МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ПЛЕНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование и технология микросистем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84260

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение основных законов зарождения и роста наноструктур, свойств материалов в пленочном состоянии, а также формирование навыков проведения расчетов условий зарождения и влияния их на свойства пленок.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основ роста пленок и зависимости их структуры от технологических факторов.
2. Изучение основных свойств металлических, резистивных и диэлектрических пленок.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.03.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-2. Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	ПК-2.1. Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов	Знает методы синтеза пленочных наноструктур, используемых при создании электронных приборов
	ПК-2.2. Умеет выбрать и применить метод анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	Умеет рассчитывать основные параметры зарождения и роста пленок, используемых при создании устройств электроники
	ПК-2.3. Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований	Владеет методиками постановки и проведения эксперимента по определению характеристик пленочных наноструктур

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.
Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.
Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Согласована на портале № 84260

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	44	44
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	64	64
Подготовка к зачету с оценкой	20	20
Подготовка к тестированию	8	8
Подготовка к контрольной работе	20	20
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	16	16
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр					
1 Зарождение и рост тонких пленок	6	6	16	28	ПК-2
2 Проводящие пленки	4	4	16	24	ПК-2
3 Резистивные пленки	8	4	16	28	ПК-2
4 Диэлектрические пленки	8	4	16	28	ПК-2
Итого за семестр	26	18	64	108	
Итого	26	18	64	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Зарождение и рост тонких пленок	Осаждение из паровой фазы. Конденсация пленки на подложке. Образование зародышей. Рост зародышей и образование сплошных пленок. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок.	6	ПК-2
	Итого	6	

Согласована на портале № 84260

2 Проводящие пленки	Проводящие пленки в микроэлектронике. Основные характеристики проводящих пленок. Размерный эффект в пленках. Островковые пленки и их свойства.	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Резистивные пленки	Резистивные пленки для тонкопленочных резисторов. Используемые материалы для получения резисторов с различными номиналами сопротивления и температурного коэффициента сопротивления (ТКС). Влияние состава и структуры пленок на характеристики резисторов. Особенности проводимости и ТКС пленок различного состава.	8	ПК-2
	Итого	8	
4 Диэлектрические пленки	Диэлектрические пленки в микро- и наноэлектронике. Свойства диэлектриков в сильных полях. Туннельная эмиссия, эмиссия Шоттки и Пула-Френкеля. Токи, ограниченные пространственным зарядом. Пробой тонких диэлектрических пленок.	8	ПК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Зарождение и рост тонких пленок	Осаждение из паровой фазы.	2	ПК-2
	Конденсация пленки на подложке.	2	ПК-2
	Рост зародышей и образование сплошных пленок. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок.	2	ПК-2
	Итого	6	
2 Проводящие пленки	Основные характеристики проводящих пленок. Размерный эффект.	2	ПК-2
	Островковые пленки.	2	ПК-2
	Итого	4	
3 Резистивные пленки	Тонкопленочные резисторы. Керметы. Состав. ТКС.	2	ПК-2
	Влияние состава и структуры на характеристики резисторов. Особенности проводимости резистивных пленок.	2	ПК-2
	Итого	4	

Согласована на портале № 84260

4 Диэлектрические пленки	Диэлектрические пленки. Электропроводность.	2	ПК-2
	Пробой тонких диэлектрических пленок.	2	ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Зарождение и рост тонких пленок	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	5	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	16		
2 Проводящие пленки	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	5	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	16		

Согласована на портале № 84260

3 Резистивные пленки	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	5	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	16		
4 Диэлектрические пленки	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	5	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	16		
Итого за семестр		64		
Итого		64		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
6 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	30	30
Контрольная работа	0	10	10	20
Тестирование	5	5	5	15

Согласована на портале № 84260

Отчет по практическому занятию (семинару)	15	10	10	35
Итого максимум за период	20	25	55	100
Нарастающим итогом	20	45	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Антоненко, С. В. Технология тонких пленок : учебное пособие / С. В. Антоненко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/75918.

2. Тонкие пленки в микроэлектронике : учебное пособие / К. И. Смирнова; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 109 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Васильев, В. Ю. Свойства и применение диэлектрических тонких пленок в технологиях микроэлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : НГТУ, 2021. — 100 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/216209.

