



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета

Н.М. Буднев

«17» апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Наименование дисциплины (модуля):** Б1.В.ДВ.01.02 Применение материалов и компонентов электроники

**Направление подготовки:** 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

**Направленность (профиль) подготовки:** Электроника и нанoeлектроника

**Квалификация выпускника:** Магистр

**Форма обучения:** очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики

**Протокол №** 7  
от «26» марта 2024 г.

**Зав. кафедрой** д.ф.-м.н., профессор  
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2024 г.

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины .....</b>	<b>4</b>
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3. Содержание учебного материала .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....</b>	<b>10</b>
<b>4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....</b>	<b>10</b>
<b>4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....</b>	<b>11</b>
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>12</b>
<i>а) перечень литературы .....</i>	<i>12</i>
<i>б) список авторских методических разработок .....</i>	<i>12</i>
<i>в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....</i>	<i>13</i>
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>13</b>
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....</b>	<b>14</b>

## **I. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

**Целями** освоения дисциплины «Методы исследования материалов и структур электроники» являются:

- расширение фундаментальных знаний в области физики полупроводников и диэлектриков.

- ознакомление с основными физическими и физико-химическими методами исследования состава полупроводников и диэлектриков

- формирование личности, подготовленной к профессиональной деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки (в том числе к научно-исследовательской работе) в области фундаментальной и прикладной физики полупроводников и диэлектриков.

**Задачами** дисциплины являются следующие:

- 1) Развитие мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять физические явления;
- 2) Ознакомление студентов с представлениями о современных методах исследования состава полупроводников и диэлектриков;
- 3) изучение основных принципов работы современных измерительных комплексов для исследования физико-химических свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов;
- 4) Развитие навыков делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований.

## **II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Б1.В. ДВ.01.02 «Применение материалов и компонентов электроники» является дисциплиной профессионального цикла и относится к базовой части образовательной программы по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» магистерской программы «Электроника и наноэлектроника». Курс предполагает наличие у студентов первичных знаний в области физики, химии, спектроскопии полупроводников и диэлектриков.

Дисциплина связана с курсами «Физика конденсированного состояния», «Физическая химия материалов», «Физика диэлектриков», «Физика полупроводников».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

### III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Осознанно выбирать пути решения научных задач на основе анализа знаний из области физического материаловедения (ПК-2):

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	<p>1.1 Знать основные направления развития современного физического материаловедения.</p> <p>1.2 Уметь осуществить выбор экспериментального исследования и модификации материалов и структур электроники и наноэлектроники методами современного материаловедения.</p> <p>1.3 Владеть навыками решения задач исследования, модификации и контроля материалов и структур электроники и наноэлектроники на основе анализа знаний из области физического материаловедения.</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные современные методы измерения параметров материалов, понимать физические процессы, лежащие в основе этих методов, уметь объяснить влияние контролируемых параметров материалов на характеристики приборов и структур на их основе</li> <li>• физические принципы построения и работы оборудования для исследования полупроводников и диэлектриков;</li> <li>• современный научно-технический уровень производства и исследований полупроводниковых и диэлектрических материалов.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывать выбор методов исследования для определения характеристик полупроводниковых и диэлектрических материалов при решении конкретной практической задачи;</li> <li>• применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований;</li> <li>• участвовать в научных исследованиях, направленных на изучение структуры, состава и свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• информацией о современных тенденциях в развитии методов исследования материалов и структур электроники, их аппаратного оформления;</li> <li>• навыками интерпретации результатов исследований, полученных отдельными методами.</li> <li>• методами обработки полученных экспериментальных данных на основе современных информационных технологий.</li> </ul>

