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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химические процессы в технологии микро- и наноэлектроники

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

Согласована на портале № 2836

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 45 от «17» 5 2016 г.

Томск 2016

Согласована на портале № 2836

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.

Согласована на портале № 2836

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 наноэлектроники» (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

Согласована на портале № 2836

		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

Согласована на портале № 2836

	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 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.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
4 Кинетика технологических процессов производства электронных средств.	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.	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

Согласована на портале № 2836

	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 представ-лены 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

Согласована на портале № 2836

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,

Согласована на портале № 2836

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	

Согласована на портале № 2836

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

Согласована на портале № 2836

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 рещетки.
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.

Согласована на портале № 2836

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 – Бальные 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)

Согласована на портале № 2836

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	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. 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 фор-мирования 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.

Согласована на портале № 2836

Приложение 1

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 наноэлектроники

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

Согласована на портале № 2836

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. ; Должен владеть Умением, определять оптимальные технологические режимы, владеть методами теоретического анализа и экспериментального исследования. ;
ПК-1	способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и 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

Согласована на портале № 2836

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	Уучитывать 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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Собеседование; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Собеседование; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен;

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)	• Успешно и систематизировано знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной	• Успешно и систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники,	• Успешно и систематизировано владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной

Согласована на портале № 2836

	техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
Хорошо (базовый уровень)	• Систематизировано знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.;	• систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	• систематизировано владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Не систематизированно знать способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	• Не систематизированно уметь учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	• Не систематизировано владеть информацией, учитывающей современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия;

Согласована на портале № 2836

	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Собеседование; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Собеседование; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен;

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)	• Успешно и систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• Успешно и систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• Успешным и систематизированым моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;
Хорошо (базовый уровень)	• Систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• Систематизированым моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Не систематизировано знать моделируемые объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• Не систематизировано моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• Не систематизированым моделированием объектов и процессов, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

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

Согласована на портале № 2836

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 термовакуумного 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 рещетки.
– Физико-химические процессы в технологии электронных средств.
– Анализ эффективности производства.
– Поляризационные процессы при электролизе.
– Смачиваемость. Адгезия.
– Термодинамические процессы происходящие в растворах.

Согласована на портале № 2836

– 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 рещетки.
– 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 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

Согласована на портале № 2836

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.

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 фор-мирования 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

Согласована на портале № 2836