


Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета инженерно-физического
факультета высоких технологий
от « 18 » мая 2021 г., протокол № 10

Председатель _____ /В.В. Рыбин/
(подпись)
« 18 » мая 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина:	«Материаловедение наноматериалов и наносистем»
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий (ИФФВТ)
Кафедра	Радиофизики и электроники
Курс	3

Направление (специальность): **03.03.03 «Радиофизика»**
код направления (специальности), полное наименование

Направленность
(профиль/специализация) **Нанoeлектроника**
полное наименование


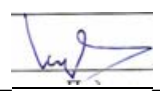
Форма обучения **очная**
очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)


Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2021 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 29.08 2022 г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 ____ г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 ____ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Махмуд-Ахунов М.Ю.	ФМ	Доцент, к.ф.-м.н.

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО)	 _____ /Гурин Н.Т./ Подпись ФИО « 11 » 05 2021 г.
« 30 » апреля 2021 г.	

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

- формирование у студентов систематизированных знаний и практических навыков в области общего материаловедения;
- формирование систематизированных знаний по физическим принципам получения наноматериалов, анализу их свойств и практическому применению;
- формирование у студентов навыков проведения научно-практических экспериментов;
- формирование комплексных профессиональных и общекультурных компетенций в сфере профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- познакомить студентов с основными особенностями кристаллической структуры и дефектами строения твердых тел, энергетическими условиями процесса кристаллизации и анализа фазовых превращений, а также их влияние на механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов;
- познакомить студентов с основными размерными эффектами, особенностями кристаллической структуры наноматериалов, с физической и химической сущностью процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах;
- освоение студентами основных теоретических представлений о физических процессах, определяющих закономерности поведения наноматериалов и наносистем в различных условиях эксплуатации;
- приобретение практических навыков по анализу свойств наноматериалов современными методами и технологиями, а также использованию теоретических положений для решения практических задач в профессиональной деятельности.


2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» относится к базовой части Блока 1 цикла подготовки бакалавров по направлению **28.03.02. «Наноинженерия»**, в котором изучаются физические основы общего материаловедения, а также физико-химические процессы получения наноматериалов и систем на их основе.

В разделе изучаются основы кристаллического строения твердого тела, дефекты, а также фазовые равновесия и структурообразование при кристаллизации. Рассматриваются размерные эффекты наноматериалов, фазовые превращения, происходящих в наноструктурированных и нанодисперсных материалах, и их влияния на физические (механические, электрические, магнитные, каталитические и др.) и технологические свойства. Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин:

- Введение в специальность
- Ознакомительная практика
- Теория колебаний
- Электричество и магнетизм
- Колебания и волны, оптика
- Электротехника и электроника
- Технологическая (проектно-технологическая) практика

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		


обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Физика конденсированного состояния вещества
- Высоковакуумные технологические процессы в нанотехнологии
- Методы диагностики в нанотехнологиях
- Основы электро- и радиоизмерений
- Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах
- Физико-химические основы нанотехнологий
- Физика активных элементов
- Интегральная и волоконная оптика
- Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок
- Физика полупроводников
- Микро- и нанoeлектроника
- Моделирование микро- и наносистем
- Оптоэлектронные устройства
- СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей
- Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
- Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей.
- Статистическая радиофизика и нанооптика
- Технологические системы в нанотехнологиях
- Электродинамика СВЧ

а также для прохождения учебной, производственной и преддипломной практик, государственной итоговой аттестации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-3 Использование методик комплексного анализа структуры и физико-химических свойств полупроводниковых наноструктур	Знать: принципы работы современной радиоэлектронной измерительной и испытательной аппаратуры и оборудования для проведения испытаний полупроводниковых наноструктур Уметь: проводить испытания полупроводниковых наноструктур с использованием современной техники электро- и радиоизмерений по существующим методикам Владеть: приемами и навыками эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования для испытаний полупроводниковых наноструктур.
ПК-5	Знать: основные технологические этапы серийно

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Проведение работ по модификации свойств полупроводниковых наноструктур	изготавливаемых полупроводниковых нанострукт. Уметь: осуществлять контроль параметров серийно изготавливаемых полупроводниковых наноструктур Владеть: методами модернизации серийно изготавливаемых полупроводниковых наноструктур.
--	---

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 5 ЗЕ.