2. Васильев В.Ю. Введение в технологию химического осаждения из газовой фазы тонких пленок для электроники: оборудование, методология, особенности роста : учебное пособие для вузов / В.Ю. Васильев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 344 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/400850.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 84260

1. Тонкие пленки в микроэлектронике : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов / К. И. Смирнова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 49 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

2. Технология материалов и изделий электронной техники: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе / Л. Н. Орликов - 2012. 26 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1380.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 133 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панель интерактивная;
- Камера;
- Микрофон;
- Тумба для докладчика;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;

Согласована на портале № 84260

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Зарождение и рост тонких пленок	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 84260

2 Проводящие пленки	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Резистивные пленки	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Диэлектрические пленки	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков

Согласована на портале № 84260

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Для обеспечения движения атомов испаряемого вещества без столкновений их средняя длина свободного пробега λ должна быть … расстояния(ю) от испаряемого вещества до подложки
    1. Меньше;
    2. Много меньше;
    3. Равна;
    4. Больше.
2. Переход из твердого состояние в газообразно, минуя жидкое называется…
    1. Сублимацией;

Согласована на портале № 84260

2. Коалесценцией;
3. Конденсацией;
4. Кристаллизацией.

3. Среднее время жизни атома на подложке в первую очередь определяется:
    1. Температурой подложки;
    2. Средней длиной свободного пробега;
    3. Температурой испарителя;
    4. Видом кристаллической решетки.
4. Образование двумерного пара на подложке характерно для механизма конденсации:
    1. П-Ж-К;
    2. П-Ж-А;
    3. П-К;
    4. Ж-К.
5. При превышении зародышем критического размера его свободная энергия:
    1. Резко увеличивается;
    2. Остается неизменной;
    3. Плавно увеличивается;
    4. Резко уменьшается.
6. Если взаимодействие между островками сильнее, чем между островком и подложкой, а температура подложки достаточно высока, то имеет место…
    1. Миграция;
    2. Слипание;
    3. Коалесценция;
    4. Коагуляция.
7. Перемещение островков по подложке, как единого целого - …
    1. Миграция;
    2. Слипание;
    3. Коалесценция;
    4. Коагуляция.
8. Загрязнения на поверхности оказывают … влияние на рост пленки.
    1. Положительное;
    2. Отрицательное;
    3. Никакого влияния не оказывают;
    4. Увеличивают силы адгезии пленки к подложке.
9. Наиболее существенное влияние на рост пленки оказывает:
    1. Энергия распыленных или испаренных частиц;
    2. Давление в напылительной камере;
    3. Ток разряда или температура испарителя;
    4. Температура подложки.
10. Удельное сопротивление сплава двух металлов …, чем удельное сопротивление любого компонента сплава.
    1. Больше;
    2. Меньше;
    3. Равно;
    4. Зависит от сплава и его компонентов.
11. При уменьшении толщины пленки ее удельное сопротивление …
    1. Уменьшается;
    2. Не изменяется;
    3. Резко уменьшается;
    4. Резко возрастает.
12. Какой тип проводимости преобладает в островковых пленках при высокой температуре?
    1. ТЭЭ;
    2. Проводимость с участием подложки;
    3. ТОПЗ;
    4. Туннелирование.
13. Одной из основных характеристик резистивной пленки является:
    1. Намагниченность;

Согласована на портале № 84260

2. Диэлектрическая проницаемость;
3. Поляризация;
4. Проводимость.

