

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ _____ Небольсин В.А.
«27» марта 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Экспериментальные методы исследований»

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы

Калинин Ю.Е.

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники

Небольсин В.А.

Руководитель ОПОП

Янченко Л.И.

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у выпускников знаний, необходимых для понимания сущности экспериментальных методов исследования физических процессов, умения активно использовать эти знания, а также формирование фундаментальных знаний по экспериментальным методам исследования материалов и устройств физической электроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачи изучения дисциплины состоят в усвоении физических принципов наиболее распространенных экспериментальных методов изучения физических свойств твердых тел, в освоении теории методов, границ применимости, оценки точности измерений, а также критической оценки и возможностей каждого метода.

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-3 - Способность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

ПК-5 - Способность осуществлять контроль параметров материалов, узлов и устройств физической электроники

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать структуру представления отчетов по курсовым проектам, рефератов, публикаций и презентаций
	Уметь применять информационные технологии и программные продукты при подготовке отчетов, рефератов, публикаций

	и презентаций
	Владеть навыками представления курсовых проектов, результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций
ПК-5	Знать классификацию экспериментальных методов исследования
	Уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента
	Владеть экспериментальными методами исследования и контроля параметров материалов, узлов и устройств физической электроники

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	Семестр
		ы 8
Аудиторные занятия (всего)	66	66
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	87	87
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	27	27
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	Методы измерения электропроводности, термоэдс и эффекта Холла	Измерение электрического сопротивления металлов и резисторов Основные понятия и единицы измерения. Измерение электрического сопротивления. Метод вольтметра-амперметра. Метод непосредственной оценки. Электронные омметры. Цифровые приборы. Определение температурного коэффициента электрического сопротивления. Измерение электрической проводимости в полупроводниках и диэлектриках. Подготовка образцов к измерениям. Методы получения омических контактов. Двух-зондовый 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	6	2	2	14	24

		температурной зависимости проводимости. Методы измерения термоэдс. Эффект Холла и сопутствующие ему явления. Подготовка образцов для измерения эффекта Холла. Основные методы измерения эффекта Холла. Метод постоянного магнитного поля и постоянного тока. Метод переменного тока или переменного магнитного поля. Метод переменного тока и переменного магнитного поля. Определение параметров полупроводников из измерений эффекта Холла. Определение концентрации донорных и акцепторных примесей по измерению эффекта Холла. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости подвижности. Определение ширины запрещенной зоны.					
2	Измерение параметров неравновесных носителей	Оптические методы измерения параметров полупроводников Спектральные характеристики оптических методов исследований. Измерение спектров поглощения. Современные оптические приборы: спектрографы, спектрометры, спектрофотометры. Одно- и двулучевые спектрометры. Определение параметров полупроводников из	6	2	2	14	24

		спектров поглощения. Определение параметров полупроводников из фоллюминесцентных и фотоэлектрических измерений Определение параметров полу-проводников путем измерения фотоллюминесцентных и фотоэ-лектрических свойств. Изме-рение стационарной фотопрово-димости. Определение парамет-ров полупроводников методом затухания фотопроводимости. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни. Определение параметров полупроводников методами электрического и светового зонда Методы измерения дрейфовой подвижности. Определение коэф-фициента диффузии. Измерение времени жизни методом модуля-ции проводимости точечным контактом.					
3	Исследование механических свойств конструкционных материалов	Основные методы испытаний механических свойств Классификация и особенности механических испытаний. Испытания на растяжение. Основные прочностные пара-метры и характеристики плас-тичности. Испытания на сжа-тие. Испытания на изгиб. Испытания на кручение. Методы испытаний на усталость, жаропрочность и	6	2	2	14	24

		динамических свойств. Испытания на замедленное разрушение. Испытания на ре-лактацию напряжений. Испытания на ударную вязкость. Испытания на усталость. Явление ползучести. Испытания на ползучесть. Испытания на длительную прочность. Методы измерения твердости. Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Микротвердость. Наноиндентирование. Другие статические и динамические методы определения твердости					
4	Методы измерения внутреннего трения	Понятие неупругости и внутреннего трения. Меры внутреннего трения. Методы измерения внутреннего трения. Метод крутильного маятника. Обратный крутильный маятник. Методики измерения внутреннего трения в области частот $5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^5$ Гц. Методика измерения внутреннего трения в тонких пленках и фольгах. Измерение затухания в твердых телах в области частот $10^6 - 10^9$ Гц. Импульсный эхо-метод. Импульсный метод для измерения скорости звука и коэффициента поглощения. Выбор методики и оценка ошибок при измерении внутреннего трения. Феноменологическое	6	4	2	14	26

