

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенов Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	2

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение электрохимических процессов в технологии микро- и нанoeлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Познакомиться с теоретическими основами протекания электрохимических процессов и закономерностями химического осаждения.
2. Изучить процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит.
3. Познакомиться с практическим применением электрохимических процессов в технологии микро- и нанoeлектроники.
4. Провести катодное осаждение, анодное растворение и химическое осаждение в рамках практических занятий.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.02.

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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и нанoeлектроники	Знает материалы и технологии, применяющиеся для изготовления изделий электроники и нанoeлектроники
	ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности	Умеет проводить оценку требуемых технологических решений для достижения целей при проектировании и изготовлении изделий на основе печатных плат, полупроводниковых интегральных схем и гибридных интегральных схем
	ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий)	Владеет терминологией, применяемой при проектировании и изготовлении изделий полупроводниковой электроники, гибридных интегральных схем

#### **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

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	72	72
Подготовка к зачету с оценкой	14	14
Подготовка к тестированию	13	13
Подготовка мультимедийной презентации	13	13
Выполнение индивидуального задания	11	11
Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	11	11
Подготовка к защите отчета по практическому занятию	10	10
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	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
<b>2 семестр</b>					
1 Теоретические основы электрохимии	6	6	17	29	ПК-2
2 Катодные процессы	2	4	18	24	ПК-2
3 Анодные процессы	4	4	18	26	ПК-2
4 Химическое осаждение	2	4	13	19	ПК-2
5 Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит	4	-	6	10	ПК-2
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	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
<b>2 семестр</b>			
1 Теоретические основы электрохимии	Электродный потенциал. Гальваническая ячейка. Электроды сравнения; Электрохимический ряд напряжений металлов. Уравнение Нернста. Закон Фарадея. Электрохимическая поляризация и ее практическая роль	6	ПК-2
	Итого	6	
2 Катодные процессы	Основные закономерности протекания катодных процессов. Катодные процессы микро- и нанометрового масштабов	2	ПК-2
	Итого	2	
3 Анодные процессы	Основные закономерности протекания анодных процессов. Оксидные анодные пленки. Пористый кремний. Анодные процессы как альтернатива механическим воздействиям в технологии производства полупроводниковых приборов	4	ПК-2
	Итого	4	
4 Химическое осаждение	Основные закономерности процессов химического осаждения. Сенсибилизация и активация. Химическое осаждение в производстве микроэлектроники	2	ПК-2
	Итого	2	

5 Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит	Кристаллическая решетка полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Уровень Ферми и равновесие на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит	4	ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

### 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
<b>2 семестр</b>			
1 Теоретические основы электрохимии	Электродный потенциал. Закон Фарадея. Расчет электродных потенциалов в электрохимических системах. Задачи на закон Фарадея	6	ПК-2
	Итого	6	
2 Катодные процессы	Катодные процессы. Электрохимическое осаждение меди	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Анодные процессы	Анодные процессы. Формирование пористого кремния	4	ПК-2
	Итого	4	
4 Химическое осаждение	Химическое осаждение меди	4	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
<b>2 семестр</b>				

1 Теоретические основы электрохимии	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Подготовка мультимедийной презентации	3	ПК-2	Мультимедийная презентация
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	3	ПК-2	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	2	ПК-2	Защита отчета по практическому занятию
	Итого	17		
2 Катодные процессы	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Подготовка мультимедийной презентации	3	ПК-2	Мультимедийная презентация
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	3	ПК-2	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	3	ПК-2	Защита отчета по практическому занятию
	Итого	18		

3 Анодные процессы	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Подготовка мультимедийной презентации	3	ПК-2	Мультимедийная презентация
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	3	ПК-2	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	3	ПК-2	Защита отчета по практическому занятию
	Итого	18		
4 Химическое осаждение	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка мультимедийной презентации	2	ПК-2	Мультимедийная презентация
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-2	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	2	ПК-2	Защита отчета по практическому занятию
	Итого	13		
5 Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка мультимедийной презентации	2	ПК-2	Мультимедийная презентация
	Итого	6		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

### 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, Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по практическому занятию, Индивидуальное задание, Мультимедийная презентация, 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
<b>2 семестр</b>				
Зачёт с оценкой	5	0	5	10
Защита отчета по практическому занятию	5	5	5	15
Защита отчета по индивидуальному заданию	5	5	5	15
Индивидуальное задание	5	5	5	15
Тестирование	5	5	5	15
Мультимедийная презентация	10	10	10	30
Итого максимум за период	35	30	35	100
Нарастающим итогом	35	65	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	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Физико-химические основы технологии электронных систем : учебное пособие / Е. В. Чикин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. - Томск : ТМЦДО, 2006. - 209 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 64 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Васильев, В. Ю. Технологии многоуровневой металлизации интегральных микросхем : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 131 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/306152>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Багоцкий, Владимир Сергеевич. Основы электрохимии : производственно-практическое издание / В. С. Багоцкий. - М. : Химия, 1988. - 399 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.).

2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7867>.

#### 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**

Учебно-научная лаборатория цифровой электроники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 228/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 4 шт.

Монитор 27" 3 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 4 шт.

Осциллограф цифровой MSO5104.Rigol 4 шт.

Системный блок 1 2 шт.

Системный блок AMD Ryzn 7 5 шт.

