

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физико-химические основы технологии электронных средств 2**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Направленность (профиль): **Технология электронных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**

Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2014 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	24	24	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	56	56	часов
5	Самостоятельная работа	52	52	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Зачет: 5 семестр

Томск 2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

Старший преподаватель кафедры

РЭТЭМ каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ А. А. Иванов

заведующий кафедрой РЭТЭМ

каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В. И. Туев

доцент каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Н. Н. Несмелова

Заведующий обеспечивающей каф.

РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В. И. Туев

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ

\_\_\_\_\_ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.

РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В. И. Туев

Эксперт:

Доцент, к.т.н. каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В. С. Солдаткин

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

познакомиться с физико–химическими закономерностями, лежащими в основе современных электронных технологий

сформировать способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

### 1.2. Задачи дисциплины

- осознать ключевую роль физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий
- познакомиться с химической термодинамикой и кинетикой технологических процессов, изучить основы кристаллохимии, электрохимии
- рассмотреть законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий
- изучить особенности применения физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физико-химические основы технологии электронных средств 2» (Б1.В.ОД.10) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Материалы и компоненты электронных средств, Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств, Физика, Физика полупроводниковых структур, Физико-химические основы технологии электронных средств 1, Физическая химия, Физические основы микро- и нанoeлектроники, Химическая физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Моделирование и оптимизация технологических процессов РЭС, Теплообмен в радиоэлектронных средствах, Технология производства электронных средств, Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** базовые физико–химические принципы создания и совершенствования современных электронных технологий; зависимости между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов; основы химической термодинамики, кристаллохимии, электрохимии, кинетики технологических процессов; законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; особенности применения физико–химического анализа как метода научного исследования и совершенствования электронных технологий

- **уметь** выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; понимать роль физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий, выявлять физико–химические закономерности, лежащие в их основе; устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов; понимать основные положения химической термодинамики и кинетики технологических процессов, кристаллохимии, электрохимии, законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий

- **владеть** способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий фи-

зико-математический аппарат; осознанием роли физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий; способностью понимать физико–химические закономерности, лежащие в основе современных электронных технологий; основными принципами и законами химической термодинамики, кинетики технологических процессов, основами кристаллохимии, электрохимии, термодинамики растворов и неравновесных систем; знаниями особенностей физико-химических явлений, возникающих на поверхности раздела двух фаз, и процессов формирования пленочных покрытий; готовностью применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий; методами теоретического анализа и экспериментального исследования электронных технологий; способностью определять оптимальные технологические режимы

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	56	56
Лекции	24	24
Практические занятия	24	24
Лабораторные работы	8	8
Самостоятельная работа (всего)	52	52
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	8	8
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	28	28
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	6	8	0	9	23	ОПК-2
2 Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	4	2	0	3	9	ОПК-2

3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	4	4	2	9	19	ОПК-2
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	2	4	0	7	13	ОПК-2
5 Основы термодинамики растворов и неравновесных систем.	2	0	0	1	3	ОПК-2
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	2	2	2	9	15	ОПК-2
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	2	4	4	13	23	ОПК-2
8 Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства электронных средств.	2	0	0	1	3	ОПК-2
Итого за семестр	24	24	8	52	108	
Итого	24	24	8	52	108	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>5 семестр</b>			
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	История развития электроники. Особенности планарной технологии. Классификация физико–химических процессов в технологии электронных средств.	6	ОПК-2
	Итого	6	
2 Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Условия самопроизвольности процессов. Особенности кристаллической структуры полупроводниковых материалов. Индексы Миллера. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты кристаллической решетки.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	Элементы теории взаимодействия нейтральных частиц с поверхностью твердого тела. Миграционная подвижность, поверхностная диффузия и взаимная растворимость материалов. Физико–химические границы раздела. Адсорбционные явления и процессы, фи-	4	ОПК-2