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов, в том числе 80 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачет.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
				Лекции	практические	Консультации		
1	Введение в физико-химические методы исследований материалов.	1	21	5	4		12	Опрос
2	Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники	1	21	4	5		12	Опрос
3	Спектроскопические методы анализа материалов		20	4	4		12	Опрос
4	Оптические методы исследования материалов	1	22	5	5		12	Опрос
5	Методы рентгеновского анализа материалов.	1	20	4	4		12	Опрос
6	Хроматографические методы анализа.	1	21	5	4		12	Опрос
7	Резонансные методы исследования	1	22	5	5		12	Опрос
8	Основные задачи диагностики состава полупроводников.	1	21	4	5		12	Опрос
	зачет	1	4				4	Тестирование
	КСР	1	8					
	<b>Итого часов</b>		<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>100</b>	<b>8</b>

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Введение в физико-химические методы исследований материалов.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Спектроскопические методы анализа материалов	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Оптические методы исследования материалов	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Методы рентгеновского анализа материалов.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Хроматографические методы анализа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Резонансные методы исследования	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Основные задачи диагностики состава полупроводников.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	<b>Подготовка к зачёту</b>	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра	4	Тест	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				100		

### **4.3. Содержание учебного материала**

#### ***Тема 1. Введение в физико-химические методы исследований материалов.***

Общая характеристика физико-химических методов исследований материалов. Достоинства и недостатки физико-химических методов исследований полупроводников и диэлектриков. Основные приемы, используемые в физико-химических методах анализа.

#### ***Тема 2. Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники.***

Измерения удельного сопротивления и концентрации носителей заряда. Методы исследования концентрации и подвижности носителей заряда: Эффект Холла, метод вольт-фарядных характеристик барьера Шоттки, определение концентрации носителей заряда методом плазменного резонанса, определение концентрации по эффекту Фарадея. Методы измерения параметров неравновесных носителей заряда: Измерение дрейфовой подвижности; Определение времени жизни носителей заряда. Методы исследования зонной структуры материалов: Циклотронный резонанс; методы измерения ширины запрещенной зоны.

#### ***Тема 3. Спектроскопические методы анализа материалов***

Основы спектроскопических методов анализа. Классификация спектроскопических методов. Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный анализ. Происхождение спектров испускания. Источники возбуждения и способы регистрации спектров. Качественный и количественный анализ по спектрам испускания. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Источники излучения, атомизаторы, приемники излучения. Масс-спектрометрия, основные принципы ИСП-МС. Особенности схемы и типы масс-спектрографов. Преимущества и проблемы ИСП-МС.

#### ***Тема 4. Оптические методы исследования материалов***

Контроль качества поверхности пластин и прозрачных пленок по интенсивности отраженного монохроматического излучения. Эллипсометрические методы исследования оптических свойств структур диэлектрик-полупроводник. Методы оптической спектроскопии: Молекулярные спектры; Фурье-спектроскопия; Аналитическое использование электронных спектров поглощения; Оптическая электронная спектроскопия в отраженном диффузно-рассеянном свете. Люминесцентные методы анализа веществ.

#### ***Тема 5. Методы рентгеновского анализа материалов.***

Общие сведения о рентгеновском излучении. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгенофлуорисцентный анализ. Рентгеноструктурный анализ. Рентгенофазовый анализ. Тонкопленочная рентгеновская дифрактометрия. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ.



### **Тема 6. Хроматографические методы анализа.**

Принципы хроматографического разделения веществ. Классификация хроматографических методов анализа по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по аппаратному оформлению, по способу проведения процесса. Области применения хроматографических методов. Хроматографический пик и его параметры. Газовая хроматография: классификация методов. Принципиальная схема хроматографа. Неподвижные фазы, подвижные фазы, требования к ним. Детекторы, их классификация. Методы жидкостной хроматографии. Особенности хроматографического процесса и аппаратуры.

### **Тема 7. Резонансные методы исследования**

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса: Теоретические основы метода; Эффект Зеемана; условие простого резонанса, g-фактор; электрон-ядерное взаимодействие, сверхтонкая структура спектров ЭПР. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса: Магнитный момент ядра и его взаимосвязь с магнитным полем; условие простого ядерного резонанса; спин-спиновое взаимодействие и мультиплетность сигналов ЯМР.