Панель интерактивная со встраиваемым ПК

- 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, 233 ауд.;

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 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 Теоретические основы электрохимии	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций
2 Катодные процессы	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций

3 Анодные процессы	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций
4 Химическое осаждение	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций
5 Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций

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
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 <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. На катоде протекает реакция
  - а) восстановления (осаждения);
  - б) окисления (растворения);

- в) диспропорционирования;
  - г) диссоциации
2. Какой из этих электродов относится к электродам сравнения?
    - а) платиновый электрод;
    - б) водородный электрод;
    - в) медный электрод;
    - г) алюминиевый электрод
  3. Исходя из закона Фарадея, можно рассчитать
    - а) ЭДС гальванического элемента;
    - б) время, в течение которого необходимо осаждать заданную толщину;
    - в) потенциал начала электрохимического осаждения;
    - г) время осаждения меди в нормальных условиях
  4. Исходя из положения в ряду электрохимических напряжений металлов, какой металл будет осаждаться из раствора своей соли на никелевую деталь?
    - а) алюминий;
    - б) железо;
    - в) серебро;
    - г) медь
  5. Электрохимическая поляризация - это
    - а) изменение потенциала электрода при прохождении через электролит тока;
    - б) разность потенциалов между стандартным и рабочим электродом;
    - в) потенциал металла, погруженного в раствор собственной соли;
    - г) изменение тока от значения потенциала
  6. Поляризация может быть следующих видов
    - а) диффузионная и термодинамическая;
    - б) кинетическая и диффузионная;
    - в) кинетическая и термодинамическая;
    - г) кинетическая
  7. Для полупроводникового кремния примесями n-типа являются
    - а) бор, алюминий;
    - б) мышьяк, бор;
    - в) фосфор, мышьяк;
    - г) все вышеперечисленное
  8. К катодным процессам относится
    - а) формирование пористого кремния;
    - б) металл-стимулированное травление;
    - в) формирование омических и барьерных контактов;
    - г) все вышеперечисленное
  9. Какое из этих веществ является сенсбилизатором при проведении химического осаждения меди?
    - а) формалин;
    - б) раствор хлористого палладия;
    - в) раствор хлористого олова;
    - г) раствор хлористого натрия
  10. Формирование пористого кремния является результатом реакций
    - а) окисления и восстановления;
    - б) окисления и растворения;
    - в) растворения и восстановления;
    - г) растворения, восстановления и окисления

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Основные элементы электрохимической ячейки. Электрохимические реакции на катоде и аноде.
2. Закон Фарадея. Практическое применение закона Фарадея.
3. Ряд напряжений металлов. Принцип расположения элементов.
4. Электрохимическая поляризация. Роль поляризации в гальванических процессах
5. Кристаллическая структура и проводимость полупроводников. Полупроводники n- и p-

- типа.
6. Равновесие на границе полупроводник/электролит.
  7. Зонная диаграмма полупроводника и электролита при наложении электрического тока.
  8. Катодные процессы в технологии микроэлектроники.
  9. Анодные процессы в технологии микроэлектроники.
  10. Химическое осаждение металлов. Способы активации и сенсибилизации. Роль компонентов в электролите химического меднения.

### **9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий**

1. Для получения медного покрытия толщиной 1 мкм при плотности тока 10 мА/см<sup>2</sup> необходимо вести осаждение в течение 4 мин. Рассчитать время осаждения меди толщиной 1 мкм для плотностей тока 25 и 60 мА/см<sup>2</sup>. Выход по току принять равным 100 %.
2. Как рекомендуется обрабатывать полупроводниковые пластины и металлические детали перед электрохимическим осаждением?
3. Способы обработки кремния перед электрохимическим осаждением. Влияние обработки на качество осажденных слоёв.
4. Активация и сенсибилизация при химическом осаждении.
5. Роль компонентов в растворах химического осаждения.

### **9.1.4. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий**

1. Электрохимический потенциал. Виды и способы определения.
2. Основные процессы в электрохимической ячейке. Виды анодов.
3. Уровень Ферми. Составление зонной диаграммы полупроводник/металл и полупроводник электролит.
4. Химическое и электрохимическое травление полупроводников. Изотропное, анизотропное и селективное травление.
5. Виды анодных покрытий и теоретические основы их формирования.
6. Химическое осаждение. Практическое применение и теоретические основы.

### **9.1.5. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий**

1. Проведение расчета ЭДС гальванического элемента.
2. Проведение расчета скорости осаждения меди, никеля.
3. Прогнозирование электрохимической реакции при формировании пористого кремния в зависимости от плотности тока и проводимости подложки.
4. Составление зонной диаграммы электролит/полупроводник в состоянии равновесия и при катодном процессе.
5. Составление зонной диаграммы электролит/полупроводник в состоянии равновесия и при анодном процессе.

### **9.1.6. Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций**

1. Теоретические основы электрохимии.
2. Катодные процессы.
3. Анодные процессы.
4. Химическое осаждение.
5. Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит.

## **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;

- 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.

**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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 3 от «18» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	Ю.В. Шульгина	Согласовано, ea49db22-c3de-481e- 88a5-479145e4aa44
Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a

### РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	И.В. Кулинич	Разработано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a
Преподаватель, каф. КУДР	И.О. Макскуль	Разработано, 04785434-ba9b-46f3- bb8c-741454260cc1