

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебно-методической работе

*А. А. Панфилов*  
А. А. Панфилов

« 11 » *декабря* 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Физико-химические процессы в технологии электронных средств»

Направление подготовки: 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Профиль подготовки - "Проектирование и технология электронных средств"

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед, (час)	Лек- ций, час.	Практ. занятий, час.	Лабор. работ, час.	СРС, час.	Форма проме- жуточного кон- троля (экз/зачёт)
4	5/180	36	36	18	63	экзамен (27час.)
<b>Итого:</b>	5/180	36	36	18	63	экзамен(27час.)

Владимир, 2015

*Набор 20132*

*Handwritten signature*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Физико-химические процессы в технологии электронных средств» являются:

- формирование у студентов знаний о физико-химических закономерностях процессов, отражающих сущность явлений, составляющих основу современной технологии электронных средств, принципах термодинамического и кинетического описания и анализа технологических процессов;
- приобретение студентами навыков анализа физических и химических явлений и эффектов, лежащих в основе технологических процессов, оценки их параметров;
- формирование представлений о современных тенденциях развития технологии электроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физико-химические процессы в технологии электронных средств» относится к вариативной части ОПОП ВО (код Б1.В.ОД4, обязательная дисциплина) и изучается в 4-м семестре. Необходимые для освоения дисциплины знания, умения и готовности обучающегося приобретаются в результате изучения физики, химии, математики, прохождения учебно-ознакомительной практики. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения курсов «Физические основы материаловедения», «Технология конструктивных элементов электронных средств», «Конструктивно-технологическое проектирование ячеек электронных средств», «Технология производства электронных средств».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Коды компетенций по ФГОС	Компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	<b>Знать:</b> физико-химические закономерности процессов, отражающие сущность явлений, составляющих основу технологии электронных средств <b>Уметь:</b> выявить естественно - научную сущность технологических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности <b>Владеть:</b> навыками анализа физических и химических явлений и эффектов, лежащих в основе технологических процессов, оценки
ПК-2	Готовность проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты	<b>Уметь:</b> проводить эксперименты по исследованию физико-химических процессов, анализировать результаты, составлять отчеты
ПК-3	Готовность формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях	<b>Уметь:</b> собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования в области макро-, микро - и нанотехнологий <b>Владеть:</b> навыками представления результатов информационного поиска по тенденциям развития технологии электроники в виде презентаций

ПК-10	Способность выполнять работы по технологической подготовке производства	<i>Уметь:</i> анализировать физико-химические закономерности технологических процессов, оценивать параметры технологических операций
-------	---	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Основы химической термодинамики технологических процессов	4	1-5	10	10	4		2		7/29	
2	Физико-химические процессы формирования новой фазы на поверхности подложки	4	6-12	12	8	4		4		9/36	Рейтинг-контроль №1
3	Физико-химические процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы	4	13, 14	4	6	2		4		4/33	Рейтинг-контроль №2
4	Процессы введения примесей в полупроводниковые материалы	4	15, 16	4	6	4		6		4/29	
5	Физико-химические основы литографических процессов	4	17, 18	4	6	4		6		4/29	Рейтинг-контроль №3
Всего:		4	18	36	36	18		63		28/31	экзамен(27час.)

#### 4.1. Теоретический курс: содержание разделов и тем дисциплины

##### Введение

Роль физико-химических процессов в технологии электронных средств. Основные группы технологических процессов в производстве микроэлектроники: нанесение и модификация материалов, формообразование, получение требуемой конфигурации элементов, введение примесей в материал, удаление материала с поверхности, соединение материалов. Использование достижений физики и химии в технологии производства электронных средств.

#### Раздел 1. Основы химической термодинамики технологических процессов

##### 1.1. Основные понятия термодинамики

Элементы термодинамики и термодинамический подход к описанию технологических процессов производства электронных средств. Технологический процесс как термодинамическая система. Внутренняя энергия системы. Закрытые и открытые системы. Гомогенные и гетерогенные системы.

### ***1.2. Постулаты и законы термодинамики***

Первый закон термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Второй закон термодинамики. Понятие энтропии. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Постулат Планка. Характеристические функции и термодинамические потенциалы системы.

