

Документ подписан электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко Павел Васильевич
Должность: Проректор по учебной работе
Дата подписания: 25.10.2023 08:50:03
Уникальный программный ключ:
27e516f4c088deb62ba68945f4406e13fd454355

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 учебной работе

Документ подписан электронной подписью

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

Владелец: Сенченко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия | 36 | 36 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 38 | 38 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4 | 4 | з.е. |

Формы промежуточной аттестация

Семестр

| | |
|---------|---|
| Экзамен | 7 |
|---------|---|

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, физико-химических, оптических и спектральных свойств наноматериалов и наносистем, усвоение фундаментальных принципов, на которых строится функционирование приборов для исследований, формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

1.2. Задачи дисциплины

1. Задачей изучения дисциплины является знакомство с конструкцией исследовательской аппаратуры, условиями эксплуатации, современными методами исследований, освоение студентами основных принципов работы с приборами, получение практических навыков при проведении исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.15.

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 | | |
| ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования | ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математического анализа | знает физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии наноэлектроники, условия реализации и границы применения этих методов; знает тенденции развития методов характеристики материалов и структур нано- и микросистем |
| | ОПК-1.2. Умеет использовать физические и математические законы при решении задач профессиональной деятельности | умеет выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств нано- и микросистем |
| | ОПК-1.3. Владеет физическим и математическим аппаратом для решения профессиональных задач | владеет методами экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных |

| Профессиональные компетенции | | |
|--|--|--|
| ПКР-2. Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники | ПКР-2.1. Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов | знает физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нанoeлектроники, условия реализации и границы применения этих методов; знает тенденции развития методов характеристики материалов и структур нано- и микросистем |
| | ПКР-2.2. Умеет выбрать и применить метод анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники | умеет выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств нано- и микросистем |
| | ПКР-2.3. Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований | владеет методами экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных |

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 4 зачетных единиц, 144 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 |
|---|-------------|-----------|
| | | 7 семестр |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 70 | 70 |
| Лекционные занятия | 36 | 36 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 38 | 38 |
| Подготовка к тестированию | 8 | 8 |
| Выполнение индивидуального задания | 4 | 4 |
| Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 9 | 9 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 13 | 13 |
| Подготовка к контрольной работе | 4 | 4 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость (в часах) | 144 | 144 |
| Общая трудоемкость (в з.е.) | 4 | 4 |

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 | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | 1 | - | - | 1 | 2 | ОПК-1 |
| 2 Объекты и методы исследования | 4 | - | - | 2 | 6 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | 4 | 7 | 4 | 7 | 22 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 4 Оптические методы исследования | 5 | 8 | 4 | 8 | 25 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 5 Рентгеновские методы исследования структуры и состава материалов | 5 | 1 | - | 4 | 10 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 6 Ядерно-физические методы анализа | 9 | 1 | 4 | 8 | 22 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | 5 | 1 | 4 | 7 | 17 | ОПК-1, ПКР-2 |
| 9 Подготовка образцов и эксплуатация аналитических комплексов | 3 | - | - | 1 | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| Итого за семестр | 36 | 18 | 16 | 38 | 108 | |
| Итого | 36 | 18 | 16 | 38 | 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 |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | Предмет дисциплины и ее задачи. Связь дисциплины с другими разделами физики. Современное состояние и перспективы развития физических методов исследований. | 1 | ОПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Объекты и методы исследования | Исследуемые свойства нано- и микроструктур и методы их контроля. Структурные дефекты и методы их исследований. Влияние дефектов на электрические, оптические, тепловые и механические свойства материалов | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |

