Магнитные материалы	
2.1.19	Методы теории электронной структуры твердых тел	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Научно-педагогическая практика	
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31 процессы формирования структуры и свойств материалов, их использованию в технике;	
<b>ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-31 направления развития радиоэлектронных систем	
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 физические основы взаимодействия лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел;	

<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств;
<b>ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У2 определять и оценивать параметры и характеристики лазеров, приемников оптического излучения, систем регистрации электрических сигналов;
ОПК-4-У1 работать с научно-технической информацией современных информационных технологий;
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 составлять отчеты и презентации по исследовательской работе;
ОПК-1-У2 анализировать фазовые превращения и структурообразование в различных материалах при лазерном, электронном и ионном облучении твердых тел;
<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 опытом проектирования систем квантовой радиофизики для решения физических и технических задач
<b>ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 опытом расчета и оценки влияния лазерных, электронных и ионных пучков на структуру и свойства поверхности твердых тел;
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 методами интерпретации измерительной информации определяемых параметров исследуемых сред, объектов;

#### 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. Основы физики взаимодействия лазерного излучения и электронных пучков с материалами</b>							
1.1	Основы физики лазерного излучения /Лек/	3	2	ОПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л2.3Л3. 1			
1.2	Подготовка к практическому занятию "Расчет величины дозы электронного пучка" /Ср/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.3			

1.3	Расчет величины дозы электронного пучка, необходимой для экспозиции слоя резиста толщиной 1 мкм /Пр/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.3Л2.4				Р1
1.4	Основы физики взаимодействия лазерного излучения и электронных пучков с материалами /Лек/	3	4	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.3 Э2				
1.5	Подготовка к практическому занятию "Расчет толщины и ширины зоны лазерного воздействия на железоуглеродистых сплавах" /Ср/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.3				
1.6	Расчет толщины и ширины зоны лазерного воздействия на железоуглеродистых сплавах /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.3				Р2
1.7	Применение лазерного излучения и электронных пучков в обработке поверхности материалов /Лек/	3	2	ОПК-1-31	Л1.4 Э1				
1.8	Подготовка к практическому занятию "Расчет скорости напыления покрытий при лазерном испарении" /Ср/	3	2	ОПК-4-31	Л1.4				
1.9	Расчет скорости напыления покрытий при лазерном испарении /Пр/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-В1	Л1.4Л2.4				Р3
1.10	Подготовка к практическому занятию "Расчет мощности лазерного излучения для получения заданной глубины закалки" /Ср/	3	4	ОПК-4-31	Л1.2 Л1.4Л2.2				
1.11	Расчет мощности лазерного излучения для получения заданной глубины закалки Контрольная работа 1 /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.2 Л1.4Л2.2		КМ1		Р4
1.12	Освоение теоретического материала раздела 1 /Ср/	3	6	ОПК-1-У1 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4				
	<b>Раздел 2. Основы физики взаимодействия ускоренных ионов с веществом</b>								
2.1	Радиационные дефекты в твердых телах и их эволюция /Лек/	3	2	ОПК-1-31	Л1.2 Л1.5Л2.1Л3.1				
2.2	Подготовка к практическому занятию "Расчет пробега ионов в аморфных мишенях" /Ср/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2				
2.3	Расчет пробега ионов в аморфных мишенях /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.5Л2.4				Р5
2.4	Обратное рассеяние ионов /Лек/	3	2	ОПК-1-У2	Л1.2 Л1.5				
2.5	Подготовка к практическому занятию "Расчет толщины пленки на поверхности подложки по спектрам обратного рассеяния ионов" /Ср/	3	3	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.2				