### ***1.3. Основы термодинамики растворов и неравновесных систем***

Условия равновесия гетерогенных термодинамических систем. Правило фаз. Степени свободы. Диаграммы состояния систем. Однокомпонентные системы. Растворы. Состав пара растворов.

### ***1.4. Фазовые равновесия в конденсированных системах***

Растворимость твёрдых веществ. Кристаллизация из растворов. Диаграммы состояния бинарных систем с эвтектикой. Термодинамический анализ. Кривые охлаждения.

### ***1.5. Твердо- и жидкофазные взаимодействия в процессах пайки и сварки***

Виды сварки по характеру физико-химического взаимодействия соединяемых материалов. Фазовые диаграммы бинарных систем соединяемых сваркой материалов. Характер физико-химического взаимодействия припоя с поверхностью паяемого материала. Типы диаграмм фазового равновесия систем при пайке

## **Раздел 2. Физико-химические процессы формирования новой фазы на поверхности подложки**

### ***2.1. Физико-химические основы поверхностных процессов***

Термодинамика чистой поверхности. Термодинамические параметры поверхности. Поверхностное натяжение. Закономерности и природа адсорбции. Виды адсорбции. Закономерности и природа адгезии. Термодинамика образования зародышей плёнки. Критический радиус и критическая энергия зародыша. Сила связи атомов с поверхностью, поверхностная миграция адсорбированных частиц.

### ***2.2. Физико-химические основы термовакuumного испарения и осаждения материалов***

Испарение металлов в вакууме. Механизм испарения. Понятие о равновесном давлении пара, насыщенном паре. Температура испарения, скорость испарения. Испарение сплавов и химических соединений. Законы распределения конденсированного вещества на подложке. Электронно-лучевые и лазерные методы испарения.

### ***2.3. Методы ионного распыления***

Структура тлеющего разряда. Коэффициент ионного распыления и его зависимость от материала мишени, энергии бомбардирующих мишень атомов, угла их падения, состояния поверхности и температуры мишени. Катодное, ионно-плазменное, магнетронное распыление.

### ***2.4. Химические методы осаждения плёнок***

Кинетика гомогенных химических реакций. Константа скорости реакции. Энергия и механизмы активации. Химическое осаждение. Каталитические реакции в присутствии активаторов и сенсibilизаторов. Некаталитические реакции. Осаждение из паровой фазы. Полимеризация, химическое восстановление, разложение, окисление.

### ***2.5. Электролитические процессы***

Электролитическая диссоциация. Химические процессы при электролизе. Количественные законы электролиза. Поляризационные процессы при электролизе. Электрохимическое осаждение металлических плёнок. Электрохимическое анодирование. Электрохимическая коррозия металлов.

## **2.6. Физико-химические основы эпитаксиальных процессов**

Понятие эпитаксии. Гомоэпитаксия, гетероэпитаксия, хемоэпитаксия. Эпитаксия из газовой, жидкой и твердой фазы. Влияние технологических факторов на скорость роста эпитаксиальной плёнки. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

## **Раздел 3. Физико-химические процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы**

### **3.1. Физико-химические процессы удаления загрязнений твердой фазы**

Виды и источники загрязнений. Механические и химические загрязнения. Основные принципы технологии очистки. Классификация методов очистки поверхности. Основные процессы очистки полупроводниковых, диэлектрических и металлических поверхностей.

### **3.2. Химические методы травления**

Закономерности жидкостного травления. Скорость травления, селективное травление, локальное травление. Анизотропное травление. Термодинамика анизотропного травления. Газовое травление.

### **3.3. Методы ионного и плазменного травления**

Ионно-плазменное и плазмохимическое травление, реактивное ионно-плазменное травление, реактивное ионно-лучевое травление. Параметры процессов травления.

## **Раздел 4. Процессы введения примесей в полупроводниковые материалы**

### **4.1. Закономерности и механизмы диффузии**

Термическая диффузия. Механизмы диффузии атомов в кристалле. Коэффициент диффузии примеси в кристалле. Уравнение Аррениуса. Физико-математические основы процессов диффузии. Законы Фика. Диффузия из ограниченного и неограниченного источников. Двухстадийная диффузия.