| | | | |
|--|---|---|--------------|
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | лектропроводность. Концентрация носителей заряда. Подвижность носителей. Время жизни неравновесных носителей. Поверхностная проводимость и поверхностная концентрация носителей заряда. Вольт-фарадные характеристики полупроводниковых структур. Исследование электрохимических процессов на поверхности структур. Полярография. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Оптические методы исследования | Электронная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия. Спектроскопия рамановского рассеяния. Эллипсометрия. Оптическая микроскопия. Оптическая профилометрия поверхности структур. Конструкция и характеристики некоторых устройств. | 5 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 5 | |
| 5 Рентгеновские методы исследования структуры и состава материалов | Физические основы методов. Рентгенофазный, рентгеноспектральный методы. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Конструкция и устройство аппаратуры для рентгенофазового и рентгеноспектрального (электроннозондового) анализа. | 5 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 5 | |
| 6 Ядерно-физические методы анализа | Методы оже-спектроскопии, масс-спектроскопия вторичных ионов и методы обратного резерфордовского рассеяния. Измерение концентрации концентрационных профилей. Аппаратурная реализация. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Просвечивающая и растровая электронная микроскопия. Сканирующая ультразвуковая микроскопия. Аппаратурная реализация. | 5 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 9 | |

| | | | |
|---|---|----|--------------|
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Вольтамперная характеристика туннельного контакта метал – вакуум - металл. Формула Симмонса. Контраст работы выхода в СТМ. Устройство и физические основы работы оптико-механического атомносилового сенсора в контактном режиме. Применение СЗМ для исследования пространственного распределения температуры поверхности твердых тел и микроэлектронных приборов. Методы визуализации СЗМ изображений. Статический анализ СЗМ данных. | 5 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 5 | |
| 9 Подготовка образцов и эксплуатация аналитических комплексов | Подготовка образцов и эксплуатация аналитических комплексов | 3 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 36 | |
| Итого | | 36 | |

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 |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | |

| | | | |
|--|---|----|--------------|
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | Расчет удельного сопротивления и концентрации носителей заряда. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение удельного сопротивления и концентрации носителей заряда методом Ван дер Пау. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение удельного сопротивления эпитаксиальных структур четырехзондовым методом. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение концентрации свободных носителей заряда методом вольт-фарадных характеристик. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение эффективной массы | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 7 | |
| 4 Оптические методы исследования | Определение свойства кристаллов. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Определение концентрации носителей методом ИК-эллипсометрии. | 2 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Просветляющие покрытия | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Отражение поляризованного света. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Люминесценция | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Эллипсометрия. | 2 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 8 | |
| 5 Рентгеновские методы исследования структуры и состава материалов | Рентгеновские методы исследования кристаллической структуры. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 1 | |
| 6 Ядерно-физические методы анализа | Методы обратного резерфордского рассеяния и масс-спектропии вторичных ионов. | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 1 | |
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | Методы атомно-силовой и туннельной микроскопии | 1 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.
Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | |
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | Исследования профиля распределения концентрации в полупроводниковых наноструктурах. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Оптические методы исследования | Исследование оптических и геометрических свойств тонкослойных диэлектрических материалов с помощью спектральной эллипсометрии. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Ядерно-физические методы анализа | Исследование состава и структуры тонких пленок с помощью электронной растровой микроскопии. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | Исследование топологии наноструктур с помощью оптической и атомно-силовой микроскопии. | 4 | ОПК-1, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

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 |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Объекты и методы исследования | Выполнение индивидуального задания | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |

| | | | | |
|--|--|---|--------------|---|
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | Выполнение индивидуального задания | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-1, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 7 | | |
| 4 Оптические методы исследования | Выполнение индивидуального задания | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 5 Рентгеновские методы исследования структуры и состава материалов | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Ядерно-физические методы анализа | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-1, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |

| | | | | |
|---|--|----|--------------|---|
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2 | ОПК-1, ПКР-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 3 | ОПК-1, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 7 | | |
| 9 Подготовка образцов и эксплуатация аналитических комплексов | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 38 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 74 | | |

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-1 | + | + | + | + | Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по практическому занятию (семинару) |
| ПКР-2 | + | + | + | + | Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по практическому занятию (семинару) |