2.6	Расчет толщины пленки на поверхности подложки по спектрам обратного рассеяния ионов /Пр/	3	4	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.2Л2.4			Р6
2.7	Подготовка к практическому занятию "Расчет концентрации легирующей примеси в максимуме распределения" /Ср/	3	4	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Л2.4			
2.8	Расчет концентрации легирующей примеси в максимуме распределения /Пр/	3	2	ОПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.1 Л2.4			Р7
2.9	Каналирование ионов в кристалле /Лек/	3	2	ПК-2-31	Л1.2 Л1.5Л3.1			
2.10	Подготовка к практическому занятию "Расчет дозы имплантации ионов кислорода, необходимой для образования стехиометрического соединения оксида кремния на заданной глубине кремниевой мишени" /Ср/	3	4	ПК-2-У1	Л1.2 Л1.5 Э3			
2.11	Расчет дозы имплантации ионов кислорода, необходимой для образования стехиометрического соединения оксида кремния на заданной глубине кремниевой мишени /Пр/	3	4	ПК-2-У1	Л1.2 Л1.5 Э3			Р8
2.12	Распыление твердых тел ионной бомбардировкой /Лек/	3	3	ПК-2-31	Л1.2 Л1.5Л3.1			
2.13	Подготовка к практическому занятию "Расчет энергий и доз ионов для формирования слоев материала с однородным распределением по глубинах 100, 200, 300 нм на примере систем: кремний-бор, кремний-фосфор" /Ср/	3	4	ОПК-1-31	Л1.2 Л1.5 Э3			
2.14	Расчет энергий и доз ионов для формирования слоев материала с однородным распределением по глубинах 100, 200, 300 нм на примере систем: кремний-бор, кремний-фосфор. Контрольная работа 2. /Пр/	3	4	ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.2 Л1.5 Э3		КМ2	
2.15	Освоение теоретического материала раздела 2. Экзамен. /Ср/	3	6	ОПК-4-У2 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.5		КМ3	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-4-В1	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к контрольной работе 1 по разделу 1 "Основы физики взаимодействия лазерного излучения и электронных пучков с материалами"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Атомные переходы и процессы поглощения и излучения света.</li> <li>2. Активная среда, усиление слабого сигнала.</li> <li>3. Инверсная населенность.</li> <li>4. Оптический резонатор.</li> <li>5. Характеристики лазерного излучения: монохроматичность, яркость, интенсивность, когерентность и поляризованность.</li> <li>6. Временные характеристики лазерного излучения, модуляция добротности.</li> <li>7. Нагрев твердых тел лазерным излучением в отсутствии фазового перехода.</li> <li>8. Плавление твердых тел лазерным излучением. Задача Стефана.</li> <li>9. Испарение твердых тел лазерным излучением с а) миллисекундным импульсом и б) лазером с модулированной добротностью.</li> <li>10. Лазерная закалка сталей.</li> <li>11. Лазерная аморфизация, лазерное легирование, лазерно-плазменное легирование.</li> <li>12. Взаимодействие электронных пучков с твердыми телами.</li> <li>13. Плавление и испарение электронным пучком, кинжальное проплавление.</li> <li>14. Типы лазеров: газовые, твердотельные, полупроводниковые и др.</li> </ol>
КМ2	Контрольная работа 2	ПК-2-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У2	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к контрольной работе 2 по разделу 2 "Основы физики взаимодействия ускоренных ионов с веществом"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические процессы, сопровождающие взаимодействие ускоренных ионов с твердыми телами.</li> <li>2. Потеря энергии ионом в упругих столкновениях.</li> <li>3. Потери энергии ионом в неупругих столкновениях.</li> <li>4. Пробеги ионов в твердых телах и их распределение.</li> <li>5. Радиационные дефекты и их распределение и накопление в твердых телах при ионном облучении.</li> <li>6. Распыление аморфных мишеней ионной бомбардировкой. Теория Зигмунда.</li> <li>7. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. Энергетическая, угловая зависимости.</li> <li>8. Распыление монокристаллов ионной бомбардировкой.</li> <li>9. Распыление многокомпонентных мишеней ионной бомбардировкой.</li> <li>10. Обратное рассеяние ионов, однокомпонентная аморфная мишень.</li> <li>11. Обратное рассеяние ионов, многокомпонентная мишень, тонкая пленка на подложке.</li> <li>12. Каналирование ионов в монокристаллах. Эффект затенения.</li> <li>13. Каналирование ионов в монокристаллах. Эффект блокировки.</li> <li>14. Поверхностный пик при каналировании ионов в монокристаллах.</li> </ol>

