**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.
«26» _____06_____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

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: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2023 года (индивидуальный учебный план, гр. 933-М1-инд3)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 72 | 72 | часов |
| | 2 | 2 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 3 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 26.06.2024
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 81524

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение свойств материалов, используемых в производстве полупроводников, методов их анализа и контроля качества, а также получение навыков выбора материалов для микроэлектронных и наноэлектронных устройств с учетом требований к свойствам.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить основные материалы, используемые в производстве полупроводниковых устройств, их свойства и характеристики.
2. Освоить методы анализа материалов, включая химический состав, физические и электрические свойства, а также методы контроля качества материалов.
3. Получить практические навыки по изготовлению полупроводниковых структур и устройств на основе различных материалов.

## 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.01.10.
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 № 81524

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и наноэлектроники | Знает термины и математические законы, на которых основываются принципы работы полупроводниковых устройств |
| | ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умеет выбирать материалы и методы для создания полупроводниковых структур, анализировать и интерпретировать результаты измерений и экспериментов, разрабатывать и оптимизировать технологические процессы для производства полупроводниковых материалов и устройств, а также использовать современные программные средства для моделирования и анализа полупроводниковых структур |
| | 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 навыками анализа, описания и исследования электронных устройств с помощью средств для моделирования и анализа полупроводниковых структур на основе изученной литературы |

## 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 2 зачетных единиц, 72 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 |
|---|---|---|
| | | 3 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** | 36 | 36 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 20 | 20 |
| Подготовка к тестированию | 16 | 16 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 72 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 2 | 2 |

## 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

Согласована на портале № 81524

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | | |
| 1 Введение в полупроводниковые материалы и полупроводниковые устройства | 3 | 2 | 6 | 11 | ПК-2 |
| 2 Кристаллическая структура и зонная структура | 4 | 3 | 6 | 13 | ПК-2 |
| 3 Электрофизические свойства полупроводниковых материалов | 4 | 3 | 8 | 15 | ПК-2 |
| 4 Обработка и изготовление полупроводниковых материалов | 4 | 4 | 8 | 16 | ПК-2 |
| 5 Полупроводниковые приборы и схемы | 3 | 6 | 8 | 17 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 36 | 72 | |
| Итого | 18 | 18 | 36 | 72 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |
| 1 Введение в полупроводниковые материалы и полупроводниковые устройства | Определение основных терминов и понятий. Какие материалы используются, как они работают и как они применяются в микро-наноэлектронике | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 2 Кристаллическая структура и зонная структура | Простые и сложные кристаллические структуры. Теория групп и симметрии кристаллов. Использование теории групп для определения трансляционной симметрии кристаллов и правила отбора. Природа сил взаимодействия между атомами в кристалле. Квантовое колебание. Фотон. Плотность состояний. Адиабатическое приближение. Электрон в периодическом поле. Зона Бриллюэна. Теория функционала электронной плотности | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 81524

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Электрофизические свойства полупроводниковых материалов | Зависимость электропроводности носителей заряда от температуры в полупроводниках и металлах. Эффект Холла и его применение для исследования полупроводников с двумя типами носителей заряда. Магнитный эффект и термоэлектрические явления в полупроводниках, а также их применение в электронике. Сильное электрическое поле, которое может вызвать разогрев носителей заряда и другие эффекты. Эффект Ганна, Зинера и Френкеля, а также природа поверхностных уровней и теория слоя пространственного заряда в полупроводниках. Влияние поверхностной рекомбинации на длительность жизни носителей заряда в образцах конечной длины. Оптические коэффициенты и механизмы поглощения в полупроводниках: собственное и экситонное поглощения, учет электронно-дырочного взаимодействия и примесей | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Обработка и изготовление полупроводниковых материалов | Методы эпитаксии Si из газовой фазы, легирование и автолегирование, особенности выращивания структур со скрытыми слоями, газофазная эпитаксия, хлоридное, хлоридногидридное и МОСгидридное легирование, жидкостная эпитаксия и ее области применения, механизм кристаллизации из расплава, фазовое равновесие, равновесная и неравновесная кристаллизация, коэффициент распределения примесей, молекулярнолучевая эпитаксия, структуры для СВЧ транзисторов, диодов Шоттки, особенностей получения тонких слоев заданной неоднородности распределения примесей, структуры со скрытыми слоями, получение структур с диэлектрическими и поликристалмическими слоями, получение КНИ структур, методы прямого и непрямого формирования, глубокая имплантация кислорода и азота, расчет требуемых доз, отжиг рекристаллизации | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 81524

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Полупроводниковые приборы и схемы | Применение полупроводниковых диодов: однофазная однополупериодная, двухполупериодная со средней точкой, однофазная мостовая, параметрический стабилизатор напряжения, биполярные транзисторы, структура и режимы работы, физические процессы, схемы включения, статические характеристики, эквивалентные схемы, режимы работы, предельные режимы, расчет рабочего режима, динамические характеристики, режимы работы усилительных каскадов, полевые транзисторы, полевой транзистор с p-n переходом, схемы включения. Фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители. Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Фототиристоры. Светодиоды. Оптоэлектронные устройства | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 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 |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |
| 1 Введение в полупроводниковые материалы и полупроводниковые устройства | Элементы низкоразмерных структур. Определение проводимости, удельного и слоевого сопротивления основных полупроводниковых материалов | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Кристаллическая структура и зонная структура | Атомная и зонная структура. Применение приближений зонной теории | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 3 Электрофизические свойства полупроводниковых материалов | Решение задач на расчет основных параметров полупроводниковых материалов и определение свойств контактов металл-полупроводник | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |

Согласована на портале № 81524

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Обработка и изготовление полупроводниковых материалов | Токи утечки. Исследование влияния технологических параметров на качество полупроводниковых кристаллов | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Полупроводниковые приборы и схемы | Исследование туннельного эффекта. Моделирование и исследование характеристик полупроводникового диода при различных режимах работы | 3 | ПК-2 |
| | Исследование параметров и характеристик биполярного транзистора при различных режимах работы | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| 1 Введение в полупроводниковые материалы и полупроводниковые устройства | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Кристаллическая структура и зонная структура | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Электрофизические свойства полупроводниковых материалов | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |

Согласована на портале № 81524

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 Обработка и изготовление полупроводниковых материалов | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 5 Полупроводниковые приборы и схемы | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| Итого | | 36 | | |

### 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, 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 |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 15 | 15 | 15 | 45 |
| Тестирование | 15 | 15 | 25 | 55 |
| Итого максимум за период | 30 | 30 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 30 | 60 | 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.

Согласована на портале № 81524

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. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212135.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Микушин, А. В. Физические основы электроники / А. В. Микушин. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 148 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/311846.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Бунтов, Е. А. Современные устройства и элементы наноэлектроники : учебно-методическое пособие / Е. А. Бунтов, А. С. Вохминцев, Т. В. Штанг. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2022. — 132 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/231632.

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.

Согласована на портале № 81524

## 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 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.

Согласована на портале № 81524

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 Введение в полупроводниковые материалы и полупроводниковые устройства | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Кристаллическая структура и зонная структура | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Электрофизические свойства полупроводниковых материалов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Обработка и изготовление полупроводниковых материалов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Полупроводниковые приборы и схемы | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

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 № 81524

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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. 1. Теплопроводность, обусловленная переносом тепла за счет тепловых колебаний атомов кристаллической решетки, называется…
   1. фононная;

Согласована на портале № 81524

2. электронная (дырочная);
3. биполярная;
4. фотонная;
5. экситонная.

2. Эффект, связанный со сложной зонной структурой в полупроводниках и возможностью межзонного или междолинного рассеяния, называется
   1. эффектом Зинера;
   2. эффектом Ганна;
   3. ударной ионизацией;
   4. эффектом Холла.
3. Впервые свой эффект Ганна наблюдал в…
   1. фосфиде индия;
   2. фосфиде галлия;
   3. кремнии;
   4. арсениде галлия.
4. Уменьшение энергии ионизации донора увеличивает вероятность термического возбуждения согласно статистике…
   1. Бозе-Эйнштейна;
   2. Ферми-Дирака;
   3. Максвелла-Больцмана;
   4. Больцмана.
5. Рекомбинация, при которой электрон прежде, чем рекомбинировать с дыркой, захватывается некоторым локальным центром, имеющим уровень энергии в запрещенной зоне, а затем переходит в валентную зону и рекомбинирует с дыркой, называется…
   1. примесной рекомбинацией;
   2. рекомбинацией через локальные состояния;
   3. межпримесной рекомбинацией;
   4. экситонной рекомбинацией.
6. Для характеристики рекомбинационных процессов в полупроводнике вводится понятие…
   1. время жизни неосновных носителей заряда;
   2. время жизни основных носителей заряда;
   3. концентрации неосновных носителей заряда;
   4. концентрации основных носителей заряда.
7. Поглощение света полупроводником, связанное с возбуждением колебаний кристаллической решетки, называют … поглощением.
   1. решеточным;
   2. примесным;
   3. собственным;
   4. экситонным.
8. Каким эпитаксиальным методом выращивают полупроводниковые структуры GaN для кристаллов синего цвета свечения?
   1. MOCVD;
   2. CVD;
   3. MBE;
   4. OLED.
9. Метод эпитаксиального выращивания тонких пленок в условиях сверхвысокого вакуума (до 10−8Па), при котором молекулярные или атомарные пучки направляются на монокристаллическую нагретую подложку.
   1. MBE;
   2. MOCVD;
   3. MOVPE;
   4. HVPE.
10. Напыление конденсацией из паровой (газовой) фазы обозначает группу методов напыления покрытий (тонких плёнок) в вакууме, при которых покрытие получается путём прямой конденсации пара наносимого материала.
    1. PVD;

Согласована на портале № 81524

2. MOCVD;
3. HVPE;
4. CVD.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Современные микропроцессоры компании Intel содержат в себе несколько миллиардов транзисторов, все из которых находятся в рабочем состоянии (как будто все население Земли – абсолютно здоровое). Предположим, что вероятность изготовления одного отдельно взятого годного транзистора равна p=0,9999999. Тогда вероятность того, что в устройстве из N элементов все элементы будут в рабочем состоянии равна q=pN. Легко вычислить, что при N=109 q примерно равен 0,00005. Т.е. согласно вероятностным расчетам интегральные схемы не могут работать. Однако практика говорит об обратном. В чем же здесь дело?
2. Поясните, чем современная технология изготовления транзисторов отличается от планарной? Опишите конструкцию FinFET транзистора. Почему компании Intel и AMD используют для этой конструкции различные подложки?
3. Какие физические причины обусловили на первоначальном этапе создания полупроводниковой промышленности использование германия, который затем был заменен на кремний? Почему это случилось?
4. Назовите три основные технологические проблемы, которые необходимо было решить изобретателям интегральной схемы. Каким образом эти проблемы были решены?
5. Почему для современных ИМС, изготовленных по биполярной технологии, используются пластины с ориентацией (111), а для МОП-технологии - используют пластины с ориентацией (100)?

## 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

Согласована на портале № 81524

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.

Согласована на портале № 81524

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 7 от « 4 » 6 2024 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 № 81524