	<p>зико–химические основы ад-сорбции и адгезии. Природа сил адгезии и кинетика образования адгезионных связей. Энергетика поверхностных реакций. Идеальная и реальная поверхности. Понятие об атомно– чистой поверхности. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Физико–химические основы процессов загрязнения и роста пленок и слоев. Анализ гомогенного и гетерогенного зарождения новой фазы. Влияние физико–химических факторов зарождения пленок на структуру и свойства пленок. Эпитаксиальный рост пленок.</p>		
	Итого	4	
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	<p>Основные законы диффузии. Механизм диффузионных процессов. Многокомпонентная и многостадийная диффузия и ее роль в технологических процессах. Зависимость скорости и направления процессов от физико–химических параметров и технологических факторов. Радиационно-стимулированная диффузия.</p>	2	ОПК-2
	Итого	2	
5 Основы термодинамики растворов и неравновесных систем.	<p>Виды загрязнений и способы их удаления. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Поверхностно-активные вещества. Виды поверхностного травления в технологии РЭС. Кинетика и основные характеристики ионно-плазменного и плазмо-химического травления.</p>	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	<p>Термодинамика и кинетика процесса испарения в вакууме. Основы процесса получения тонких пленок методом термовакuumного испарения. Основы технологии получения тонких пленок ионно-плазменным распылением.</p>	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	<p>основы электрохимических процессов осаждения слоев и пленок. Виды поляризации при электролизе. Получение диэлектрических методом анодного окисления. Термическое окисление как способ пассивации, создания защитных диэлектрических покрытий.</p>	2	
	Итого	2	

8 Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства электронных средств.	Принцип применения системного анализа при производстве РЭС. Механизм образования соединений пайкой и сваркой. Кинетика процессов флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки. дефекты и механические напряжения в сварных соединениях.	2	ОПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		24	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Материалы и компоненты электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Физика полупроводниковых структур	+	+	+	+	+	+	+	+
5 Физико-химические основы технологии электронных средств 1	+	+	+	+	+	+	+	+
6 Физическая химия	+	+	+	+	+	+	+	+
7 Физические основы микро- и нанoeлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+
8 Химическая физика	+	+	+	+	+	+	+	+
9 Химия	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1 Моделирование и оптимизация технологических процессов РЭС	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Теплообмен в радиоэлектронных средствах	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Технология производства электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий	+	+	+	+	+	+	+	+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ОПК-2	+	+	+	+	Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

#### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	Исследование процессов адсорбции.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Исследование процессов вакуум-термического метода нанесения тонких пленок	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	Исследование процессов получения металлических пленок методом электрохимического осаждения.	2	ОПК-2
	Исследование процессов получения защитных диэлектрических покрытий методом анодного оксидирования.	2	
	Итого	4	
Итого за семестр		8	

#### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.



Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>5 семестр</b>			
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	Роль физико-химических процессов в технологии электронных средств.	8	ОПК-2
	Итого	8	
2 Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	Определение кристаллографических плоскостей и направлений. Индексы Миллера.	2	ОПК-2
	Итого	2	
3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	Элементы теории взаимодействия частиц с поверхностью.	2	ОПК-2
	Физико-химические процессы адсорбции и адгезии.	2	
	Итого	4	
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	Расчет термодиффузионных процессов.	2	ОПК-2
	Взаимодействие ионов с веществом.	2	
	Итого	4	
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Термодинамика и кинетика процессов испарения вещества в вакууме.	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	Электрохимические процессы осаждения пленок.	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		24	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>5 семестр</b>				
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		

	Итого	9		
2 Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
5 Основы термодинамики растворов и неравновесных систем.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	13		
8 Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		

электронных средств.			
Итого за семестр	52		
Итого	52		

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	15	15	15	45
Отчет по практическому занятию	8	8	9	25
Собеседование	5	5	5	15
Итого максимум за период	33	33	34	100
Нарастающим итогом	33	66	100	100

#### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

#### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)

2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)
--------------------------------------	----------------	-------------------------

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Юрков, Н.К. Технология производства электронных средств. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/41019> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/41019>

### 12.2. Дополнительная литература

1. Сушков, А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2004. — 464 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/639> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/639>

2. Волков, Ю.С. Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 396 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75505> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/75505>

3. Физико-химические основы технологии электронных систем: Учебное пособие / Чикин Е. В. - 2006. 209 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1130>, дата обращения: 03.05.2017.

4. Иванов, А. А. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Иванов А. А., Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. — Томск: ТУСУР, 2017. — 307 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6922>. [Электронный ресурс]. - <https://edu.tusur.ru/publications/6922>

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / Ряполова Ю. В., Иванов А. А. - 2017. 46 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6895>, дата обращения: 03.05.2017.

2. Физико-химические основы технологии электронных средств: Методические указания к лабораторным работам / Ряполова Ю. В., Иванов А. А., Каменкова В. С., Солдаткин В. С. - 2017. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6896>, дата обращения: 03.05.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru) - Федеральный институт промышленной собственности, РОСПАТЕНТ

2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - eLIBRARY.ru, научная электронная библиотека

3. <https://www.google.ru> - поисковая система Гугл
4. <https://edu.tusur.ru> - научно-образовательный портал ТУСУРа
5. <https://e.lanbook.com/> - электронная библиотека издательства "Лань"

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

#### **13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

##### **13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

##### **13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий**

Для проведения практических занятий используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