### **Тема 8. Основные задачи диагностики состава полупроводников.**

Простые и сложные полупроводники, полупроводниковые структуры- проблемы получения и диагностики состава (анализа). Влияние макросостава на свойства сложных полупроводников. Примеси, политропия примесей в полупроводниках; примесно-чувствительные свойства. Основные единицы измерения содержания компонентов. Качественный и количественный анализ: Элементным и молекулярный анализ. Определение примесей и основных компонентов. Определение среднего содержания примесей, послойный и локальный анализ. Определение общего содержания примесей в полупроводнике и диагностика электроактивных примесей.

#### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	<b>Тема 1</b>	<b>Введение в физико-химические методы исследований материалов.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
2.	<b>Тема 2</b>	<b>Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники</b>	5	Контрольные вопросы	ПК - 2

3.	<b>Тема 3</b>	<b>Спектроскопические методы анализа материалов</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
4.	<b>Тема 4</b>	<b>Оптические методы исследования материалов</b>	5	Контрольные вопросы	ПК - 2
5.	<b>Тема 5</b>	<b>Методы рентгеновского анализа материалов.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
6.	<b>Тема 6</b>	<b>Хроматографические методы анализа.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
7	<b>Тема 7</b>	<b>Резонансные методы исследования</b>	5	Контрольные вопросы	ПК - 2
8	<b>Тема 8</b>	<b>Основные задачи диагностики состава полупроводников.</b>	5	Контрольные вопросы	ПК - 2

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Вся рекомендуемая литература	70
2.	Все темы	Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях	Вопросы для текущего контроля	Вся рекомендуемая литература	30

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

##### 1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

## **2) закреплять и систематизировать знания:**

- работа с конспектом лекции;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных литературных источников;
- тестирование и др.;

## **3.формировать умения:**

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к курсовым работам.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- Осознанно выбирать пути решения научных задач на основе анализа знаний из области физического материаловедения (ПК-2):
  - Знать основные направления развития современного физического материаловедения.
  - Уметь осуществить выбор экспериментального исследования и модификации материалов и структур электроники и наноэлектроники методами современного материаловедения.
  - Владеть навыками решения задач исследования, модификации и контроля материалов и структур электроники и наноэлектроники на основе анализа знаний из области физического материаловедения.

## **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

*Курсовые работы не предусматриваются*

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) перечень литературы

#### Основная литература:

1. Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк ; Иркут. гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 - . - (Методы экспериментальной физики конденсированного состояния). Ч. 1. - 2013. - 159 с. (10 экз.)
2. Шалаев, Алексей Александрович (канд. физ.-мат. наук, снс) Основы физического материаловедения [Текст]: учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 . Ч. 2. - 2014. - 175 с. (10 экз.)
3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - Москва: Лань, 2011. - 288 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 282-283. - ISBN 978-5-8114-1001-9 : ББК В37я73
4. Методы выращивания и исследования кристаллических материалов [Текст] : лаб. практикум / Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. ; ред. Е. А. Раджабов ; рец. В. В. Акимов. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 82 с. (10 экз.)



#### Дополнительная:

1. Технологии материалов для микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Скоробогатова, Зубрицкий, Петров, Семёнов - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
2. Егранов А. В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Егранов. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884
3. Шендрик, Р. Ю. Введение в физику сцинтилляторов - 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Ю. Шендрик. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884-2
4. Щука, Александр Александрович. Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки "Прикл. математика и физика" / А. А. Щука. - 2-е изд. - ЭВК. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - (Нанотехнологии). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 15 доступ. - ISBN 978-5-9963-1055-5
5. Павлинский, Гелий Вениаминович. Рентгеновская флуоресценция [Электронный ресурс] : научное издание / Г. В. Павлинский. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0895-8
6. Павлинский, Гелий Вениаминович. Физика рентгеновского излучения [Электронный ресурс] : сб. задач / Г. В. Павлинский ; Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. - Электрон.

