

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР**  
**ЭЛЕКТРОНИКИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.06
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	3 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 109,2 часов;
<b>в том числе на КП/КР</b>	3 семестр - 5,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	3 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	3 семестр - 0,8 часа;
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0 часов;
	всего - 0,8 часа

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Антонов В.А.
	Идентификатор	R9081edee-AntonovVA-4b80b823

(подпись)

В.А. Антонов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение современных метрологических методов исследования материалов и структур микроэлектроники.

### Задачи дисциплины

- ознакомление обучающихся с современными методами исследований материалов и структур микроэлектроники;
- освоение основных методов количественного и качественного анализа физических свойств материалов и структур микроэлектроники;
- установление взаимосвязи между техническими параметрами материалов и структур микроэлектроники;
- установление взаимосвязи между строением вещества и технологией их получения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы контроля и исследования материалов микро- и нанoeлектроники	знать: - методологию выбора перспективных материалов микро- и нанoeлектроники.  уметь: - применять данные исследований свойств полупроводниковых материалов и структур электроники при их использовании.
ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники	знать: - методы измерения и расчёта параметров полупроводниковых материалов и структур электроники; - классификацию методов контроля и их возможности при исследовании полупроводниковых материалов и структур электроники.  уметь: - самостоятельно рассчитывать параметры свойств полупроводниковых материалов и структур электроники; - анализировать результаты расчетных данных параметров полупроводниковых материалов и структур электроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.	16	3	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов." <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 5-9 [2], 4-7</p>
1.1	Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
2	Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Оптические методы	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах." <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи</p>	

	исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.													по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 18-48 [4], 38 -78
3	Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах." <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи	
3.1	Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу	

														"Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 7-21
4	Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах." <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
4.1	Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах. и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах." <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>

													<u>источников:</u> [2], 21-28	
5	Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах	16	4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах" <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>
5.1	Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах	16	4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 28-31 [4], 260 - 271



6	Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>
6.1	Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 323-327
7	Измерение состава твердых тел методом ионной Масс - спектрометрии	11		4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Измерение состава твердых тел методом ионной Масс - спектрометрии"
7.1	Измерение состава твердых тел методом ионной Масс - спектрометрии	11		4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением

															<p>разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 31-43</p>
8	Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии	13	4	-	2	-	2	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример</p>		
8.1	Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой	13	4	-	2	-	2	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример</p>		

сканирующей и туннельной спектроскопии													задания: <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 263-267
Экзамен	33.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.5	
Курсовой проект (КП)	26.5	-	-	-	16	-	4	-	0.8	5.7	-	-	
<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>75.7</b>	<b>33.5</b>		
<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>109.2</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.

1.1. Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.

Роль и задачи исследований в материаловедении и создании структур электроники. Классификация методов исследования. Исследование микроструктуры точечных дефектов..

### 2. Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.

2.1. Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.

Абсорбционная и люминесцентная спектроскопия в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной спектральных областях. Атомно-эмиссионная спектроскопия..

### 3. Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.

3.1. Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.

Классификация методов исследований, их роль. Метод флуоресценции. Метод фосфоресценции. Метод комбинационного рассеяния света..

### 4. Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.

4.1. Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.

Классификация и основные характеристики. Методы расчёта параметров технологических дефектов. Основная информация о материале, получаемая из методов термостимулированной спектроскопии..

### 5. Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах

5.1. Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах

Назначение методов. Принципы построения и регистрации фотоакустических спектрометров. Методика расчёта спектрограмм..

### 6. Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии

6.1. Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии

Физика эффекта Мессбауэра. Явление отдачи ядер. Способы наблюдения Мессбауэровской спектроскопии. Значение и особенности мессбауэровской спектроскопии. Типы взаимодействия атомного ядра с внешними электрическими и магнитными полями. Изомерный сдвиг. Магнитная сверхтонкая структура. Комбинированные магнитное и электрическое сверхтонкие взаимодействия. Источники излучения. Детекторы. Резонансный пропорциональный детектор. Детектор конверсионных электронов..