### **4.2. Физические основы ионной имплантации**

Математическая модель процесса ионной имплантации. Распределение концентрации примесей при внедрении в мишень. Эффект каналирования. Аморфизация и рекристаллизация полупроводникового материала после имплантации.

## **Раздел 5. Физико-химические основы литографических процессов**

### **5.1. Воздействие излучения на актиночувствительные материалы**

Фотохимическое воздействие на вещество. Основные типы фотохимических реакций. Чувствительные к излучению материалы. Фоторезисты, рентгенорезисты, электронорезисты, ионорезисты. Типы и свойства резистов.

### **5.2. Основные процессы литографии**

Операции нанесения, экспонирования, проявления фотолитографического процесса. Физические основы электронно-лучевой рентгено-лучевой, ионно-лучевой литографии. Лазерная микролитография. Голографическая литография.

## **4.2. Практические занятия**

Практические занятия, являясь формой индивидуально-группового обучения, имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей. Целью практических занятий является приобретение студентами навыков анализа физических и химических явлений и эффектов, лежащих в основе технологических процессов, оценки их параметров.

### **Перечень тем практических занятий**

1. Энергетические характеристики термодинамических систем.
2. Законы термодинамики.
3. Термодинамические параметры

4. Термодинамические параметры поверхности.
5. Диаграммы равновесия жидкость-пар в бинарных системах.
6. Правило фаз Гиббса.
7. Диаграммы фазового равновесия бинарных систем.
8. Методика расчета массы кристаллизовавшегося компонента по диаграмме состояния бинарной системы.
9. Диаграммы фазового равновесия припойных сплавов.
10. Термодинамика и кинетика термического вакуумного напыления пленок.
11. Термодинамика и кинетика процесса химического осаждения металлов.
12. Законы электрохимического осаждения металлов.
13. Законы диффузии.
14. Распределение примеси в полупроводнике после двойной последовательной диффузии.
15. Законы ионной имплантации.
16. Методы литографии в микро - и нанотехнологиях.
17. Основные параметры фоторезисторов.
18. Операции фотолитографического процесса.

### **4.3 Лабораторные занятия**

Лабораторные занятия имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей.

#### ***Перечень лабораторных работ***

1. Исследование диаграммы кипения двухкомпонентной системы.
2. Физико-химические основы термического вакуумного напыления пленок.
3. Физико-химические процессы в пленарно-эпитаксиальной технологии микросхем.
4. Физико-химические процессы в производстве КМДП - микросхем.

Отчёты по лабораторным работам индивидуальные и должны соответствовать требованиям стандартов. Защита выполненных лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Студенты допускаются к выполнению следующей лабораторной работы после защиты выполненной работы.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Предусматривается использование активных и интерактивных форм обучения при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий. На практических занятиях также используется проблемно-ориентированный подход, стимулирование активности путём привлечения к обсуждению проблем, возникающих в процессе выполнения заданий, на лабораторных занятиях применяются мультимедиа технологии (видеофильмы, презентации электронные альбомы и др.). Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерных классов кафедры (а.330-3, 503-3).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### ***Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:***

- а) устный опрос студентов на лекциях по изучаемому материалу;
- б) оценка выполнения заданий на практических занятиях;

- в) оценка выполнения и защиты лабораторных работ;
- г) оценка выполнения и защиты курсовой работы;
- д) проведение рейтинг – контроля.

### Перечень вопросов для рейтинг – контроля

#### *Рейтинг-контроль №1*

1. Понятие химической термодинамики.
2. Первый закон термодинамики.
3. Закон Гесса.
4. Второй закон термодинамики.
5. Понятие энтропии.
6. Статистический характер 2 закона термодинамики.
7. Термодинамические характеристические функции.
8. Уравнение Гиббса – Гельмгольца.
9. Условия фазового равновесия гетерогенных систем.
10. Правило фаз Гиббса.
11. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.
12. Диаграмма состояния бинарного сплава.
13. Правило рычага.
14. Основные типы диаграмм состояния бинарных систем.
15. Фазовые диаграммы бинарных систем соединяемых сваркой материалов.
16. Типы диаграмм фазового равновесия систем при пайке