### б) список авторских методических разработок

1. Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк ; Иркут. гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 - . - (Методы экспериментальной физики конденсированного состояния). Ч. 1. - 2013. - 159 с. (10 экз.)
2. Шалаев, Алексей Александрович (канд. физ.-мат. наук, снс) Основы физического материаловедения [Текст]: учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 . Ч. 2. - 2014. - 175 с. (10 экз.)
3. Методы выращивания и исследования кристаллических материалов [Текст] : лаб. практикум / Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. ; ред. Е. А. Раджабов ; рец. В. В. Акимов. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 82 с. (10 экз.)

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru> Архив научных журналов
- JSTOR <http://www.jstor.org>
- Сайт кафедры экспериментальной физики <http://medphysics-irk.ru>

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области астрономии.

## **VII. Образовательные технологии**

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятель-

ности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Проводится опрос на первом занятии.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

*Типы контроля успешности освоения программы студентом:*

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация (зачет);

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

Промежуточная аттестация (зачет) - это оценка совокупности знаний, умений, навыков по дисциплине в целом или по ее разделам.

К видам контроля относятся:

- устные формы контроля;
- письменные формы контроля;
- контроль с помощью технических средств и информационных систем.

*К традиционным формам контроля относятся:*

- проверка выполнения домашнего задания
- зачет
- тест
- контрольная работа

### **8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость аудиторных занятий, активность студентов на занятиях, уровень подготовки к семинарам, выполнение домашних работ.

**Промежуточная аттестация (зачет)** проводится в устной форме по билетам, которые содержат одно задание с теоретическими и практическими элементами.

#### **При оценке знаний и умений учитывается:**

понимание изученного содержания, самостоятельность суждений, степень систематизации и глубины знаний;

содержание умения и возможность его применения в практической деятельности;

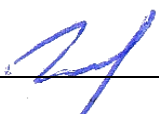
наличие ошибок, их количество, характер и влияние на качество выполненной работы, временной норматив.

В процессе контроля проверяется сформированность следующих профессиональных компетенций:  
Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

Способен проводить научные исследования как самостоятельно, так и в коллективе.

Владеет современными технологиями проведения экспериментальных и теоретических научных исследований с использованием, в том числе, сложного физического оборудования. Умеет пользоваться при проведении научных исследований современными информационными технологиями. Обобщает отечественный и зарубежный опыт проведения научных исследований в своей области исследований.

**Разработчик:**

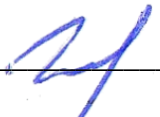
  
\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н. профессор А.А. Гаврилюк

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«26»марта 2024 г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой

  
\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и экспериментальной физики

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине Б1.В. ДВ.01.02 Применение материалов и структур электроники  
направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
направленность (профиль) Электроника и нанoeлектроника



Одобрено  
УМК физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом 22 сентября 2017 г. № 959 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 электроника и нанoeлектроника с учетом требований проф. стандартов 40 - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности 40.104 Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Разработчик:

д.ф.-м.н. профессор А.А. Гаврилюк

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.01.02 Применение материалов и компонентов электроники

Направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленности (профили) подготовки Электроника и наноэлектроника

Квалификация выпускника магистр

Форма обучения очная

### 1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 1 семестр 2):

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	<p>1.1 Знать основные направления развития современного физического материаловедения.</p> <p>1.2 Уметь осуществить выбор экспериментального исследования и модификации материалов и структур электроники и наноэлектроники методами современного материаловедения.</p> <p>1.3 Владеть навыками решения задач исследования, модификации и контроля материалов и структур электроники и наноэлектроники на основе анализа знаний из области физического материаловедения.</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные современные методы измерения параметров материалов, понимать физические процессы, лежащие в основе этих методов, уметь объяснить влияние контролируемых параметров материалов на характеристики приборов и структур на их основе</li> <li>• физические принципы построения и работы оборудования для исследования полупроводников и диэлектриков;</li> <li>• современный научно-технический уровень производства и исследований полупроводниковых и диэлектрических материалов.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывать выбор методов исследования для определения характеристик полупроводниковых и диэлектрических материалов при решении конкретной практической задачи;</li> <li>• применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований;</li> <li>• участвовать в научных исследованиях, направленных на изучение структуры, состава и свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• информацией о современных тенденциях в развитии методов исследования материалов и структур электроники, их аппаратного оформления;</li> <li>• навыками интерпретации результатов исследований, полученных отдельными методами.</li> <li>• методами обработки полученных экспериментальных данных на основе современных информационных технологий.</li> </ul>