##### **13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ**

Для проведения лабораторных работ используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 4 этаж, ауд. 424. Состав оборудования: учебная мебель; вытяжная вентиляция, лабораторные столы, химические реактивы, лабораторное и контрольно-измерительное оборудование

##### **13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

#### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### **14. Фонд оценочных средств**

#### **14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

#### **14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, пере-

чень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Физико-химические основы технологии электронных средств 2**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Направленность (профиль): **Технология электронных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**

Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- Старший преподаватель кафедры РЭТЭМ каф. РЭТЭМ А. А. Иванов
- заведующий кафедрой РЭТЭМ каф. РЭТЭМ В. И. Туев
- доцент каф. РЭТЭМ Н. Н. Несмелова

Зачет: 5 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать базовые физико–химические принципы создания и совершенствования современных электронных технологий; зависимости между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов; основы химической термодинамики, кристаллохимии, электрохимии, кинетики технологических процессов; законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; особенности применения физико–химического анализа как метода научного исследования и совершенствования электронных технологий; Должен уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; понимать роль физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий, выявлять физико–химические закономерности, лежащие в их основе; устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов; понимать основные положения химической термодинамики и кинетики технологических процессов, кристаллохимии, электрохимии, законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий; Должен владеть способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем,



		<p>возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; осознанием роли физико-химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий; способностью понимать физико-химические закономерности, лежащие в основе современных электронных технологий; основными принципами и законами химической термодинамики, кинетики технологических процессов, основами кристаллохимии, электрохимии, термодинамики растворов и неравновесных систем; знаниями особенностей физико-химических явлений, возникающих на поверхности раздела двух фаз, и процессов формирования пленочных покрытий; готовностью применять методы физико-химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий; методами теоретического анализа и экспериментального исследования электронных технологий; способностью определять оптимальные технологические режимы;</p>
--	--	--

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-мате-

матический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	базовые физико–химические принципы создания и совершенствования современных электронных технологий; зависимости между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов; основы химической термодинамики, кристаллохимии, электрохимии, кинетики технологических процессов; законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико–химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; особенности применения физико–химического анализа как метода научного исследования и совершенствования электронных технологий	выявлять естественно–научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико–математический аппарат; понимать роль физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий, выявлять физико–химические закономерности, лежащие в их основе; устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов; понимать основные положения химической термодинамики и кинетики технологических процессов, кристаллохимии, электрохимии, законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико–химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико–математический аппарат; осознанием роли физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий; способностью понимать физико–химические закономерности, лежащие в основе современных электронных технологий; основными принципами и законами химической термодинамики, кинетики технологических процессов, основами кристаллохимии, электрохимии, термодинамики растворов и неравновесных систем; знаниями особенностей физико–химических явлений, возникающих на поверхности раздела двух фаз, и процессов формирования пленочных покрытий; готовностью применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий; методами теоретического анализа и экспериментального исследования электронных технологий; способностью определять оптимальные технологические режимы

Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Собеседование;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Собеседование;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые физико-химические принципы создания и совершенствования современных электронных технологий; зависимости между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов; основы химической термодинамики, кристаллохимии, электрохимии, кинетики технологических процессов; законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий; особенности применения физико-химического анализа как метода научного исследования и совершенствования электронных технологий;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; понимать роль физико-химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий, выявлять физико-химические закономерности, лежащие в их основе; устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов; понимать основные положения химической термодинамики и кинетики технологических процессов, кристаллохимии, электрохимии, законов термодинамики растворов и неравновесных систем, физико-химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленоч-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; осознанием роли физико-химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий; способностью понимать физико-химические закономерности, лежащие в основе современных электронных технологий; основными принципами и законами химической термодинамики, кинетики технологических процессов, основами кристаллохимии, электрохимии, термодинамики растворов и неравновесных систем; знаниями особенностей физико-химических явлений, возникающих на поверхности раздела двух фаз, и процессов</li> </ul>

