

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан ФРТЭ В.А.Небольсин  
«20» января 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**«Экспериментальные методы исследований»**

**Направление подготовки** 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

**Профиль** Компоненты микро- и наносистемной техники

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2023

Автор программы

Калинин Ю.Е. /Калинин Ю.Е./

И.о. заведующего кафедрой  
твердотельной электроники

Калинин Ю.Е. /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

Стогней О.В. /Стогней О.В./

Воронеж 2023

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, электрофизических и оптических свойств материалов и компонентов микросистемной техники

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- усвоение физических принципов наиболее распространенных экспериментальных методов изучения физических свойств твердых тел;
- освоение теории методов, границ применимости, оценки точности измерений, а также критической оценки и возможностей каждого метода;
- приобретение экспериментальных навыков применения современных методов исследования, контроля, испытания материалов и компонентов микросистемной техники, интерпретации экспериментальных результатов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Экспериментальные методы исследований» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Экспериментальные методы исследований» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен проводить исследование электрических параметров изделий «система в корпусе», осуществлять анализ получаемых величин и представлять их в виде графиков и зависимостей.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать физические принципы, лежащие в основе наиболее распространенных экспериментальных методов исследования материалов и компонентов микросистемной техники и микроэлектроники
	Уметь использовать основные методы контроля и испытания, применяемые при разработке и изготовлении материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники, условия их реализации и границы применения
	Владеть навыками работы с аппаратурой, используемой для целей исследования, контроля и испытания материалов и изделий МСТ и микроэлектроники.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Экспериментальные методы исследований» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Номенклатура показателей качества материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники. Выбор моделей для определения качества продукции	<b>Введение.</b> Требования к методам исследования, контроля и испытания материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники. Виды испытаний. <b>1. Номенклатура показателей качества материалов и компонентов МСТ.</b> Выбор моделей для определения качества продукции. Показатели качества материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники. Методы их определения. Выбор моделей для определения качества материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники. <b>2. Методы измерения удельного электрического сопротивления:</b>	6	2	4	12	24

		<p>Метод вольтметра-амперметра. Метод непосредственной оценки. Электронные омметры. Определение температурного коэффициента электрического сопротивления. Измерение электрической проводимости в полупроводниках и диэлектриках. Подготовка образцов к измерениям. Методы получения омических контактов. Двухзондовый метод измерения. Однозондовый метод измерения распределения удельного электрического сопротивления. Четырехзондовый метод измерения. Измерение электрической проводимости пластин произвольной геометрической формы. Высокочастотные бесконтактные методы измерения удельного электрического сопротивления. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников и диэлектриков по температурной зависимости проводимости.</p>					
2	<p>Измерений основных параметров материалов МСТ и микроэлектроники зондовыми методами и с помощью эффекта Холла</p>	<p><b>Методы измерения концентрации носителей заряда в полупроводниках:</b> эффект Холла, вольт -фарадный метод.</p> <p><b>Методы контроля электрофизических параметров диэлектрических и магнитных материалов:</b> измерение удельного</p>	6	2	4	12	24

		<p>сопротивления, диэлектрической и магнитной проницаемостей, тангенса угла диэлектрических потерь, напряжения пробоя; влияние температуры и деформации.</p> <p><b>Методы измерения параметров МДП -структур:</b> измерение поверхностного заряда, объемного генерационного времени жизни носителей заряда. Базовое контрольно-измерительное и испытательное оборудование.</p>					
3	Измерение параметров неравновесных носителей	<p><b>Оптические методы измерения параметров полупроводников.</b> Спектральные характеристики оптических методов исследований. Измерение спектров поглощения. Современные оптические приборы: спектрографы, спектрометры, спектрофотометры. Одно- и двухлучевые спектрометры. Определение параметров полупроводников из спектров поглощения. Определение параметров полупроводников из фоллюминесцентных и фотоэлектрических измерений.</p> <p><b>Определение параметров полупроводников путем измерения фотолюминесцентных и фотоэлектрических свойств.</b> Измерение стационарной фотопроводимости. Определение параметров полупроводников методом затухания фотопроводимости. Фазовый и частотный</p>	6	2	4	12	24

