

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 процессы в технологии микро- и нанoeлектроники**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

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

Направленность (профиль): **Проектирование и технология электронно-вычислительных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**

Кафедра: **КИБЭВС, Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Из них в интерактивной форме	14	14	часов
6	Самостоятельная работа	46	46	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 4 семестр

Томск 2016

## 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 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

Старший преподаватель кафедры

РЭТЭМ каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Иванов А. А.

заведующий кафедрой РЭТЭМ

каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Туев В. И.

Заведующий обеспечивающей каф.

РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Туев В. И.

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

Декан ФБ

\_\_\_\_\_ Давыдова Е. М.

Заведующий выпускающей каф.

КИБЭВС

\_\_\_\_\_ Шелупанов А. А.

Эксперты:

Доцент, к.т.н. каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Солдаткин В. С.

Доцент, к.б.н. каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Несмелова Н. Н.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Основной целью преподавания дисциплины является изучение студентами закономерностей физических, химических, физико–химических и технологических процессов производства электронно–вычислительной аппаратуры, в том числе, микроэлектронной аппаратуры, а также обучение будущего инженера–технолога навыкам правильного понимания основ управления физико–химическими процессами в технологии электронных средств, привитие практических навыков в определении характера физико–химических взаимодействий в сложных технологических системах.

### 1.2. Задачи дисциплины

– В результате изучения дисциплины студент должен ПОЛУЧИТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ о физико–химических закономерностях и способах описания технологических операций различными методами.;

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физико-химические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники» (Б1.В.ДВ.11.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Физико-химические основы технологии электронных средств.

Последующими дисциплинами являются: .

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПК-1 способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Установление связей между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов.

– **уметь** Устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов.

– **владеть** Умением, определять оптимальные технологические режимы, владеть методами теоретического анализа и экспериментального исследования.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Из них в интерактивной форме	14	14	часов
6	Самостоятельная работа	46	46	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов

		4.0	4.0	3.E
--	--	-----	-----	-----

## 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.	2	2	0	3	7	ОПК-7, ПК-1
2	Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	2	4	0	3	9	ОПК-7, ПК-1
3	Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	4	6	4	9	23	ОПК-7, ПК-1
4	Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	2	8	0	9	19	ОПК-7, ПК-1
5	Основы термодинамики растворов и неравновесных систем.	2	0	0	1	3	ОПК-7, ПК-1
6	Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	2	4	4	9	19	ОПК-7, ПК-1
7	Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	2	4	8	11	25	ОПК-7, ПК-1
8	Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства.	2	0	0	1	3	ОПК-7, ПК-1
	Итого	18	28	16	46	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
4 семестр			
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	История развития электроники. Особенности планарной технологии. Классификация физико–химических	2	ОПК-7

	процессов в технологии электронных средств.		
	Итого	2	
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.	2	ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
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, 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.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	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.	2	ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
5 Основы термодинамики растворов и неравновесных систем.	Виды загрязнений и способы их удаления. Процессы на реальной поверхности и кинетика удаления	2	ОПК-7, ПК-1

	загрязнений. Поверхностно-активные вещества. Виды поверхностного травления в технологии РЭС. Кинетика и основные характеристики ионно-плазменного и плазмо-химического травления.		
	Итого	2	
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Термодинамика и кинетика процесса испарения в вакууме. Основы процесса получения тонких пленок методом термовакуумного испарения. Основы технологии получения тонких пленок ионно-плазменным распылением.	2	ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	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.	2	ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
8 Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства.	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-7, ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

### 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	Физико-химические основы технологии электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+

### 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 занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-7	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ПК-1	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
Мозговой штурм	2	2	2	6
Решение ситуационных задач	2	2	2	6
Презентации с использованием слайдов с обсуждением	2			2
Итого	6	4	4	14

### 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
3 Явления и процессы на	Исследование процессов адсорбции.	4	ОПК-7,



поверхности раздела двух фаз.	Итого	4	ПК-1
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Исследование процессов вакуум-термического метода нанесения тонких пленок.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
7 Электрохимические процессы. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе.	Исследование процессов получения металлических пленок методом электрохимического осаждения.	4	ОПК-7, ПК-1
	Исследование процессов получения защитных диэлектрических покрытий методом анодного оксидирования.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	

### 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

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

Итого за семестр		28	
------------------	--	----	--

### 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
4 семестр				
1 Роль физико–химических процессов в технологии электронных средств.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Конспект самоподготовки
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
2 Химическая термодинамика технологических процессов. Элементы кристаллохимии.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	9		
5 Основы термодинамики	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование

растворов и неравновесных систем.	Итого	1		
6 Физико–химические процессы формирования пленочных покрытий.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование
	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	2	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	11		
8 Физико–химический анализ как метод научного исследования эффективности производства.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование
	Итого	1		
Итого за семестр		46		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		82		

### 9.1. Тематика практики

1. Фазовые равновесия.
2. Физико-химические процессы в технологии электронных средств.
3. Элементы кристаллохимии.
4. Кристаллические решетки.
5. Граница раздела двух фаз.
6. Электролиз.
7. Адгезионная прочность и смачиваемость пленочных покрытий.
8. Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.
9. Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.

### 9.2. Вопросы на проработку лекционного материала

10. Влияние физико-химических процессов на изготовление изделий электронных средств.
11. Термодинамические процессы происходящие в растворах.
12. Процессы при производстве электронных средств.
13. Двойной электрический слой.
14. Кристаллические решетки Браве.
15. Анализ эффективности производства.
16. Поляризационные процессы при электролизе.
17. Смачиваемость. Адгезия.