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 |
|------------------------|--|---|---|------------------|
| 7 семестр | | | | |
| Индивидуальное задание | 0 | 12 | 0 | 12 |

| | | | | |
|---|----|----|----|-----|
| Контрольная работа | 8 | 0 | 8 | 16 |
| Лабораторная работа | 0 | 10 | 12 | 22 |
| Тестирование | 0 | 5 | 0 | 5 |
| Отчет по практическому занятию (семинару) | 4 | 4 | 7 | 15 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 12 | 31 | 27 | 100 |
| Нарастающим итогом | 12 | 43 | 70 | 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. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем: Учебное пособие / С. В. Смирнов - 2010. 115 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/535>.

2. Методы исследования материалов и структур электроники : учебное пособие / С. В. Смирнов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 170[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 91 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / И. А. Чистоедова, Т. И. Данилина - 2011. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/547>.

2. Газенаур, Е. Г. Методы исследования материалов : учебное пособие / Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, В. И. Крашенинин. — Кемерово : КемГУ, 2013. — 336 с. — ISBN 978-5-8353-1578-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44317>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44317>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем: Лабораторный практикум / С. В. Смирнов - 2010. 97 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/536>.

2. Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе / И. А. Чистоедова, С. В. Смирнов - 2018. 53 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7451>.

3. Методы исследования материалов и структур электроники : лабораторный практикум для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / С. В. Смирнов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 58 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

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

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

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

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

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной

аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

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

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория гетероструктурной электроники и светодиодной техники: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 216 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Оптический УФ спектрометр USB2000;
- ИК Фурье-спектрометр Infracum FT-801 с приставкой на отражение;
- Растровый электронный микроскоп Hitachi TM-1000 с микроанализатором Bruker Quantax 50EDX;

- Рамановский спектрометр Avantes-532TEC;
- Измеритель параметров полупроводниковых приборов Метроном-03;
- Микроинтерферометр Линника МИИ-4М;
- Цифровой RLC-метр Protek 9216A;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20;
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Ноутбук ASUS;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- AvaSoft ThinFilm – USB1;
- AvaSoft-Raman for AvaSpec;
- AvaSpec – USB 1;
- Avast;
- Bruker QUANTAX 50;
- ExpertPRO 801;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows XP;
- OOIBase;
- PDF-XChange Viewer;
- TM-1000;
- ВАХ;
- ВФХ;

8.4. 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, 201 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.

8.5. 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 Введение, цели и задачи дисциплины | ОПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Объекты и методы исследования | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

| | | | |
|--|--------------|---|--|
| 3 Электрические и электрохимические методы исследований наноструктур | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 4 Оптические методы исследования | ОПК-1, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 5 Рентгеновские методы исследования структуры и состава материалов | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |

| | | | |
|---|--------------|---|--|
| 6 Ядерно-физические методы анализа | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 8 Атомно-силовая и туннельная микроскопия | ОПК-1, ПКР-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 9 Подготовка образцов и эксплуатация аналитических комплексов | ОПК-1, ПКР-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

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) | $\geq 90\%$ от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.
Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- По какой формуле определяется электропроводность собственного полупроводника:
а) $\sigma = e n \mu_n$; б) $\sigma = e \mu_p$; в) $\sigma = e n \mu_n + e \mu_p$; г) $\sigma = J/\bar{E}$.
- Какую зависимость используют для определения ширины запрещенной зоны полупроводников:
а) зависимость $E_F = f(T)$; б) зависимость $n = f(T)$; в) зависимость $\ln \sigma = f(1/T)$; г) зависимость $\ln N_d = f(T)$
- Какие свойства полупроводникового материала влияют на его электропроводность:
а) только размеры образца; б) только концентрация носителей заряда; в) совершенство структуры и концентрация носителей заряда; г) только вид кристаллической решетки.
- Сколько участков различной крутизны содержит зависимость $\ln \sigma = f(1/T)$ для полупроводника с одним типом легирующей примеси: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.
- Напишите формулу выражающую закон Брэгга?
а) $2 \sin \theta = n \lambda$; б) $2 a \sin 2 \theta = n \lambda$; в) $2 a \cos \theta = \lambda$; г) $2 d \sin \theta = n \lambda$.
- Условие интерференции Лауэ?
а) $(\cos \theta - \sin \theta) = m \lambda$; б) $2 d \sin \theta = m \lambda$; в) $a(\cos \theta - \cos \theta_1) = m \lambda$; г) $d(\sin \theta - \sin \theta_1) = m \lambda$.