		методы измерения времени жизни. <b>Определение параметров полупроводников методами электрического и светового зонда</b> Методы измерения дрейфовой подвижности. Определение коэффициента диффузии. Измерение диффузионной длины методом подвижного светового зонда. Измерение времени жизни методом модуляции проводимости точечным контактом.					
4	Прецизионная профилометрия поверхности и методы измерения геометрических размеров в структурах электроники.	<b>Эллипсометрия.</b> Метод окрашивания шлифа. Микроинтерферометрия в видимой и инфракрасной областях спектра. <b>Контроль рельефа поверхности структур электроники методами:</b> сканирующей туннельной микроскопии и атомно -силовой микроскопии. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы зондовых микроскопов. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Формирование и обработка изображений в сканирующих зондовых микроскопах. <b>Типы зондовых микроскопов:</b> Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно -силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно -силовая микроскопия. Ближнепольная оптическая микроскопия. Другие виды сканирующих зондовой мимкроскопии	6	4	2	12	24
5	Исследование	<b>Основные методы</b>	6	4	2	12	24

	<p>Основные методы механических свойств материалов</p> <p>Микросистемной и электронной техники</p>	<p><b>испытаний механических свойств.</b> Классификация и особенности механических испытаний. Испытания на растяжение. Основные прочностные параметры и характеристики пластичности. Испытания на сжатие. Испытания на изгиб. Испытания на кручение.</p> <p><b>Методы испытаний на усталость, жаропрочность и динамических свойств.</b> Испытания на замедленное разрушение. Испытания на релаксацию напряжений. Испытания на ударную вязкость. Испытания на усталость. Явление ползучести. Испытания на ползучесть. Испытания на длительную прочность.</p> <p><b>Методы измерения твердости.</b> Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Микротвердость. Наноиндентирование. Другие статические и динамические методы определения твердости</p>					
6	<p>Методики испытаний компонентов МСТ и микроэлектроники на стойкость к внешним воздействующим факторам</p>	<p><b>Классификация испытаний:</b> по назначению, этапам разработки компонентов МСТ и микроэлектроники. Классификация испытаний готовых изделий МСТ и микроэлектроники. Испытания на воздействие повышенной влажности воздуха (длительные, ускоренные, кратковременные). Испытания на воздействие соляного тумана. Испытания на водопроницаемость и водозащищенность.</p> <p><b>Прочностные испытания</b> при воздействии вибраций и механических ударов многократного действия.</p>	6	4	2	12	24

		Испытания на воздействие линейного ускорения. Испытания на воздействие акустического шума. Методы и средства контроля радиационной стойкости изделий. Имитационные испытания. <b>Заключение.</b> Гармонизация национальных стандартов испытаний и качества продукции с международными.					
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
<b>5 семестр</b>		<b>18</b>
2	<b>Лабораторная работа № 1</b> Измерение удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом	2
2	<b>Лабораторная работа № 2</b> Определение концентрации акцепторов и доноров по результатам исследования низкотемпературной зависимости ЭДС Холла	2
6	<b>Лабораторная работа № 3</b> Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей тока в полупроводниках	4
10	<b>Лабораторная работа № 4</b> Изучение микротвердости твердых тел	4
14	<b>Лабораторная работа № 5</b> Изучение оптических свойств полупроводников	4
16	<b>Лабораторная работа № 6</b> Измерение плотности твердых тел.	2
<b>Итого</b>		<b>18</b>