#### *Рейтинг-контроль №2*

1. Виды адсорбции.
2. Поверхностная энергия Гиббса.
3. Жидкие растворы.
4. Диаграмма кипения двойного раствора.
5. Структура жидкости.
6. Структура жидких кристаллов.
7. Основные типы кристаллической решетки.
8. Процесс испарения вещества.
9. Конденсация пара на подложке.
10. Физико – химические основы катодного распыления.
11. Физико – химические основы ионно – плазменного распыления.
12. Физико – химические основы магнетронного распыления.
13. Виды и методы эпитаксии.
14. Влияние физико – химических факторов на структуру и свойства пленок.
15. Механизмы диффузии примесных атомов в твердых телах.
16. Законы диффузии.
17. Основные законы ионной имплантации.

#### *Рейтинг-контроль №3*

1. Термодинамика химических реакций.
2. Кинетика химических реакций.
3. Осаждение пленок из газовой фазы.
4. Химическое осаждение металлических пленок из растворов.
5. Электропроводность электролитов.
6. Химические процессы при электролизе.
7. Количественные законы электролиза.
8. Электрохимическая коррозия.
9. Виды фотохимических реакций.
10. Сущность и виды литографии.

11. Свойство фоторезисторов.
12. Основные параметры фоторезисторов.
13. Сущность основных операций фотолитографии.

### Экзамен

Экзамен проводится по билетам. Студент должен продемонстрировать знание физико-химических закономерностей процессов, составляющих основу современной технологии электронных средств, принципов термодинамического и кинетического описания и анализа технологических процессов; умение оценивать их параметры. Студент должен знать современные тенденции развития технологии электроники.

### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия термодинамики.
2. Законы термодинамики.
3. Энтропия. Статистический характер 2-го закона. Постулат Планка.
4. Характеристические функции и термодинамические потенциалы системы.
5. Условие равновесия термодинамических систем. Правило фаз Гиббса.
6. Диаграммы состояния однокомпонентных систем.
7. Диаграммы состояния бинарной системы, компоненты которой растворимы в жидком состоянии и образуют механическую смесь в твёрдом. Правило рычага.
8. Основные типы диаграмм состояния бинарных систем.
9. Виды адсорбции.
10. Термодинамические параметры поверхности.
11. Растворы и их применение в технологии ЭС. Диаграмма кипения двухкомпонентной системы.
12. Виды сварки по характеру физико-химического взаимодействия соединяемых материалов. Фазовые диаграммы бинарных систем соединяемых сваркой материалов.
13. Характер физико-химического взаимодействия припоя с поверхностью паяемого материала. Типы диаграмм фазового равновесия систем при пайке.
14. Кристаллические решётки. Типы симметрии и виды решёток. Индексы Миллера.
15. Дефекты структуры кристаллов. Влияние дефектов на свойства кристаллов.
16. Пространственное расположение частиц в жидкостях. Структура жидких кристаллов
17. Термическое вакуумное напыление тонких плёнок. Термодинамика процесса испарения
18. Термическое вакуумное напыление тонких плёнок. Кинетика процесса испарения. Законы Ламберта-Кнудсена.
19. Термическое вакуумное напыление. Конденсация пара на подложке.
20. Физико-химические основы катодного распыления.
21. Физико-химические основы ионно-плазменного распыления.
22. Магнетронное распыление вещества. Достоинства и недостатки методов ионного распыления.
23. Физико-химические основы эпитаксии. Виды эпитаксии.
24. Методы проведения эпитаксии.
25. Особенности структуры и электрофизические свойства тонких пленок. Влияние технологических факторов на структуру и свойства пленок.
26. Диффузия в твердых телах. Механизмы диффузии.
27. Законы диффузии. Коэффициент диффузии и его температурная зависимость. Уравнение Аррениуса.
28. Диффузия из ограниченного и неограниченного источников. Расчет распределения концентрации примеси и его графическая интерпретация.
29. Использование диффузии для введения примеси в полупроводниковые кристаллы. Способы проведения диффузии.
30. Основные закономерности ионной имплантации.