		описание релаксационных процессов. Определение энергии активации релаксационных процессов. Определение энергии активации по смещению положения максимума. Определение энергии активации по форме максимума внутреннего трения. Определение энергии активации по полувысоте релаксационного максимума. Определение энергии активации по температурному положению максимума внутреннего трения. Исследование коэффициента диффузии методом внутреннего трения. Физические основы демпфирующей способности твердых тел.					
5	Методы измерения магнитных свойств	Основные параметры, характеризующие магнитные материалы и методы их исследования. Основные методы исследования магнитных свойств вещества. Методы измерения напряженности магнитного поля. Использование датчика Холла. Другие методы измерения напряженности магнитного поля. Магнитометрический метод: Астатический магнито-метр.	6	4	2	16	28

		Вибрационный магни-тометр. Методы измерения магнит-ных свойств в переменных полях Метод вольтметра и ампер-метра. Мостовые методы из-мерения магнитных характе-ристик. Потенциометрический метод измерения магнитных характеристик в переменных полях. Измерение магнитной проницаемости и потерь на частотах 50 кГц-10 МГц. Основные методы изме-рения магнитострикции и наблюдение доменной структуры. Тензометрический метод изме-рения магнитострикции. Емко-стной метод измерения. Другие методы измерения магнито-стрикции. Методы наблюдения магнитной структуры: метод порошковых фигур Акулова-Биттера; метод лоренцевской электронной микроскопии; метод растровой электронной микроскопии; рентгеногра-фический метод. Современные методы исследования доменной структуры.					
6	Методы измерения физических свойств	Методы определения плотности твердых тел Флотационный метод опреде-ления плотности. Определение плотности твердых тел мето-дом гидростатического	6	4	2	15	27

		взве-шивания. Выбор весов. Выбор вспомогательной жидкости. Пикнометрический метод. Рентгеновский метод. Другие методы определения плотности. Определение теплового расширения Основные сведения и характеристики теплового расширения. Основные прямые методы измерения теплового расширения вещества: метод компаратора, интерференци-онный метод, рентгеновский. Относительные методы измерения теплового расширения вещества. Методы измерения теплопроводности Основные сведения и единицы измерения. Абсолют-ные методы измерения тепло-проводности: калориметрические, энергетические. Относи-тельные методы измерения теплопроводности. Нестационапные методы.					
Итого			36	18	12	87	153

5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
7 семестр		12
2	Лабораторная работа № 1 Измерение удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом	2

2	Лабораторная работа № 2 Определение концентрации акцепторов и доноров по результатам исследования низкотемпературной зависимости ЭДС Холла	2
6	Лабораторная работа № 3 Определение времени жизни неравновесных носителей тока в полупроводниках	2
10	Лабораторная работа № 4 Изучение микротвердости твердых тел	2
14	Лабораторная работа № 5 Изучение амплитудной зависимости внутреннего трения в металлах.	2
16	Лабораторная работа № 6 Измерение плотности твердых тел.	2
Итого		12

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 7 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

1. Методы исследования квантового эффекта Холла.
2. Электронографический и нейтронографический анализы.
3. Электронно-микроскопический метод анализа.
4. Высокотемпературная металлография.
5. Оптико-электронные системы измерения температуры.
6. Растровая электронная микроскопия.
7. Метод электронного парамагнитного резонанса.
8. Метод ядерного магнитного резонанса.
9. Методы определения теплопроводности.
10. Методы определения теплоемкости.
11. Методы определения теплового расширения.
12. Методы определения коэффициента диффузии.
13. Сканирующая туннельная микроскопия и сканирующая микроскопия на атомных силах.
14. Магнитооптические методы исследований.
15. Термические методы анализа.
16. Оже-электронная спектроскопия.
17. Методы измерения толщины эпитаксиальных слоев и геометрических параметров полупроводниковых пластин и структур.
18. Спектральный анализ.
19. Оптические методы измерения параметров полупроводников.

20. Измерение параметров МДП-структур.
21. Методы измерения работы выхода.
22. Вторичная ионная масс-спектрометрия.
23. Емкостная спектроскопия полупроводников.
24. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.
25. Определение электрической прочности диэлектриков.