КМ3	Экзамен	ПК-2-В1;ПК-2-У1;ОПК-4-У2	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Атомные переходы и процессы поглощения и излучения света.</li> <li>2 Активная среда, усиление слабого сигнала.</li> <li>3 Инверсная населенность.</li> <li>4 Оптический резонатор.</li> <li>5 Характеристики лазерного излучения: монохроматичность, яркость, интенсивность, когерентность и поляризованность.</li> <li>6 Временные характеристики лазерного излучения, модуляция добротности.</li> <li>7 Нагрев твердых тел лазерным излучением в отсутствии фазового перехода.</li> <li>8 Плавление твердых тел лазерным излучением. Задача Стефана.</li> <li>9 Испарение твердых тел лазерным излучением с а) миллисекундным импульсом и б) лазером с модулированной добротностью.</li> <li>10 Лазерная закалка сталей.</li> <li>11 Лазерная аморфизация, лазерное легирование, лазерно-плазменное легирование.</li> <li>12 Взаимодействие электронных пучков с твердыми телами.</li> <li>13 Плавление и испарение электронным пучком, кинжальное проплавление.</li> <li>14 Типы лазеров: газовые, твердотельные, полупроводниковые и др.</li> <li>15 Физические процессы, сопровождающие взаимодействие ускоренных ионов с твердыми телами.</li> <li>16 Потеря энергии ионом в упругих столкновениях.</li> <li>17 Потери энергии ионом в неупругих столкновениях.</li> <li>18 Пробеги ионов в твердых телах и их распределение.</li> <li>19 Радиационные дефекты и их распределение и накопление в твердых телах при ионном облучении.</li> <li>20 Распыление аморфных мишеней ионной бомбардировкой. Теория Зигмунда.</li> <li>21 Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. Энергетическая, угловая зависимости.</li> <li>22 Распыление монокристаллов ионной бомбардировкой.</li> <li>23 Распыление многокомпонентных мишеней ионной бомбардировкой.</li> <li>24 Обратное рассеяние ионов, однокомпонентная аморфная мишень.</li> <li>25 Обратное рассеяние ионов, многокомпонентная мишень, тонкая пленка на подложке.</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	ОПК-4-31;ОПК-4-У2	Расчет величины дозы электронного пучка, необходимой для экспозиции слоя резиста толщиной 1 мкм
P2	Практическое занятие 2	ОПК-4-В1;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У2	Расчет толщины и ширины зоны лазерного воздействия на железоуглеродистых сплавах
P3	Практическое занятие 3	ОПК-4-31;ОПК-4-В1	Расчет скорости напыления покрытий при лазерном испарении
P4	Практическое занятие 4	ОПК-4-В1;ОПК-4-31;ОПК-1-31;ОПК-4-У1	Расчет мощности лазерного излучения для получения заданной глубины закалки
P5	Практическое занятие 5	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Расчет пробега ионов в аморфных мишенях
P6	Практическое занятие 6	ПК-2-У1;ПК-2-31	Расчет толщины пленки на поверхности подложки по спектрам обратного рассеяния ионов
P7	Практическое занятие 7	ОПК-1-В1;ПК-2-В1	Расчет концентрации легирующей примеси в максимуме распределения
P8	Практическое занятие 8	ПК-2-У1	Расчет дозы имплантации ионов кислорода, необходимой для образования стехиометрического соединения оксида кремния на заданной глубине кремниевой мишени

P9	Практическое занятие 9	ОПК-1-В1;ПК-2-31;ОПК-1-У2	Расчет энергий и доз ионов для формирования слоев материала с однородным распределением по глубинах 100, 200, 300 нм на примере систем: кремний-бор, кремний-фосфор
----	------------------------	---------------------------	---

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

По курсу предусмотрен экзамен в 3 семестре. Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки. Пример экзаменационного билета № 13 приведен в приложении.