14. Наибольшим удельным сопротивлением обладают:
    1. Металлы;
    2. Сплавы металлов;
    3. Керметы;
    4. Диэлектрики.
15. В список наиболее важных параметров, характеризующих диэлектрик НЕ входит:
    1. Диэлектрическая проницаемость;
    2. Тангенс угла диэлектрических потерь;
    3. Электрическая прочность;
    4. Намагниченность.
16. Термическая ионизация в присутствии поля, заключающаяся в снижении кулоновского потенциального барьера под действием электрического поля называется:
    1. Эффектом Шоттки;
    2. Эффектом туннелирования;
    3. ТОПЗ;
    4. Эффектом Пула-Френкеля.
17. Наибольшей диэлектрической проницаемостью обладает:
    1. SiO2;
    2. SiO;
    3. Ta2O5;
    4. Si3N4.
18. Главным преимуществом керметов перед островковыми пленками является:
    1. Высокая временная стабильность;
    2. Удельное сопротивление;
    3. Проводимость;
    4. ТКС.
19. Образование двумерной жидкости на поверхности подложки характерно для механизма конденсации:
    1. П-Ж-К;
    2. П-Ж-А;
    3. П-К;
    4. Ж-К.
20. Какой тип проводимости преобладает в островковых пленках при Малых зазорах между островками?
    1. ТЭЭ;
    2. Проводимость с участием подложки;
    3. ТОПЗ;
    4. Туннелирование.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Критическая плотность потока пара.
2. Влияние температуры подложки на механизм конденсации: механизмы ПЖК и ПЖ (А), ПК.
3. Критический зародыш, критическое значение концентрации зародышей на подложке.
4. Вывод выражения для концентрации адсорбированных атомов через давление остаточного газа.
5. Температура эпитаксии.
6. Влияние толщины пленки на удельное сопротивление.
7. Туннельный эффект в островковых пленках.
8. Резистивные пленки металлов, сплавов, соединений.
9. Композиции на основе металлов и диэлектриков. Керметы.
10. Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь пленок: зависимость от толщины и частоты.
11. Токи в диэлектриках, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ).

Согласована на портале № 84260

12. Надбарьерная эмиссия Шоттки в диэлектрических пленках.
13. Электропроводность диэлектрических пленок, обусловленная эффектом Френкеля.
14. Зависимость электрической прочности диэлектрических пленок от толщины.
15. Зависимость электрической прочности МДМ-систем от времени воздействия напряжения.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Рассчитать давление насыщенного пара цинка при температурах 50 °С, 150 °С, 250 °С, 400 °С, 550 °С, 650 °С, 800°С. По полученным данным построить график зависимости Рнас=f(T) и определить температуру кипения цинка.
2. Рассчитать давление насыщенного пара алюминия при температурах 50 °С, 150 °С, 250 °С, 400 °С, 550 °С, 650 °С, 800 °С. По полученным данным построить график зависимости Рнас=f(T) и определить температуру кипения алюминия.
3. Рассчитать количество цинка, испарившегося из сплава состава 30% цинка и 70 % меди при температуре 950°С, при длительном выстаивании сплава в электропечи с объемом пространства, равным 1м3 и при общем давлении равном 780 мм рт.ст.
4. Определить скорость конденсации атомов меди на подложку при термическом испарении при температуре испарителя 980 °С.
5. Построить профиль распределения по стандартной подложке из ситалла размером 60х48 мм при термическом испарении меди из точечного источника.
6. Построить профиль распределения по стандартной подложке из ситалла размером 60х48 мм при ионно-плазменном распылении меди из круглой магнетронной распылительной системы если внутренний диаметр кольца распыления составляет 20 мм, а внешний - 60 мм.

9.1.4. Темы практических занятий

1. Осаждение из паровой фазы.
2. Конденсация пленки на подложке.
3. Рост зародышей и образование сплошных пленок. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок.
4. Основные характеристики проводящих пленок. Размерный эффект.
5. Островковые пленки.
6. Тонкопленочные резисторы. Керметы. Состав. ТКС.
7. Влияние состава и структуры на характеристики резисторов. Особенности проводимости резистивных пленок.
8. Диэлектрические пленки. Электропроводность.
9. Пробой тонких диэлектрических пленок.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

Согласована на портале № 84260

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 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.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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.

Согласована на портале № 84260

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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 84260

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 172 от «16» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Доцент, каф. ФЭ	И.А. Чистоедова	Согласовано, 2114f42c-7cf2-4826-9f35-9a75ea4961b2

РАЗРАБОТАНО:

Ассистент, каф. ФЭ	С.П. Иваничко	Разработано, 275f90b1-6fb5-4de4-9b3e-36c6ec230ad7
Старший преподаватель, каф. ФЭ	О.Н. Минин	Разработано, bc0229c4-d56c-4b1a-ab77-802c00cfe928

Согласована на портале № 84260