### 7. Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии

### 7.1. Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии

Классификация методов масс-спектрометрии, их роль в материаловедении. Источники ионов, масс - анализаторы. Статический масс - спектрометр. Динамический время – пролётный масс - спектрометр. Динамический квадрупольный масс - спектрометр. Физика циклотронного резонанса. Конструкция масс – спектрометра с Фурье преобразованием..

### 8. Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии

8.1. Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии

Общие принципы сканирующих зондовых микроскопов. Принципы создания системы обратной связи. Манипуляторы грубого перемещения. Манипуляторы точного перемещения. Трубчатый пьезосканер. Принцип работы. Формирование изображения рельефа исследуемой поверхности..

### 3.3. Темы практических занятий

1. 8 Практика измерений люминесценции в ультрафиолетовом диапазоне (2 часа).;
2. 7 Устройство сканирующего зондового микроскопа. Особенности его работы (2 часа).;
3. 6 Методика расчёта спектров масс – спектроскопии для различных структур электроники (2 часа).;
4. 5 Изомерный сдвиг. Практика его определения (2 часа).;
5. 4 Методика расчёта спектрограмм фотоакустической спектроскопии (2 часа).;
6. 3 Методика измерения термостимулированных процессов в полупроводниковых структурах (2 часа).;
7. 2 Практический флуоресцентный анализ (2 часа).;
8. 1. Особенности практики измерений параметров полупроводниковых материалов (2 часа)..

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов."
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах."
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах."

4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах."
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов."
2. Консультации проводятся по разделу "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах."
3. Консультации проводятся по разделу "Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах."
4. Консультации проводятся по разделу "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах."
5. Консультации проводятся по разделу "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах"
6. Консультации проводятся по разделу "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии"
7. Консультации проводятся по разделу "Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии"
8. Консультации проводятся по разделу "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах."
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах."
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение состава твёрдых тел методом ионной Масс - спектрометрии"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 3 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, с методическими указаниями и характеристикой исходных данных курсовой работы
2	Анализ основных методов исследования объемных технологических дефектов и выбор оптимального метода исследований
3	Составление алгоритма расчета, проведение расчета и получение расчетных параметров технологических дефектов в материале, определенном в исходных данных
4	Проведение анализа полученных результатов расчета, оформление пояснительной записки по курсовой работе





### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Знать:</b>										
методологию выбора перспективных материалов микро- и нанoeлектроники	ИД-1ПК-1	+								Контрольная работа/КМ -1 Тест «Классификация методов исследования материалов и структур электроники»
классификацию методов контроля и их возможности при исследовании полупроводниковых материалов и структур электроники	ИД-2ПК-1		+							Контрольная работа/КМ-2 Тест «Обработка экспериментальных данных исследований свойств материалов с точки зрения их оптимизации»
методы измерения и расчёта параметров полупроводниковых материалов и структур электроники	ИД-2ПК-1			+						Контрольная работа/КМ-3 Тест «Методы измерения состава материалов и структур электроники»
<b>Уметь:</b>										
применять данные исследований свойств полупроводниковых материалов и структур электроники при их использовании	ИД-1ПК-1				+					Контрольная работа/КМ-4 Тест «Расчеты оптических характеристик материалов и структур электроники».
анализировать результаты расчетных данных параметров полупроводниковых материалов и структур электроники	ИД-2ПК-1					+	+			Контрольная работа/КМ-5 Тест «Влияние исследования свойств на оптимизацию процесса получения материалов и структур электроники»
самостоятельно рассчитывать параметры свойств полупроводниковых материалов и структур электроники	ИД-2ПК-1							+	+	Контрольная работа/КМ-6 контрольная работа «Измерения свойств материалов, структур электроники и их анализ»