7. Какие физические явления в кристаллах обусловлены агармоническими эффектами?
 - а) теплоемкость и теплота плавления; б) теплопроводность и тепловое расширение; в) электропроводность и электрическое сопротивление; г) прочность и пластичность.
8. Что такое коэффициент линейного теплового расширения:
 - а) $\alpha = \Delta l / l$; б) $\alpha = (\Delta l / l)(1 / \Delta T)$; в) $\alpha = \Delta l / l T$; г) $\alpha = (l / \Delta l)(1 / T)$.
9. Закон распространения тепла Фурье:
 - а) $Q = -\lambda \text{grad} T$; б) $Q = \lambda(T_1 - T_2)$; в) $Q = \lambda(d^2 T / dx^2)$; г) $Q = C_v \text{grad} T$.
10. Какой формулой Дебай установил связь теплопроводности с теплоемкостью?
 - а) $\lambda = C V T$; б) $\lambda = C_v dT / dx$; в) $\lambda = d C V / dT$; г) $\lambda = (1/3) v_{zv} C V l_{sv}$.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Физические характеристики поверхности материалов и методы их исследования.
2. Рентгеноструктурный анализ.
3. Электрофизические характеристики материалов и их измерение.
4. Электронная ОЖЕ – спектроскопия.
5. Тонкие диэлектрические пленки и методы измерения их параметров.
6. Масс – спектроскопия вторичных ионов.
7. Квантоворазмерные эффекты в тонкопленочных структурах и методы их исследования.
8. Электронная и оптическая микроскопия.
9. Методы измерения профиля распределения элементов в тонкопленочных структурах.
10. Туннельная и силовая микроскопия.
11. Методы диагностики наноструктур.
12. Оптическая ИК – спектроскопия.
13. Электрофизические характеристики полупроводниковых эпитаксиальных структур и методы их исследования.
14. Рентгеноспектральный микроанализ.
15. Эффект Холла и его применение в исследовании полупроводниковых материалов.
16. Неравновесные носители заряда в полупроводниках и методы их исследования.
17. Тонкие диэлектрические пленки и методы измерения их параметров.
18. Методы диагностики наноструктур.
19. Спектроскопия обратного рассеяния ионов.
20. Оптические характеристики материалов и методы их исследования.
21. Лазерная эллипсометрия и ее применение.
22. Параметры энергетической структуры полупроводников и методы их исследования.
23. Оптическая электронная спектроскопия.
24. Поверхностные явления в полупроводниках и методы их исследования.

9.1.3. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Вариант 1
Разработать фотоприемное устройство для спектрометрии. Представить принципиальную оптическую и электрическую схемы устройства. Рассчитать режимы работы элементов и погрешность измерений.
Исходные данные: Спектральный диапазон 0,2 – 1 мкм. Рабочая температура 300С. Частота модуляции 100-1000 Гц.
2. Вариант 2
Метод исследования оптических свойств тонких слоев SiO₂ в инфракрасной области спектра. Представить принципиальную оптическую, электрическую и монтажную схемы устройства. Разработать технологию изготовления элементов схемы. Рассчитать режимы работы элементов.
Исходные данные: Спектральный диапазон 0,4-2 мкм. Плотность мощности излучения 103 Вт/см². Длительность импульсов 0,1-10 с; Диаметр обрабатываемого изделия 100 мм.
3. Вариант 3
Разработать устройство для лазерной эллипсометрии. Представить анализ устройства. Привести принципиальную оптическую и электрическую схемы. Рассчитать режимы

работы элементов. Рассчитать погрешность измерений.