		<p>ных покрытий; применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий;</p>	<p>формирования пленочных покрытий; готовностью применять методы физико–химического анализа для исследования и совершенствования электронных технологий; методами теоретического анализа и экспериментального исследования электронных технологий; способностью определять оптимальные технологические режимы;</p>
<p>Хорошо (базовый уровень)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые физико–химические принципы создания и совершенствования современных электронных технологий; основы химической термодинамики, кристаллохимии, электрохимии, кинетики технологических процессов; законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико–химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико–математический аппарат; понимать роль физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий, выявлять физико–химические закономерности, лежащие в их основе; понимать основные положения химической термодинамики и кинетики технологических процессов, кристаллохимии, электрохимии, законы термодинамики растворов и неравновесных систем, физико–химические явления на поверхности раздела двух фаз, процессы формирования пленочных покрытий;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико–математический аппарат; осознанием роли физико–химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий; способностью понимать физико–химические закономерности, лежащие в основе современных электронных технологий; основными принципами и законами химической термодинамики, кинетики технологических процессов, основами кристаллохимии, электрохимии, термодинамики растворов и неравновесных систем; знаниями особенностей физико–химических явлений, возникающих на поверхности раздела двух фаз, и процессов формирования пленочных покрытий;</li> </ul>
<p>Удовлетворительно (пороговый)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые физико–химические принципы со-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выявлять естественнонаучную сущность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью выявлять естественнонауч-</li> </ul>

уровень)	здания и совершенствования современных электронных технологий;	проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; понимать роль физико-химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий;	ную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; осознанием роли физико-химических закономерностей в разработке и совершенствовании электронных технологий;
----------	--	--	---

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Вопросы на собеседование

– Основы электрохимических процессов осаждения слоев и пленок. Виды поляризации при электролизе. Получение диэлектрических методом анодного оксидирования. Термическое окисление как способ пассивации, создания защитных диэлектрических покрытий.

– Виды загрязнений и способы их удаления. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Поверхностно-активные вещества. Виды поверхностного травления в технологии РЭС. Кинетика и основные характеристики ионно-плазменного и плазмо-химического травления.

– История развития электроники. Особенности планарной технологии. Классификация физико-химических процессов в технологии электронных средств.

– Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Условия самопроизвольности процессов. Особенности кристаллической структуры полупроводниковых материалов. Индексы Миллера. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты кристаллической решетки.

– Принцип применения системного анализа при производстве РЭС. Механизм образования соединений пайкой и сваркой. Кинетика процессов флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки. дефекты и механические напряжения в сварных соединениях.

– Элементы теории взаимодействия нейтральных частиц с поверхностью твердого тела. Миграционная подвижность, поверхностная диффузия и взаимная растворимость материалов. Физико-химические границы раздела. Адсорбционные явления и процессы, физико-химические основы адсорбции и адгезии. Природа сил адгезии и кинетика образования адгезионных связей. Энергетика поверхностных реакций. Идеальная и реальная поверхности. Понятие об атомно-чистой поверхности. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Физико-химические основы процессов загрязнения и роста пленок и слоев. Анализ гомогенного и гетерогенного зарождения новой фазы. Влияние физико-химических факторов зарождения пленок на структуру и свойства пленок. Эпитаксиальный рост пленок.

– Основные законы диффузии. Механизм диффузионных процессов. Мно-гокомпонентная и многостадийная диффузия и ее роль в технологических процессах. Зависимость скорости и направления процессов от физико-химических параметров и технологических факторов. Радиационно-стимулированная диффузия.

– Термодинамика и кинетика процесса испарения в вакууме. Основы процесса получения тонких пленок методом термовакuumного испарения. Основы технологии получения тонких пленок ионно-плазменным распылением.

#### 3.2 Темы опросов на занятиях

– История развития электроники. Особенности планарной технологии. Классификация фи-

зико–химических процессов в технологии электронных средств.

- Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Условия самопроизвольности процессов. Особенности кристаллической структуры полупроводниковых материалов. Индексы Миллера. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты кристаллической решетки.

- Элементы теории взаимодействия нейтральных частиц с поверхностью твердого тела.

Миграционная подвижность, поверхностная диффузия и взаимная растворимость материалов.

- Физико–химические границы раздела. Адсорбционные явления и процессы, физико–химические основы адсорбции и адгезии. Природа сил адгезии и кинетика образования адгезионных связей. Энергетика поверхностных реакций. Идеальная и реальная поверхности. Понятие об атомно– чистой поверхности. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Физико–химические основы процессов загрязнения и роста пленок и слоев. Анализ гомогенного и гетерогенного зарождения новой фазы. Влияние физико–химических факторов зарождения пленок на структуру и свойства пленок. Эпитаксиальный рост пленок.

- Основные законы диффузии. Механизм диффузионных процессов. Многокомпонентная и многостадийная диффузия и ее роль в технологических процессах. Зависимость скорости и направления процессов

- от физико–химических параметров и технологических факторов. Радиационно-стимулированная диффузия.

- Виды загрязнений и способы их удаления. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Поверхностно-активные вещества.

- Виды поверхностного травления в технологии РЭС. Кинетика и основные характеристики ионно-плазменного и плазмо-химического травления.

- Термодинамика и кинетика процесса испарения в вакууме. Основы процесса получения тонких пленок методом термовакуумного испарения.