4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)		
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам	
		1-4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	90/90	-	90/90
Аудиторные занятия:			
• Лекции (в т.ч. 0 ПрП)*	18/18	-	18/18
• практические и семинарские занятия (в т.ч. 0 ПрП)*	36/36	-	36/36
• лабораторные работы, практикумы (в т.ч. 0 ПрП)*	36/36	-	36/36
Самостоятельная работа	54/54	-	72/72
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др.(не менее 2 видов)	Устный опрос, тестирование, решение задач	-	Устный опрос, тестирование, решение задач
Курсовая работа	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	36/36	-	36/36
Всего часов по дисциплине	180/180	-	180/180

* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

*часы ПрП по дисциплине указываются в соответствии с УП, в случае, если дисциплиной предусмотрено выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий				
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме (в т.ч.)	Самостоятельная работа
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы		
1. Кристаллическое строение твердого тела	17	1	2	8	-	6
2. Дефекты в твердых телах	12	2	4	-	-	6
3. Механические свойства твердых тел	20	2	4	8	8	6
4. Диаграммы состояния	12	2	4	-	-	6
5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	12	2	4	-	-	6
6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	17	3	6	-	8	8
7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	25	3	6	8	8	8
8. Технология тонких пленок	29	3	6	12	12	8
Экзамен по дисциплине	36	-	-	-	-	-
ИТОГО:	180	18	36	36	36	54

5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела

Тема 1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индицирование направлений, плоскостей (тригонометрия). Решетки Браве. Примеры простых кристаллографических структур.

Раздел 2. Дефекты в твердых телах


Тема 3. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.

Тема 4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.

Тема 5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Тема 6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 7. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Тема 9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.

Раздел 4. Диаграммы состояния

Тема 10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.

Тема 11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

Тема 12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).

Тема 14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.

Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.

Тема 15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

Тема 16. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты

Тема 17. Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.


Тема 18. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Тема 19. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов

Тема 20. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.

Тема 21. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 23. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.

Тема 24. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение.

Раздел 8. Технология тонких пленок

Тема 25. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.

Тема 26. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

Тема 27. Пленки Ленгмюр-Блоджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.

Тема 28. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Тема 29. Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.

Тема 30. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.

Тема 31. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.

Тема 32. Литография. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела

Тема 1. Аморфные и кристаллические тела. Индексирование направлений, плоскостей в кристалле (дискуссия).

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)


1. Индексирование плоскостей в кристалле тремя методами: метод отрезков, по символам атомных рядов, по координатам трех узлов кристаллической решетки (КР).
2. Решетки Браве. Сингонии, элементы симметрии.
3. Особенности индексирования гексагональных КР

Раздел 2. Дефекты в твердых телах

Тема 3. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов по Шоттки.

Тема 6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

1. Аналитический вывод зависимости концентрации тепловых точечных дефектов от температуры.
2. Описание работы источника дислокаций по механизму скольжения и переползания.
3. Механизм возникновения дефектов упаковки и границ зерен.

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Количественные характеристики пластических свойств материалов.
2. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Раздел 4. Диаграммы состояния

Тема 11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

Тема 13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического типа).

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Метод построения диаграмм фазового состояния.
2. Количественное описание изменения состава и концентрации сплавов по диаграмме состояния.

Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей

Тема 15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

Тема 16. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Классификация сталей, области применения.
2. Расшифровка марок сталей.

Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты


Тема 17. Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.

Тема 18. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Вывод соотношения для температуры плавления нанокластера.
2. Удельная поверхность. Распределение по размерам.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 21. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Консолидация объемных наноматериалов.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Технологические особенности мельниц для получения наночастиц.
2. Методики синтеза дисперсных наноматериалов.

Раздел 8. Технология тонких пленок

Тема 26. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

Тема 28. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Механизм роста эпитаксиальных пленок. Технологические особенности реализации.
2. Электрохимические методы формирования пористых наноструктур. Механизмы порообразования. Возможность получения тонких композитных пленок.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Тема 7. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Тема 9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.