Экзаменационный билет включает:

Вопрос 1 - по разделу 1 "Основы физики взаимодействия лазерного излучения и электронных пучков с материалами";

Вопрос 2 - по разделу 2 "Основы физики взаимодействия ускоренных ионов с веществом".

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся 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.

Оценка «хорошо» - обучающийся 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.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Рэди Д., Анисимов С. И.	Действие мощного лазерного излучения	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974
Л1.2	Белый А. В., Калиниченко А. С., Девойно О. Г., Кукарко В. А.	Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий: монография	Электронная библиотека	Минск: Беларуская навука, 2017
Л1.3	Вяткин А. Ф.	Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.1: Основы физики лазерного излучения: Курс лекций для студ. спец. 5401, 0709, 0710	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.4	Вяткин А. Ф.	Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.2. Применение лазерных и электронных пучков для обработки поверхности материалов: Курс лекций для студ спец. 5401, 0709 и 0710	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.5	Вяткин А. Ф.	Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.3: Взаимодействие ионных пучков с поверхностью твердых тел: Курс лекций для студ. спец. 5401, 0709 и 0710	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Берлин Е. В., Сейдман Л. А., Коваль Н. Н., Иванов Ю. Ф.	Плазменная химико- термическая обработка поверхности стальных деталей: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2012
Л2.2	Вакс Е. Д., Миленский М. Н., Сапрыкин Л. Г.	Практика прецизионной лазерной обработки	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2013
Л2.3	Невоструев В. А.	Радиационная физикохимия материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014
Л2.4	Чмерева Т. М., Климова Т. В.	Задачи по радиационной физике: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Бондаренко Г. Г.	Радиационная физика, структура и прочность твердых тел: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2016

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

Э1	Григорьянц, А.Г. Лазерная прецизионная микрообработка материалов : монография / А.Г. Григорьянц, М.А. Казарян, Н.А. Лябин. – Москва : Физматлит, 2017. – 416 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485256">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485256</a> (дата обращения: 05.05.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9221-1699-2. – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485256">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485256</a>
Э2	Взаимодействие лазерного излучения с веществом / В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев. – Москва : Физматлит, 2008. – 308 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68145">http://biblioclub.ru/index.php?</a> <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68145">page=book&amp;id=68145</a> (дата обращения: 05.05.2020). – ISBN 978-5-9221-0934-5. – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68145">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68145</a>
Э3	Удовиченко, С.Ю. Пучково-плазменные технологии для создания материалов и устройств микро- и наноэлектроники : учебное пособие / С.Ю. Удовиченко ; Тюменский государственный университет. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2016. – 228 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574272">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574272</a> (дата обращения: 05.05.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-400-01349-2. – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574272">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574272</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office

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

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информгентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностранские базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>

И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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
Б-416	Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами оптической микроскопии:	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели
Б-413	Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии:	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

На лекциях из-за ограниченного времени удастся рассматривать лишь самые принципиальные и сложные для понимания базовые вопросы. Поэтому параллельно с изучением лекционного материала следует изучать учебник и теоретический материал, изложенный в описании практических работ, решать задачи и обсуждать возникшие вопросы с лектором на еженедельных консультациях. Наибольшее время самостоятельной работы в 3 семестре следует уделить теме посвященной лазерам, самостоятельно прорабатывая литературу, изучая физические принципы их работы и области технологических применений, ориентируясь в том числе и на научные публикации последних лет, предоставляемые преподавателем. Имеются демонстрационные компьютерные программы (модели) расчета пробегов ионов в твердых телах (TRIM, SRIM) в лаборатории ионной технологии Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (ИПТМ РАН).

В ИПТМ РАН имеются специализированные установки для научных исследований, использующие лазерные, электронные и ионные пучки.