- Основы технологии получения тонких пленок ионно-плазменным распылением.

- основы электрохимических процессов осаждения слоев и пленок. Виды поляризации при электролизе. Получение диэлектрических методом анодного оксидирования. Термическое окисление как способ пассивации, создания защитных диэлектрических покрытий.

- Принцип применения системного анализа при производстве РЭС. Механизм образования соединений пайкой и сваркой. Кинетика процессов флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки. дефекты и механические напряжения в сварных соединениях.

### **3.3 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

- Роль физико-химических процессов в технологии электронных средств.

- Определение кристаллографических плоскостей и направлений. Индексы Миллера.

- Элементы теории взаимодействия частиц с поверхностью.

- Физико-химические процессы адсорбции и адгезии.

- Расчет термодиффузионных процессов.

- Взаимодействие ионов с веществом.

- Термодинамика и кинетика процессов испарения вещества в вакууме.

- Электрохимические процессы осаждения пленок.

### **3.4 Темы лабораторных работ**

- Исследование процессов получения защитных диэлектрических покрытий методом анодного оксидирования.

- Исследование процессов адсорбции.

- Исследование процессов вакуум-термического метода нанесения тонких пленок

- Исследование процессов получения металлических пленок методом электрохимического осаждения.

### **3.5 Зачёт**

- поляризации при электролизе. Получение диэлектрических методом анодного оксидирования. Термическое окисление как способ пассивации, создания защитных диэлектрических покрытий. Виды загрязнений и способы их удаления. Процессы на реальной поверхности и кинети-

ка удаления загрязнений. Поверхностно-активные вещества. Виды поверхностного травления в технологии РЭС. Кинетика и основные характеристики ионно-плазменного и плазмо-химического травления. История развития электроники. Особенности планарной технологии. Классификация физико-химических процессов в технологии электронных средств. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Условия самопроизвольности процессов. Особенности кристаллической структуры полупроводниковых материалов. Индексы Миллера. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты кристаллической решетки. Принцип применения системного анализа при производстве РЭС. Механизм образования соединений пайкой и сваркой. Кинетика процессов флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки. дефекты и механические напряжения в сварных соединениях. Элементы теории взаимодействия нейтральных частиц с поверхностью твердого тела. Миграционная подвижность, поверхностная диффузия и взаимная растворимость материалов. Физико-химические границы раздела. Адсорбционные явления и процессы, физико-химические основы адсорбции и адгезии. Природа сил адгезии и кинетика образования адгезионных связей. Энергетика поверхностных реакций. Идеальная и реальная поверхности. Понятие об атомно-чистой поверхности. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления загрязнений. Физико-химические основы процессов загрязнения и роста пленок и слоев. Анализ гомогенного и гетерогенного зарождения новой фазы. Влияние физико-химических факторов зарождения пленок на структуру и свойства пленок. Эпитаксиальный рост пленок. Основные законы диффузии. Механизм диффузионных процессов. Мно-гокомпонентная и многостадийная диффузия и ее роль в технологических процессах. Зависимость скорости и направления процессов от физико-химических параметров и технологических факторов. Радиационно-стимулированная диффузия. Термодинамика и кинетика процесса испарения в вакууме. Основы процесса получения тонких пленок методом термовакуумного испарения. Основы технологии получения тонких пленок ионно-плазменным распылением.

#### **4 Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

##### **4.1. Основная литература**

1. Юрков, Н.К. Технология производства электронных средств. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/41019> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/41019>

##### **4.2. Дополнительная литература**

1. Сушков, А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2004. — 464 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/639> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/639>

2. Волков, Ю.С. Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 396 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75505> — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/book/75505>

3. Физико-химические основы технологии электронных систем: Учебное пособие / Чикин Е. В. - 2006. 209 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1130>, свободный.

4. Иванов, А. А. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Иванов А. А., Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. — Томск: ТУСУР, 2017. — 307 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6922>. [Электронный ресурс]. - <https://edu.tusur.ru/publications/6922>

##### **4.3. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / Ряполова Ю. В., Ива-

нов А. А. - 2017. 46 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6895>, свободный.

2. Физико-химические основы технологии электронных средств: Методические указания к лабораторным работам / Ряполова Ю. В., Иванов А. А., Каменкова В. С., Солдаткин В. С. - 2017. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6896>, свободный.

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru) - Федеральный институт промышленной собственности, РОСПАТЕНТ

2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - eLIBRARY.ru, научная электронная библиотека

3. <https://www.google.ru> - поисковая система Гугл

4. <https://edu.tusur.ru> - научно-образовательный портал ТУСУРа

5. <https://e.lanbook.com/> - электронная библиотека издательства "Лань"