Лабораторная работа №1. Определение параметров упругости, пластичности и прочности материалов по диаграмме растяжения.


Цель работы: изучение поведения конструкционных материалов при испытании на растяжение; ознакомление со стандартными методиками определения характеристик упругости, прочности и пластичности.

Результаты лабораторной работы: освоение основ работы на машине растяжения, получение и обработка экспериментальных данных, оценка основных характеристик упругости, прочности и пластичности.

Раздел 4. Диаграммы состояния

Тема 10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.

Лабораторная работа №2. Применение термоэлектрического эффекта для измерения температуры.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Цель работы: изучение основных свойств термопар и возможностей их использования при решении различных научных и технологических задач; изготовление и градуировка термопар.

Результаты лабораторной работы: построение градуировочной кривой для данной термопар абсолютным методом с помощью системы точек фиксируемых температур, определяемых фазовыми переходами различных веществ; определение типа термопары.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов

Тема 23. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.

Лабораторная работа №3. Получение и спектрофотометрические исследования наночастиц металлов.

Цель работы: познакомиться с методами химического получения коллоидных наночастиц.

Результаты лабораторной работы: освоение химического способа получения коллоидных наночастиц методом осаждения и анализ размера спектрофотометрическим способом.

Раздел 8. Технология тонких пленок

Тема 25. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.

Лабораторная работа №4. Измерение толщин окисных и металлических пленок.

Цель работы: познакомиться с методами контроля толщины окисных и металлических пленок.

Результаты лабораторной работы: освоение методики контроля толщины окисных пленок (оксид кремния) цветовым методом; измерение толщин металлических пленок интерференционным методом.

Тема 28. Анодные окисные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Лабораторная работа №5, 6. Физико-химические основы процесса получения оксида алюминия методом анодного окисления. Анализ полученных структур методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)

Цель работы: изучение принципов получения двумерных структур оксида алюминия методом анодного окисления, изучение физико-химических основ анодного окисления вещества; изучение принципа работы СЗМ.


Результаты лабораторной работы: освоение методики анодного самоформирования оксидных наноструктур; исследование топологии поверхности методами СЗМ; исследование влияния режимов анодного травления и состава электролита на параметры формируемых наноструктур.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Для выполнения курсового проектирования студенты закрепляются за преподавателями кафедры, имеющими соответствующую ученую степень/звание. Тематика курсовых работ определяется в соответствии с научными интересами руководителя. Оценивание курсовых работ осуществляется на заседании кафедры после публичного доклада студентов и коллегиального обсуждения результатов работы.

Примерная тематика курсовых работ:

1. Исследование изменения поверхностной энергии на границе раздела жидкость-твердое

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

тело в электрическом поле (эффект электросмачивания)

Цель: изучение физических основ возникновения явления электросмачивания на диэлектрике и технологических особенностей понижения рабочего напряжения.

Задачи:

- Отработка технологии реализации и наблюдения эффекта электросмачивания на простых системах.
- Отработка технологии синтеза диэлектрических пленок на различных материалах.
- Построение зависимостей краевого угла смачивания от напряжения.

2. Синтез композиционных материалов методом электрохимического катодного осаждения из растворов в пористые анодные оксидные матрицы вентильных металлов (Ал, В, С, Fe, Ni, Ti). создание композиционных материалов на основе тонких наноструктурированных пленок оксидов металлов.

Задачи:

- Отработка технологии синтеза пористых пленок оксидов алюминия (титана).
- Отработка технологии осаждения частиц металлов в сформированные поры.
- Анализ полученных пленок методами СЗМ.

3. Формирование проводящих слоев оксида олова методом электрохимической анодной обработки.

Цель: создание тонких прозрачных проводящих пленок на основе оксидов олово/индий.

Задачи:

- Отработка технологии синтеза тонких пленок олово/индий.
- Отработка технологии анодного окисления, подбор режимов.
- Анализ электрических свойств полученных пленок.

4. Исследование влияния упорядоченных поверхностных неоднородностей на поверхности металлов на значение поверхностной энергии.