31. Параметры процесса и оборудование для ионного легирования. Достоинства и недостатки ионного легирования.
32. Теоретические основы химического осаждения тонких пленок. Термодинамика химических реакций.
33. Теоретические основы химического осаждения тонких пленок. Кинетика химических процессов.
34. Химическое осаждение плёнок из газовой фазы.
35. Химическое осаждение металлических плёнок из растворов.
36. Электролитическая диссоциация. Слабые и сильные электролиты.
37. Электропроводность электролитов.
38. Химические процессы при электролизе.
39. Количественные законы электролиза. Поляризация.
40. Электрохимическая коррозия металлов. Защита от коррозии.
41. Основные типы фотохимических реакций.
42. Сущность процесса литографии. Виды литографии.
43. Типы, свойства, основные параметры фоторезистов.
44. Основные операции фотолитографии.

### **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов включает закрепление теоретического материала, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, выполнение заданий по тематике практических занятий, выполнение курсовой работы. Основа самостоятельной работы - изучение литературы и работа с конспектом лекций, работа со справочно-информационной литературой.

#### *Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.*

### **Раздел 1. Основы химической термодинамики технологических процессов**

1. Элементы термодинамики и термодинамический подход к описанию технологических процессов производства электронных средств.
2. Законы термодинамики.
3. Статистический характер второго закона термодинамики.
4. Характеристические функции и термодинамические потенциалы системы.
5. Условия равновесия гетерогенных термодинамических систем.
6. Диаграммы состояния систем.
7. Диаграммы состояния однокомпонентных систем.
8. Растворы. Состав пара растворов.
9. Диаграммы состояния бинарных систем с эвтектикой.
10. Диаграммы состояния бинарных систем с образованием химических соединений.
11. Термодинамический анализ. Кривые охлаждения.
12. Виды сварки по характеру физико-химического взаимодействия соединяемых материалов.
13. Фазовые диаграммы бинарных систем соединяемых сваркой материалов.
14. Типы диаграмм фазового равновесия систем при пайке.

### **Раздел 2. Физико-химические процессы формирования новой фазы на поверхности подложки**

1. Термодинамические параметры поверхности.
2. Закономерности и природа адсорбции.
3. Закономерности и природа адгезии.
4. Термодинамика образования зародышей плёнки.
5. Механизм испарения металлов в вакууме.
6. Испарение сплавов и химических соединений.
7. Законы распределения конденсированного вещества на подложке.

8. Электронно-лучевые и лазерные методы испарения.
9. Катодное, ионно-плазменное, магнетронное распыление.
10. Кинетика химических реакций.
11. Химическое осаждение из газовой фазы.
12. Химическое осаждение из жидкой фазы.
13. Химические процессы при электролизе.
14. Количественные законы электролиза.
15. Электрохимическая коррозия металлов.
16. Гомоэпитаксия, гетероэпитаксия, хемоэпитаксия.
17. Эпитаксия из газовой, жидкой и твердой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

### **Раздел 3. Физико-химические процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы**

1. Виды и источники загрязнений.
2. Основные процессы очистки полупроводниковых, диэлектрических и металлических поверхностей.
3. Закономерности жидкостного травления.
4. Анизотропное травление.
5. Газовое травление.
6. Ионно-плазменное и плазмохимическое травление.
7. Реактивное ионно-плазменное травление, реактивное ионно-лучевое травление.

### **Раздел 4. Процессы введения примесей в полупроводниковые материалы**

1. Механизмы диффузии атомов в кристалле.
2. Физико-математические основы процессов диффузии.
3. Диффузия из ограниченного и неограниченного источников.
4. Двухстадийная диффузия.
5. Математическая модель процесса ионной имплантации.
6. Распределение концентрации примесей при внедрении в мишень.

### **Раздел 5. Физико-химические основы литографических процессов**

1. Фотохимическое воздействие на вещество.
2. Основные типы фотохимических реакций.
3. Фоторезисты, рентгенорезисты, электронорезисты, ионорезисты.
4. Типы и свойства фоторезистов.
5. Операции нанесения, экспонирования, проявления фотолитографического процесса.
6. Физические основы электронно-лучевой рентгено-лучевой, ионно-лучевой литографии.
7. Лазерная микролитография.
8. Голографическая литография.