Исходные данные: Длина волны лазерного излучения 623 нм; Частота следования импульсов 10 Гц; Рабочее поле диаметром не менее 40 мм; Плотность энергии 1 Дж/см².

4. Вариант 4

Исследование МДП наноструктур методом вольт -фарадных характеристик. Представить анализ устройства.

Привести электрическую схему. Представить монтажную схему. Разработать технологию изготовления элементов

схемы. Рассчитать режимы работы элементов.

Исходные данные

1. Передатчик – полупроводниковый лазер.
2. Приемник – кремниевый фотодиод.
3. Длина линии 1 км.
4. Скорость передачи информации.
5. Рабочая частота 1 ГГц.

5. Вариант 5

Разработать устройство для лазерной эллипсометрии.

Представить анализ устройства. Привести принципиальную оптическую и электрическую схемы. Рассчитать режимы работы элементов. Рассчитать погрешность измерений.

Исходные данные:

1. Длина волны лазерного излучения 623 нм;
2. Частота следования импульсов 10 Гц;
3. Рабочее поле диаметром не менее 40 мм;
4. Плотность энергии 1 Дж/см².

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследования профиля распределения концентрации в полупроводниковых наноструктурах.
2. Исследование оптических и геометрических свойств тонкослойных диэлектрических материалов с помощью спектральной эллипсометрии.
3. Исследование состава и структуры тонких пленок с помощью электронной растровой микроскопии.
4. Исследование топологии наноструктур с помощью оптической и атомно-силовой микроскопии.

9.1.5. Темы практических занятий

1. Расчет удельного сопротивления и концентрации носителей заряда.
2. Определение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла.
3. Определение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла.
4. Определение удельного сопротивления и концентрации носителей заряда методом Ван дер Пау.
5. Определение удельного сопротивления эпитаксиальных структур четырехзондовым методом.
6. Определение концентрации свободных носителей заряда методом вольт-фарадных характеристик.
7. Определение эффективной массы
8. Определение свойства кристаллов.
9. Определение концентрации носителей методом ИК-эллипсометрии.
10. Просветляющие покрытия
11. Отражение поляризованного света.
12. Люминесценция
13. Эллипсометрия.
14. Рентгеновские методы исследования кристаллической структуры.
15. Методы обратного резерфордского рассеяния и масс-спектропии вторичных ионов.

16. Методы атомно-силовой и туннельной микроскопии

9.1.6. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Вариант 1.

1. Совершенный кристалл GaAs толщиной в 1 мм освещается при 0 К фотонами с энергией 1,2 эВ ($\alpha=10 \text{ см}^{-1}$). Поток света составляет 10^{20} фотон/см²с. Найти величину потока света проходящего сквозь кристалл.
2. Измерение сопротивления методом Ван дер Пау. Размеры образца: $2a=3\text{мм}$, $2b=2 \text{ мм}$, $d=0,1 \text{ мм}$, $2c=3 \text{ мм}$. Измерительный ток 1 мА. Падение напряжения на контактах 4-3 при пропускании тока через контакты 1-2 составляет 1 В. А при токе на контактах 2-3 падение напряжения на контактах 1-4 составляет 1,2 В. Найти удельное сопротивление образца.
3. Пластина из полупроводника GaSb ($n=5$, $k=0,82$) собственной проводимости толщиной 0,1 мм освещается излучением He - Ne лазера с плотностью энергии 0,1 Дж·см⁻². Определите длину волны и интенсивность люминесценции при 300 К.

2. Вариант 2

1. На поверхность Si нанесена тонкая пленка SiO₂. В результате в системе получен минимум коэффициента отражения на длине волны 1 мкм. Найти толщину пленки.
2. В конкретном эксперименте по циклотронному резонансу $V=0,1 \text{ Вб/м}^2$, при этом $N_c=10^{10} \text{ см}^{-3}$. Найдите резонансную частоту.
3. В методе резерфордовского рассеяния энергия отраженных от передней плоскости пленки хрома ионов Ar под углом 45 град имеет величину 0,5 МэВ. Определите начальную энергию ионов Ar.