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать физические принципы, лежащие в основе наиболее распространенных экспериментальных методов исследования материалов и компонентов микросистемной техники и микроэлектроники	Активная работа на лабораторных и практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать основные методы контроля и испытания, применяемые при разработке и изготовлении материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники, условия их реализации и границы применения	Активная работа на лабораторных и практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками работы с аппаратурой, используемой для целей исследования, контроля и испытания материалов и изделий МСТ и микроэлектроники.	Активная работа на лабораторных и практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать физические принципы, лежащие в основе наиболее распространенных экспериментальных методов исследования материалов и компонентов микросистемной техники и микроэлектроники	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать основные методы контроля и испытания, применяемые при разработке и изготовлении материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники, условия их реализации и границы применения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками работы с аппаратурой, используемой для целей исследования, контроля и испытания материалов и изделий МСТ и микроэлектроники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Назовите единицы измерения удельного электрического сопротивления	1) Ом / м 2) Ом / см 3) Ом·м 4) Ом·км (Эталон: 3)
2	Модуль Юнга измеряется в:	1) Н 2) Н/м <sup>2</sup> 3) Па 4) Кг (Эталон: 2, 3)
3	Отношение скорости дрейфа носителей заряда к напряженности электрического поля представляет их	1) проводимость 2) теплопроводность 3) подвижность 4) фотопроводимость (Эталон: 3)
4	Сколько измерений необходимо выполнить для корректного определения коэффициента Холла на переменном токе в переменном магнитном поле?	1) одно 2) два 3) три 4) четыре (Эталон: 1)
5	Какие методы используют при измерении электропроводности полупроводников?	1) амперметра–вольтметра 2) однозондовый 3) непосредственной оценки 4) четырехзондовый 1) (Эталон: 2, 4)
6	Назовите параметры, характеризующие пластичность материала при испытании на растяжение.	1) предел текучести 2) относительное сужение 3) относительное уширение 4) относительное удлинение (Эталон: 2, 4)

7	Какие методы относят к внешнему осмотру корпуса ИС?	1) внутренний 2) визуальный 3) микроскопическое обследование 4) макроскопическое обследование (Эталон: 2,3)
8	Укажите единицы измерения подвижности носителей заряда	1) м/(В·с) 2) м <sup>2</sup> /(В·с) 3) К <sup>2</sup> /(В·с) 4) К/(В·с) (Эталон: 2)
9	Перечислите основные методы измерения твердости:	1) Роквелла 2) Джоуля 3) Бринеля 4) Виккерса (Эталон: 1, 3, 4)
10	Укажите виды отказов МДП-транзисторов ИС по характеру проявления	1) быстрые 2) внезапные 3) медленные 4) постепенные (Эталон: 2,4)

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Отношение электрического напряжения к току – это :	1) проводимость 2) емкость 3) сопротивление 4) индуктивность (Эталон: 3)
2	Для повышения чувствительности двухзондового метода измерения электрического сопротивления полупроводников расстояние между зондами	1) уменьшают 2) увеличивают 3) не изменяют 4) закорачивают (Эталон: 2)
3	При измерении эффекта Холла в полупроводниках через образец пропускают электрический ток плотности :	1) $\leq 10 \text{ А/см}^2$ 2) $\leq 10^4 \text{ А/см}^2$ 3) $\leq 10^5 \text{ А/см}^2$ 4) $\leq 10^6 \text{ А/см}^2$ (Эталон: 1)

4	Отношение относительных изменений поперечного и продольного размеров образца при деформации – это :	1) модуль Юнга 2) коэффициент Гука 3) коэффициент Пуассона 4) коэффициент Грюнайзена (Эталон: 3)
5	Отношение приложенной силы к относительной деформации при растяжении – это :	1) сдвиг 2) напряжение 3) изгиб 4) упругость. (Эталон: 2)
6	Критерием годности продукции при технологических пробах на изгиб может быть	1) заданный угол загиба 2) появление первой трещины при загибе на заданный угол 3) возможность загиба пластины до параллельности сторон 4) возможность загиба до разрушения (Эталон: 1, 2, 3)
7	Одним из недостатков бесконтактных методов измерения электрической проводимости является	1) необходимость расчетов 2) необходимость градуировки 3) необходимость подгонки 4) необходимость подборки (Эталон: 2)
8	В качестве единицы твердости по Роквеллу принимают безразмерную величину, соответствующую осевому перемещению индентора на _____ мкм	1) 0.5 2) 1 3) 2 4) 5 (Эталон: 3)
9	Четырехзондовым методом на установке ИУС-3 ( $s=1$ мм, $I=1$ мА) измеряется $\rho$ кремния. Определить $U_{23}$ для $\rho=1$ Ом·см	1) 10 мВ 2) 100 мВ 3) 159 мВ 4) 1590 мВ (Эталон: 3)