Виды контроля СРС :

- *текущий* контроль СРС на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- *текущий* контроль, который предполагает учет объема, своевременности и качества выполнения СРС по дисциплине при проведении рейтинг-контроля. В качестве форм контроля СРС могут быть использованы: экспресс-опрос на лекционных и практических занятиях; текущий устный выборочный опрос на практических занятиях; индивидуальное собеседование. Формы отчета студента о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, рефераты, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала.

#### ***Курсовая работа***

Курсовые работы выполняются студентами по индивидуальным заданиям. Курсовое проектирование способствует более глубокому изучению физических и химических явлений и эффектов, лежащих в основе технологических процессов, закономерностей их протекания; предусматривает установление взаимосвязей и расчёт параметров процессов и энергетических характеристик, определение последовательности операций процессов. Графическая часть определя-

ется темой работы и может содержать графики зависимостей параметров процесса, диаграммы состояния системы, структурные схемы, определяющие последовательность операций процессов.

### **Тематика курсовых работ**

1. Физико-химические основы и энергетические характеристики термического вакуумного испарения.
2. Электрохимические процессы получения тонких плёнок.
3. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах.
4. Физико-химические основы и энергетические характеристики литографии.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### а) основная литература

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения [Электронный ресурс] / Г. Готтштайн; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина под ред. В.П. Зломанова. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014. - 403 с. - ISBN 978-5-9963-1327-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313273.html>.

2. Мелихов, И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества [Электронный ресурс] / И.В. Мелихов. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - (Нанотехнологии. - ISBN 978-5-9963-2532-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325320.html>.

3. Грызунов, В.И. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Грызунов, И.Р. Кузеев, Е.В. Пояркова, В.И. Полухина, Е.Б. Шабловская, Е.Ю. Приймак, Н.В. Фирсова. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2014. - 251 с. - ISBN 978-5-9765-1963-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976519633.html>.

### б) дополнительная литература

4. Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро - и нанoeлектроники : учебное пособие для вузов по направлениям 210100 "Электроника и нанoeлектроника", 211000 "Конструирование и технология электронных средств", 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина.— Москва: Физматлит, 2011 .— 782 с. : ил., табл.— ISBN 978-5-9221-1321-2. (Библиотека ВлГУ).

5. Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро - и нанoeлектроники [Электронный ресурс] / Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-1321-2.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113212.html>.

6. Галперин, В.А. Процессы плазменного травления в микро - и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; под ред. С.П. Тимошенко. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - (Нанотехнологии). - ISBN978-5-99632129-2.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321292.html>.

7. Акуленок, М. В. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий : учебное пособие для вузов: в 2 т./ Т. 2 : Акуленок М. В., Андреев В. М. и др. Технологические аспекты. М., БИНОМ, 2011.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996303366.html>.

8. Булидорова, Г.В. Основы химической термодинамики (к курсу физической химии) [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская. - Казань: Издательство КНИТУ, 2011. - 218 с. - ISBN 978-5-7882-1151-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788211510.html>.

9. Петелин, А.Л. Нелинейная термодинамика неравновесных систем [Электронный ресурс] : Учебное пособие / А.Л. Петелин. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - ISBN978-5-7038-4052-8.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840528.html>.

10. Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. Ч. 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование [Электронный ресурс] / М.А. Королёв [и др.]; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю.А. Чаплыгина. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 400 с. - ISBN 978-5-9963-2904-5.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329045.html>.

11. Аскадский, А.А. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования [Электронный ресурс]: Учебное издание / Под общ. ред. А.А. Аскадского. - М.: Издательство АСВ, 2015. 408 с. - ISBN 978-5-4323-0072-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300720.html>.

в) интернет - ресурсы

12. <http://www.studentlibrary.ru/>.

13. <http://elibrary.ru/>.

14. <http://www.liveinternet.ru/>.

15. <http://www.100books.ru/>.

16. <http://window.edu.ru/>.

17. <https://ru.wikipedia.org/>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерного класса кафедры (а.330-3).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Рабочую программу составил доцент Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент

зам. главного инженера по подготовке производства – главный технолог ОАО

"Владимирский завод Электроприбор" Зайцев М.К. Зайцев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ \_\_\_\_\_

Протокол № 4 от 10.12. 2015 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. Сушкова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Протокол № 4 от 10.12. 2015 года

Председатель комиссии Сушкова Л. Т. Сушкова

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_