**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
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

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 (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 2 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 80629

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

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

### 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 наноэлектроники.
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 |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 80629

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и наноэлектроники | Знает материалы и технологии, применяющиеся для изготовления изделий электроники и наноэлектроники |
| | 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 |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 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 |
| **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.

Согласована на портале № 80629

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 |
|---|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | | |
| 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 |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 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 | |

Согласована на портале № 80629

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Процессы на границе полупроводник/металл и полупроводник/электролит | Кристаллическая решетка полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Уровень Ферми и равновесие на границе полупроводнки/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 |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 80629

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 | | |

Согласована на портале № 80629

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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,**

Согласована на портале № 80629

**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 |
|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | |
| 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

Согласована на портале № 80629

| 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. 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

Согласована на портале № 80629

### 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 Ryztn 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,

Согласована на портале № 80629

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 |

Согласована на портале № 80629

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |

Согласована на портале № 80629

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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<br>или<br>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. На катоде протекает реакция
   а) восстановления (осаждения);
   б) окисления (растворения);

Согласована на портале № 80629

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 мыть 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 сенсибилизатором 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-

Согласована на портале № 80629

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/см2 необходимо вести осаждение в течение 4 мин. Рассчитать время осаждения меди толщиной 1 мкм для плотностей тока 25 и 60 мА/см2. 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

Согласована на портале № 80629

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:

Согласована на портале № 80629

– 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.

Согласована на портале № 80629

## 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. Лощилов | Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.Г. Лощилов | 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. Максуль | Разработано, 04785434-ba9b-46f3-bb8c-741454260cc1 |

Согласована на портале № 80629