## 2. Текущий контроль

### 2.1. Программа оценивания контролируемой компетенции ПК-2

Тема или раздел дисциплины	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1-8	ПК - 2	<p>знать:</p> <p>основные современные методы измерения параметров материалов, понимать физические процессы, лежащие в основе этих методов, уметь объяснить влияние контролируемых параметров материалов на характеристики приборов и структур на их основе</p> <p>физические принципы построения и работы оборудования для исследования полупроводников и диэлектриков;</p> <p>современный научно-технический уровень производства и исследований полупроводниковых и диэлектрических материалов.</p> <p>уметь:</p> <p>обосновывать выбор методов исследования для определения характеристик полупроводниковых и диэлектрических материалов при решении конкретной практической задачи;</p> <p>применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований;</p> <p>участвовать в научных исследованиях, направленных на изучение структуры, состава и свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов</p> <p>владеть:</p> <p>информацией о современных тенденциях в развитии методов исследования материалов и структур электроники, их аппаратного оформления;</p> <p>навыками интерпретации результатов исследований, полученных отдельными методами.</p> <p>методами обработки полученных экспериментальных данных на основе современных информационных технологий.</p>	См. «Тестовые задания»	собеседование, тестирование, экзамен	Тест 1

### **3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)**

*В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.*

*Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.*



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный  
университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Физический факультет

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

#### Дисциплина

Направление подготовки

1. Какие методы исследования механических свойств материалов используются для определения прочности, упругости и деформаций?
  1. Объясните, что такое атомно-силовая микроскопия (AFM) и какие параметры поверхности материала можно измерить с ее помощью.
  2. Какие методы микроскопии широко используются для изучения наноматериалов? Опишите принцип работы одного из них.

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

«26» марта 2024 г.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное**  
**бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**

«Иркутский государственный  
университет»  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Физический факультет**

### **Вопросы для собеседования**

1. Объясните принцип работы рентгеновской дифрактометрии и её применение в анализе кристаллических структур.
2. Какие методы микроскопии широко используются для изучения наноматериалов? Опишите принцип работы одного из них.
3. Что такое спектроскопия электронной структуры и какие методы спектроскопии применяются для исследования свойств полупроводников?
4. Какие методы образования изображений в электронной микроскопии существуют, и как они различаются друг от друга?
5. Объясните, что такое атомно-силовая микроскопия (AFM) и какие параметры поверхности материала можно измерить с её помощью.
6. Какие методы исследования магнитных свойств материалов существуют и какие информации они предоставляют?
7. Расскажите о методах анализа химического состава материалов, таких как рентгеновская флуоресцентная спектроскопия и масс-спектрометрия.
8. Какие методы исследования электронных структур широко используются в полупроводниковой индустрии? Какие параметры этих структур они могут определить?
9. Объясните принцип работы метода ядерного магнитного резонанса (NMR) и его роль в исследовании структуры молекул.
10. Какие методы исследования теплопроводности и электропроводности материалов существуют, и какие факторы они учитывают при измерениях?
11. Что такое рассеяние света и какие методы используются для изучения оптических свойств материалов?
12. Каким образом рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) может помочь в анализе поверхностных составов материалов?
13. Объясните, как работает метод электронной спиновой резонансной спектроскопии (ESR) и его применение в исследовании спиновых свойств материалов.