### 9.3. Темы лабораторных работ

18. Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.
19. Физико-химические аспекты термодинамической работы адгезии.
20. Процесс электролиза.
21. Электрохимические процессы.

### 10. Курсовая работа

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
4 семестр				
Конспект самоподготовки	4	2	1	7
Опрос на занятиях	3	2	1	6
Отчет по индивидуальному заданию	8	8	4	20
Отчет по лабораторной работе	10	10	5	25
Собеседование	5	5	2	12
Экзамен				30
Нарастающим итогом	30	57	70	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)

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	Е (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## **12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **12.1. Основная литература**

1. Чикин Е. В. Физико-химические основы технологии электронных систем: Учебное пособие.- Томск: ТМЦДО, 2006.- 209 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 65 экз.)
2. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2 томах / под общей редакцией Ю. Н. Коркишко/ - том 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Королев М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. Часть 1, 2010. - 396 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

### **12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение**

1. Чикин Е. В. Физико-химические основы технологии электронных средств: учебно-методическое пособие. -Томск: ТМЦДО, 2006. -63 с. (к практической работе) (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)
2. Чикин Е. В. Сборник задач по общей химии: учебно-методическое пособие. Томск: ТУСУР, 2015. - 296 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
3. Чикин Е. В. Лабораторные работы по химии: учебно-методическое пособие. Томск: ТУСУР, 2012. - 77 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)
4. Методические указания по самостоятельной работе приведены в учебно-методическом пособии [2]: с.4. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)

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

1. ФИПС, eLIBRARY.ru, google.ru, tusur.ru

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

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.

## **14. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## **15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Без рекомендаций.

**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 процессы в технологии микро- и нанoeлектроники**

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**

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

Профиль: **Проектирование и технология электронно-вычислительных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**

Кафедра: **КИБЭВС, Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

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

Экзамен: 4 семестр

Томск 2016

## 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-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Должен знать Установление связей между технологическими факторами и параметрами физических структур, элементов. ; Должен уметь Устанавливать связь между технологическими факторами и параметрами физических структур и элементов. ;
ПК-1	способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	Должен владеть Умением, определять оптимальные технологические режимы, владеть методами теоретического анализа и экспериментального исследования. ;

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-7

ОПК-7: способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

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	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Экзамен;</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>• Успешно и систематизировано знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Успешно и систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Успешно и систематизировано владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной</li> </ul>



	техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Систематизировано знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>систематизировано владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Не систематизированно знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Не систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Не систематизированно владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	Моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	Моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Успешно и систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Успешно и систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Успешным и систематизированным моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Систематизированным моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не систематизированным моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;</li> </ul>

### 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 самоподготовку**

- Влияние физико-химических процессов на изготовление изделий электронных средств.

### **3.2 Темы индивидуальных заданий**

– - 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 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 реальный 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.

### **3.3 Вопросы на собеседование**

- Электрохимические процессы.
- Процесс электролиза.
- Физико-химические аспекты термодинамической работы адгезии.
- Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.
- Электролиз.
- Адгезионная прочность и смачиваемость пленочных покрытий.
- Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.
- Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.
- Фазовые равновесия.
- Граница раздела двух фаз.
- Элементы кристаллохимии.
- Кристаллические решетки.
- Физико-химические процессы в технологии электронных средств.
- Анализ эффективности производства.
- Поляризационные процессы при электролизе.
- Смачиваемость. Адгезия.
- Термодинамические процессы происходящие в растворах.

- Процессы при производстве электронных средств.
- Двойной электрический слой.
- Кристаллические решетки Браве.
- Влияние физико-химических процессов на изготовление изделий электронных средств.

### **3.4 Темы опросов на занятиях**

- Электрохимические процессы.
- Процесс электролиза.
- Физико-химические аспекты термодинамической работы адгезии.
- Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз.
- Электролиз.
- Адгезионная прочность и смачиваемость пленочных покрытий.
- Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.
- Кинетические процессы происходящие при производстве электронных средств.
- Фазовые равновесия.
- Граница раздела двух фаз.
- Элементы кристаллохимии.
- Кристаллические решетки.
- Физико-химические процессы в технологии электронных средств.
- Анализ эффективности производства.
- Поляризационные процессы при электролизе.
- Смачиваемость. Адгезия.
- Термодинамические процессы происходящие в растворах.
- Процессы при производстве электронных средств.
- Двойной электрический слой.
- Кристаллические решетки Браве.
- Влияние физико-химических процессов на изготовление изделий электронных средств.

### **3.5 Экзаменационные вопросы**

– - 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 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. - 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.

### **3.6 Темы лабораторных работ**

- Электрохимические процессы.

### **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. Чикин Е. В. Физико-химические основы технологии электронных систем: Учебное пособие.- Томск: ТМЦДО, 2006.- 209 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 65 экз.)
2. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2 томах / под общей редакцией Ю. Н. Коркишко/ - том 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

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

1. Королев М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. Часть 1, 2010. - 396 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

#### **4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение**

1. Чикин Е. В. Физико-химические основы технологии электронных средств: учебно-методическое пособие. -Томск: ТМЦДО, 2006. -63 с. (к практической работе) (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)
2. Чикин Е. В. Сборник задач по общей химии: учебно-методическое пособие. Томск: ТУСУР, 2015. - 296 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
3. Чикин Е. В. Лабораторные работы по химии: учебно-методическое пособие. Томск: ТУСУР, 2012. - 77 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)
4. Методические указания по самостоятельной работе приведены в учебно-методическом пособии [2]: с.4. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)

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

1. ФИПС, eLIBRARY.ru, google.ru, tusur.ru