10	Чем обусловлен колоколообразный вид спектра собственной фотопроводимости полупроводника?	1) ростом коэффициента поглощения 2) объемной рекомбинацией 3) поверхностной рекомбинацией 4) уменьшением коэффициента поглощения (Эталон: 3)
----	--	---

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	При определении удельного электрического сопротивления полупроводников четырехзондовым методом используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi s$ 2) $\rho = (U \cdot I)$ 3) $\rho = (U/I)2\pi s$ 4) $\rho = (U/I)2\pi$ (Эталон: 3)
2	При определении удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом в тонких пленках используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi d$ 2) $\rho = (U \cdot I)4,53d$ 3) $\rho = (U/I)4,53d$ 4) $\rho = (U/I)2\pi d$ (Эталон: 3)
3	При определении удельного электрического сопротивления двухзондовым методом в полупроводниках используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi l$ 2) $\rho = (U \cdot I)4,53l$ 3) $\rho = (U/I)4,53l$ 4) $\rho = (US/\Pi)$ (Эталон: 4)
4	Напряжение растяжения, при котором остаточное удлинение составляет 0,05 %, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 2)
5	Напряжение растяжения, при котором остаточное удлинение составляет 0,2 %, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 3)

6	Напряжение растяжения, соответствующее максимальной нагрузке на кривой растяжения, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 4)
7	Относительное укорочение при испытании на сжатие определяют как	1) $\epsilon = [(h_0 - h)/h] 100\%$ 2) $\epsilon = [(h_0 + h)/h_0] 100\%$ 3) $\epsilon = [(h_0 - h)/h_0] 100\%$ 4) $\epsilon = [(h_0 + h)/h] 100\%$ (Эталон: 3)
8	Твердость по Виккерсу определяют по формуле	1) $PV = P/d^2$ 2) $PV = 1,854P/d^3$ 3) $PV = 1,854P/d^2$ 4) $PV = 1,854P/d$ (Эталон: 3)
9	Для кристалла n-Si с подвижностью электронов $\mu = 900 \text{ см}^2/\text{Вс}$ зонды установлены на расстоянии $l = 1 \text{ мм}$ , смещение $U = 10 \text{ В}$ . Определите время прохождения носителями расстояния $l$ .	1) $t = 0,11 \text{ мкс}$ 2) $t = 1,1 \text{ мкс}$ 3) $t = 11 \text{ мкс}$ 4) $t = 110 \text{ мкс}$  (Эталон: 2)
10	К причинам короткого замыкания в диодах, транзисторах и ИС относят:	1) перегрузки по току 2) перегрузки по напряжению 3) попадание проводящих частиц 4) увеличение температуры эксплуатации (Эталон: 3)

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

#### 7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Задачи курса "Экспериментальные методы исследований". Основные параметры.
2. Подготовка образцов к измерениям. Методы изготовления образцов заданной геометрии. Методы получения омических контактов.
3. Четырехзондовый метод измерения удельного

электрического сопротивления

4. Двухзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
5. Однозондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
6. Бесконтактные методы измерения удельного электрического сопротивления.
7. Определение параметров полупроводников по температурной зависимости электрического сопротивления.
8. Эффект Холла и другие гальваномагнитные эффекты.
9. Измерение эффекта Холла методом постоянного магнитного поля и постоянного тока.
10. Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля или переменного тока.
11. Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля и переменного тока
12. Определение концентраций донорных и акцепторных примесей по измерению эффекта Холла.
13. Измерение дрейфовой подвижности.
14. Определение коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей методом подвижного светового зонда.
15. Определение времени жизни неосновных носителей методом модуляции проводимости точечным контактом.
16. Определение времени жизни неосновных носителей методом затухания фотопроводимости.
17. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни неосновных носителей.
18. Измерение стационарной фотопроводимости.
19. Экспериментальные методы измерения оптических свойств.
20. Определение основных параметров полупроводников из спектров поглощения и отражения.
21. Классификация механических испытаний.
22. Методы определения упругих свойств.
23. Измерение твердости по Бринеллю.
24. Измерение твердости по Виккерсу.
25. Измерение твердости по Роквеллу.
26. Измерение микротвердости.
27. Наноиндетирование