14. Какие методы исследования термических свойств материалов существуют, и как они применяются для изучения теплопроводности и теплоемкости?
15. Расскажите о методах диффузионного анализа в полупроводниковой индустрии и их важности при создании интегральных микросхем.
16. Какие методы магнитной резонансной томографии (MRT) используются для изучения внутренних структур материалов и биологических образцов?
17. В чем заключается метод электронного микроскопа (ЕРМА) и какие параметры состава материала он может определить?
18. Объясните принцип работы метода ядерной рефлектометрии и его роль в изучении интерфейсных свойств тонких пленок.
19. Какие методы исследования механических свойств материалов используются для определения прочности, упругости и деформаций?
20. Рассмотрите методы синхротронного излучения и их роль в исследовании материалов, включая рентгеновскую дифракцию на синхротроне.

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

26» марта 2024 г.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
  - оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
  - оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
  - оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов;
- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дан ответ, достойный оценок «отлично»- «удовлетворительно»;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если дан ответ, достойный оценки «неудовлетворительно».



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

«Иркутский государственный  
университет»

**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

**Физический факультет**

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

**Тест №1 (пример)**

Тестовое комплексное задание для контроля знаний

*Инструкция:*

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

**БЛОК А.**

*Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:*

1. *В чем заключается принцип работы метода рентгеновской дифрактометрии?*
  - А. Измерение электрической проводимости.*
  - В. Изучение рассеяния света.*
  - С. Измерение дифракции рентгеновского излучения. (Правильный ответ)*
  
2. *Какой метод используется для исследования атомной структуры материалов на основе эффекта рассеяния электронов?*
  - А. Инфракрасная спектроскопия.*
  - В. Томография.*
  - С. Электронная дифракция. (Правильный ответ)*
  
3. *Что измеряет метод атомно-силовой микроскопии (AFM)?*
  - А. Электронную структуру материалов.*
  - В. Теплопроводность материалов.*
  - С. Топографию поверхности материала. (Правильный ответ)*
  
4. *Какой метод позволяет изучать магнитные свойства материалов путем наблюдения за изменениями в магнитном поле?*
  - А. Масс-спектрометрия.*
  - В. Магнитная резонансная спектроскопия.*
  - С. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия. (Правильный ответ)*



5. Что измеряется с помощью метода ядерной магнитной резонансной спектроскопии (NMR)?
- A. Электронную структуру.
  - B. Спиновые свойства ядер.
  - C. Оптические свойства материала. (Правильный ответ)
6. Какой метод используется для изучения химического состава поверхности материалов с высокой пространственной разрешающей способностью?
- A. Рентгеновская дифрактометрия.
  - B. Спектроскопия электронной структуры.
  - C. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS). (Правильный ответ)
7. Какой метод используется для изучения внутренних структур материалов с использованием синхротронного излучения?
- A. Электронная дифракция.
  - B. Сканирующая электронная микроскопия.
  - C. Рентгеновская дифракция на синхротроне. (Правильный ответ)
8. Какой метод исследования позволяет определить прочность и деформации материалов?
- A. Магнитная резонансная спектроскопия.
  - B. Метод электронного микроскопа (ЕРМА).
  - C. Испытания на растяжение и сжатие. (Правильный ответ)
9. Какой метод анализа используется для определения теплопроводности материалов?
- A. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия.
  - B. Метод диффузионного анализа.
  - C. Методы теплопроводности. (Правильный ответ)
10. Какой метод изображения микроструктур материалов позволяет получить высокоразрешающие снимки?
- A. Магнитная резонансная томография.
  - B. Спектроскопия электронной структуры.
  - C. Трансмиссионная электронная микроскопия. (Правильный ответ)

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

26» марта 2024 г.

Критерии оценивания теста:

Отметка «5» ставится при правильном выполнении 90% заданий теста.

Отметка «4» ставится при правильном выполнении 60% заданий теста.

Отметка «3» ставится при правильном выполнении 35% заданий теста.

Отметка «2» ставится при правильном выполнении 15% заданий теста.