Цель: формирование гидрофобных и гидрофильных поверхностей.

Задачи:

- Отработка технологии создания поверхностных неровностей различными методами: анодное окисление, лазерная абляция, селективное травление и др.
- Измерение краевых углов смачивания, проведение корреляции с параметрами полученных неровностей.

5. Синтез пористых анодных оксидных пленок на титане методов плазменно-электролитического оксидирования в растворах без фторид-ионов

Цель: Формирование пористого оксида титана в электролитной плазме.


Задачи:

- Отработка технологии плазменно-электролитической обработки материалов, снятие ВАХ.
- Анализ поверхности методами СЗМ.
- Оценка влияние плазмы на формирование пористой структуры.

6. Исследование поверхностного упрочнения металлов под действием плазменно-электролитической обработки в растворах электролитов.

Цель: Формирование поверхностно-упрочненного слоя металла методами электролитно-плазменной обработки.


Задачи:

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

- Отработка технологии плазменно-электролитической обработки материалов, снятие ВАХ.
- Оценка механических свойств путем испытания на твердость, растяжение.
- Описание механизмов изменения механических свойств.


9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индицирование направлений, плоскостей (три способа).
2. Решетки Бравэ. Примеры простых кристаллографических структур.
3. Дефекты в твердых телах. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.
4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргера.
5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.
7. Механические свойства твердых тел. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.
8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Хрупкое разрушение.
9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.
10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.
11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.
12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации.
13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).
14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.
15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Классификация по структуре, по количеству легирующих элементов, по назначению. Маркировка легированных сталей.
16. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.
17. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

18. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.
19. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов.
20. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.
21. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.
22. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение
23. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.
24. Эпитаксия. Гомо- и гетерозпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.
25. Пленки Ленгмюр-Блоджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.
26. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА.
27. ~~Применение ПАОА~~ Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.
28. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.
29. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.
30. Осаждение. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ


Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (<i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i>)	Объем в часах	Форма контроля (<i>проверка решения задач, реферата и</i>
Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 2. Дефекты в твердых телах	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 3. Механические свойства твердых тел	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 4. Диаграммы состояния	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение
Раздел 8. Производство тонких пленок	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение

задач

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

а) Список рекомендуемой литературы

Основная:

1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцева, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>
2. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 190 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434532>
3. Глущенко, А. Г. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75388.html>

Дополнительная:

1. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
2. Филяк, М. М. Получение и исследование анодного оксида алюминия : практикум / М. М. Филяк, О. Н. Каныгина. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 104 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/33650.html>
3. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html>

Учебно-методическая:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по технологии наноматериалов для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов, А. А. Соловьев, В. В. Рыбин, Т. М. Василевская; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6000>
2. Махмуд-Ахунов М. Ю. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем» для студентов бакалавриата всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6411>
3. Тарасова, Н. В. Оптические методы исследований наноматериалов и наносистем : методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем» / Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 23 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74408.html>


Согласовано:





Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

б) Программное обеспечение

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

не предусмотрено

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2021]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2021]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2021]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2021]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. Русский язык как иностранный : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2021].


3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2021]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2021]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2021]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Национальная электронная библиотека : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2021]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

5. **SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebSCO.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:


6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Зам. начальника / Ключкова А.В. /  / _____
 Должность сотрудника УИТиТ / ФИО / подпись / дата

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.


Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории.

Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

1. Сканирующий туннельный микроскоп СТМ «УМКА»
2. Мини-анализатор размеров частиц «PhotocorMini»
3. Модуль синтеза наноразмерных частиц.
4. Микроинтерферометр МИИ-4.
5. Атомно-силовой микроскоп NanoEducator
6. Испытательная машина типа ИМАШ-20-78
7. Вакуумный универсальный пост ВУП-5.
8. Микроинтерферометр МИИ-4.
9. Микроскоп МБС-10.

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

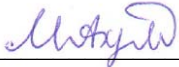
Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		


– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей

Разработчик  доцент, Махмуд-Ахунов Марат Юсупович
подпись должность, ФИО

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2022]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2022].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2022]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. – Москва, [2022]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2022]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