28. Испытания на растяжение.
29. Испытание на сжатие.
30. Испытания на изгиб.
31. Испытания на кручение.
32. Испытания на замедленное разрушение.
33. Испытания на ударную вязкость.
34. Испытания на усталость.
35. Испытания на ползучесть.
36. Испытания на длительную прочность.
37. Сканирующая туннельная микроскопия.
38. Методы измерения и контроля параметров технологических сред, полупроводниковых и эпитаксиальных структур.
39. Операции контроля и измерения в технологическом процессе разделения кремниевых слитков на пластины.
40. Операций контроля и измерения в технологическом процессе формирования полупроводниковых структур.
41. Операции контроля и измерения в технологических процессах скрайбирования, сборки и герметизации ИМС.
42. Роль контрольно-измерительных операций в производстве ИМС

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Номенклатура показателей качества материалов и компонентов МСТ и микроэлектроники. Выбор моделей для определения качества продукции.	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

2	Измерений основных параметров материалов МСТ и микроэлектроники зондовыми методами и с помощью эффекта Холла..	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
3	Измерение параметров неравновесных носителей	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
4	Прецизионная профилометрия поверхности и методы измерения геометрических размеров в структурах электроники.	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
5	Исследование Основные методы механических свойств материалов Микросистемной и электронной техники	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
6	Методики испытаний компонентов МСТ и микроэлектроники на стойкость к внешним воздействующим факторам	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

<b>8.1 Рекомендуемая литература</b>				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченнос ь
<b>8.1.1. Основная литература</b>				
8.1.1.1	Ю. Е. Калинин, В. А. Макагонов, А. В. Ситников	Экспериментальные методы исследований и контроля в физике конденсированного состояния: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (4,1 Мб) / Ю. Е. Калинин, В. А. Макагонов, А. В. Ситников. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2021.	2021 Электронны й	1,0
8.1.1.2	С.И. Рембеза, Б.М. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И.Каргин	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники /. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. – 432 с.	2002 Печ.	1,0
8.1.1.3	Горлов М.И., Данилин Н.С.	Физические основы надежности интегральных схем. – Москва: Макс Пресс, 2008. – 404 с.	2008, Печ.	1
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
8.1.2. 1	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Нижний Новгород: РАН, Институт физики микро-структур, 2004. – 110 с.	2004. Печ.	0,2
8.1.2. 2	Головин Ю.И.	Наноиндетирование и его возможности. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.	2009. Печ. Печ.	0,1
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
8.1.3.1	Калинин Ю.Е. Янченко Л.И.	Экспериментальные методы исследования (Лабораторный	2017 Электр.	1

		практикум) (ВГТУ) – 2017 № госрегистрации <b>0321702086</b>		
8.1.3.2	Калинин Ю.Е.	Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экспериментальные методы исследований» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения	2015 магн. носитель	1

## 8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Электронная информационная образовательная среда ВГТУ, код доступа:  
<http://eios.vorstu.ru/>

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MS Windows;
- Пакет программ семейства MS Office;
- Пакет офисных программ OpenOffice;
- Программа просмотра файлов Djview;
- Программа просмотра файлов формата pdf AcrobatReader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.
- Используемые электронные библиотечные системы:

Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL», код доступа:–  
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;

- Университетская библиотека онлайн, код доступа: <http://biblioclub.ru/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», код доступа <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks, код доступа: <http://www.iprbookshop.ru>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, код доступа:

<http://elibrary.ru/>.

- Информационные справочные системы:
- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, код доступа <http://fgosvo.ru>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам, код доступа

<http://window.edu.ru/>;

- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ, код доступа

<http://online.mephi.ru/>;

- открытое образование, код доступа: <https://openedu.ru/>;

- физический информационный портал, код доступа:

<http://phys-portal.ru/index.html>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

9.1	<i>Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой</i>
9.2	<i>Учебные лаборатории:</i> – “«Физического материаловедения»” – ”«Физ. свойства твердых тел»
9.3	<i>Дисплейный класс</i>

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Экспериментальные методы исследований» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на закрепление теоретического материала путем проведения семинарских занятий по основным темам теоретического курса. Занятия проводятся путем семинарских занятий в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным

	вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.