3. Вариант 3

1. Образец германия n-типа толщиной 1 мм покрыт слоем SiO₂ толщиной 1 мкм. Коэффициент пропускания этого образца ИК-излучение $\nu = 1500 \text{ см}^{-1}$ равен 30 %. Найдите концентрацию носителей заряда. $T=300 \text{ К}$.
2. На пластину из кремния толщиной 1 см нормально падает плоскополяризованный свет длиной волны 10 мкм. Через пластину в этом случае проходит 15% света. Нужно определить коэффициент отражения этого же света при двух ориентациях вектора поляризации: а) параллельно плоскости падения света; б) нормально к плоскости падения; при углах падения 40 град и 60 град.
3. Для рентгеноструктурного анализа Au используется излучение $K\alpha$ Co (постоянная экранирования $\sigma = 1,13$). Найти:
а) Длину волны рентгеновского излучения; б) Углы отражения от плоскостей [111], [220], [311]; в) Межплоскостное расстояние.

4. Вариант 4

1. Пластина из кремния ($n=4$, $k=0,21$) собственной проводимости толщиной 0,1 мм освещается излучением He-Ne лазера с плотностью энергии 0,1 Дж·см⁻². Определите длину волны и интенсивность люминесценции при 300 К.
2. На поверхность стекла ($n=1,56$) нанесен слой Si₃N₄ толщиной 0,25 мкм. Найти длину волны, при которой наблюдается максимум коэффициента отражения.
3. Статический масс-анализатор. Радиус траектории ионов 1 м. Магнитная индукция в зазоре 0,54 Тл. Найти ускоряющие напряжения для всех видов ионов ацетилен, напряжение ионизации 100 В.
4. В эксперименте по циклотронному резонансу максимальное поглощение обнаружено при $\nu=1,3 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$ при $N_c=10^{19} \text{ см}^{-3}$. Найдите В.

5. Вариант 5

1. Определите термо-эдс, концентрацию, подвижность электронов в германии n-типа, для которого, при некоторых условиях и при 300 К, удельное сопротивление равно 0,01 Ом м и $RH=7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$, $rH=1,15$. Определите также концентрацию носителей заряда.
2. Найдите электрическое сопротивление цилиндра из германия диаметром 1мм и длиной 10 см при 300К и 400К
Найдите среднее время релаксации, среднюю дрейфовую скорость и длину свободного

пробега электронов, при напряженности поля 10 В/см.

3. В методе Резерфордского рассеяния пленка золота бомбардируется ионами Ag энергией 1 МэВ. Определите

энергию отраженных от передней плоскости ионов под углом 30°.

4. Найти углы отражения от плоскостей [100], [110], [111] кристалла Cr, соответствующие дифракционным

максимумам 1-ого порядка для характеристического рентгеновского излучения Cu.

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 9.2.

Таблица 9.2 – 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 ФЭ
протокол № 103 от «31» 10 2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1с6сfa0a-52a6-4f49- aef0-5584d3fd4820 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1с6сfa0a-52a6-4f49- aef0-5584d3fd4820 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|--------------------------------|----------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано, с2e55ae8-0332-4ed9- a65a-afbb92539ee8 |
| Заведующий кафедрой, каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1с6сfa0a-52a6-4f49- aef0-5584d3fd4820 |

РАЗРАБОТАНО:

| | | |
|--------------------|-----------------|--|
| Доцент, каф. ФЭ | И.А. Чистоедова | Разработано, 2114f42c-7cf2-4826- 9f35-9a75ea4961b2 |
| Профессор, каф. ФЭ | С.В. Смирнов | Разработано, 57с2a753-1aab-4с62- b975-6090adf83285 |