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ -1 Тест «Классификация методов исследования материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
2. КМ-2 Тест «Обработка экспериментальных данных исследований свойств материалов с точки зрения их оптимизации» (Контрольная работа)
3. КМ-3 Тест «Методы измерения состава материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
4. КМ-4 Тест «Расчеты оптических характеристик материалов и структур электроники». (Контрольная работа)
5. КМ-5 Тест «Влияние исследования свойств на оптимизацию процесса получения материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
6. КМ-6 контрольная работа «Измерения свойств материалов, структур электроники и их анализ» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №3)

Прибавление баллов промежуточной аттестации для получения итоговой оценки по курсу

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Прибавление баллов промежуточной аттестации и текущей, для получения итоговой оценки по курсу

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Антонов, В. А. Физические методы исследования неорганических материалов : учебное пособие по курсу "Методы исследования материалов и структур электроники" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / В. А. Антонов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 72 с. - ISBN 978-5-383-00251-3 .;
2. Антонов, В. А. Методы исследования материалов, применяемых в электронике : учебное пособие по курсу "Методы исследования материалов и структур электроники" по направлению "Электроника и наноэлектроника" / В. А. Антонов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 44 с. - ISBN 978-5-7046-1365-7 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5647;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5647)

3. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие / В. В. Старостин ; Общ. ред. Л. Н. Патрикеев . – 2-е изд . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016 . – 431 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0346-5 .;
4. Головнин В. А., Каплунов И. А., Малышкина О. В., Педько Б. Б.- "Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов", Издательство: "Техносфера", Москва, 2016 - (272 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=73513](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73513).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное

	занятий	
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Помещения для консультирования	Е-310а, Кабинет сотрудников каф. "ФТЭМК"	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, сервер, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ОПЛФ-14, Склад	шкаф для хранения инвентаря

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы исследования материалов и структур электроники

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ -1 Тест «Классификация методов исследования материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2 Тест «Обработка экспериментальных данных исследований свойств материалов с точки зрения их оптимизации» (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3 Тест «Методы измерения состава материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4 Тест «Расчеты оптических характеристик материалов и структур электроники». (Контрольная работа)
- КМ-5 КМ-5 Тест «Влияние исследования свойств на оптимизацию процесса получения материалов и структур электроники» (Контрольная работа)
- КМ-6 КМ-6 контрольная работа «Измерения свойств материалов, структур электроники и их анализ» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	12	14	16
1	Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.							
1.1	Основные методы измерений электрических и физических параметров полупроводниковых материалов.		+					
2	Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.							
2.1	Оптические методы исследований параметров глубоких центров в полупроводниковых материалах.			+				
3	Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.							
3.1	Молекулярная спектроскопия центров в полупроводниковых материалах.				+			
4	Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.							
4.1	Термостимулированная фотоэлектрическая спектроскопия микроструктуры точечных дефектов в полупроводниковых материалах.					+		

5	Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах						
5.1	Фотоакустическая и фототермическая спектроскопия точечных дефектов в полупроводниковых материалах					+	
6	Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии						
6.1	Измерение состава твердых тел методом ядерной Мессбауэровской спектроскопии					+	
7	Измерение состава твердых тел методом ионной Масс - спектрометрии						
7.1	Измерение состава твердых тел методом ионной Масс - спектрометрии						+
8	Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии						
8.1	Прецизионная профилометрия поверхности материалов методом электронной зондовой сканирующей и туннельной спектроскопии						+
Вес КМ, %:		20	20	15	15	15	15

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Методы исследования материалов и структур электроники

(название дисциплины)

**3 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 КМ-1

КМ-2 КМ-2

КМ-3 КМ-3

КМ-4 КМ-4

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, с методическими указаниями и характеристикой исходных данных курсовой работы		+			
2	Анализ основных методов исследования объемных технологических дефектов и выбор оптимального метода исследований			+		
3	Составление алгоритма расчета, проведение расчета и получение расчетных параметров технологических дефектов в материале, определенном в исходных данных				+	
4	Проведение анализа полученных результатов расчета, оформление пояснительной записки по курсовой работе					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25