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-3	Знать структуру представления отчетов по курсовым проектам, рефератов, публикаций и презентаций	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, представление курсовой работы в виде отчета, презентации и ответов на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять информационные технологии и программные продукты при подготовке отчетов, рефератов, публикаций и презентаций	Умение применять информационные технологии при подготовке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками представления курсовых проектов, результатов исследования в	Владение навыками представления курсовой работы в форме отчета и	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций	при подготовке презентации		
ПК-5	Знать классификацию экспериментальных методов исследования	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть экспериментальными методами исследования и контроля параметров материалов, узлов и устройств физической электроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке	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 8 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-3	Знать структуру представления отчетов по курсовым проектам, рефератов, публикаций и презентаций	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять информационные технологии и	Решение стандартных практических	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения	Продемонстрирован верный ход	Задачи не решены

	программные продукты при подготовке отчетов, рефератов, публикаций и презентаций	их задач	получены верные ответы	всех, но не получен верный ответ во всех задачах	решения в большинстве задач	
	Владеть навыками представления курсовых проектов, результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций	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
ПК-5	Знать классификацию экспериментальных методов исследования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента	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 экспериментальными методами исследования и контроля параметров материалов, узлов и устройств физической электроники	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)

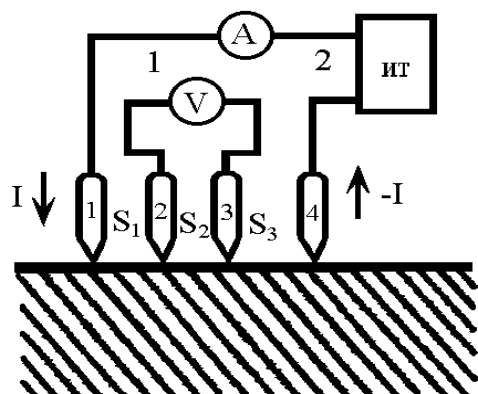
7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

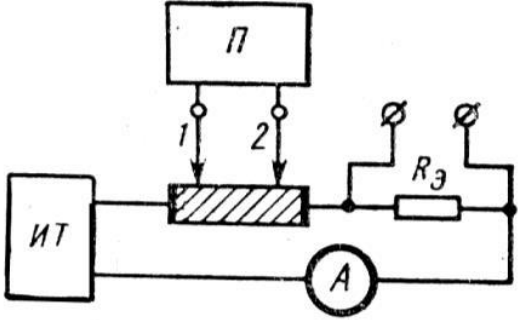
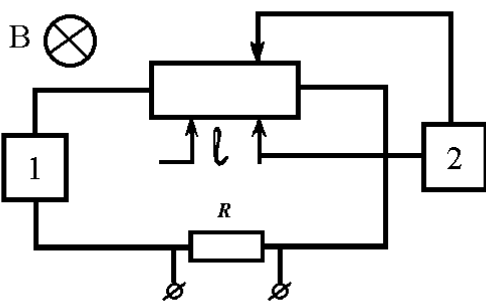
№	Вопрос	Варианты ответа
---	--------	-----------------

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 ² 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	Какие методы используют при измерении магнитных свойств?	1) амперметра - вольтметра 2) однозондовый 3) магнитометрический 4) четырехзондовый (Эталон: 1, 3)
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	Основная цель при испытании на ползучесть – определение предела ,,,,,,,,,,,,,,,,,	1) текучести 2) прочности 3) ползучести 4) усталости (Эталон: 3)
8	Укажите единицы измерения подвижности носителей заряда	1) м/(В·с) 2) м ² /(В·с) 3) К ² /(В·с) 4) К/(В·с) (Эталон: 2)

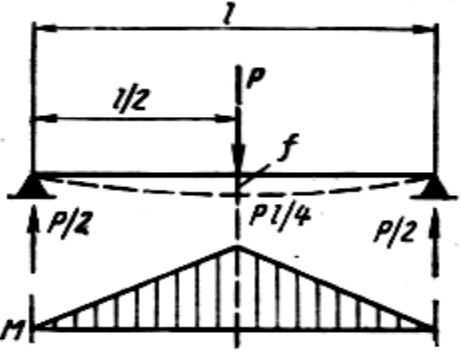
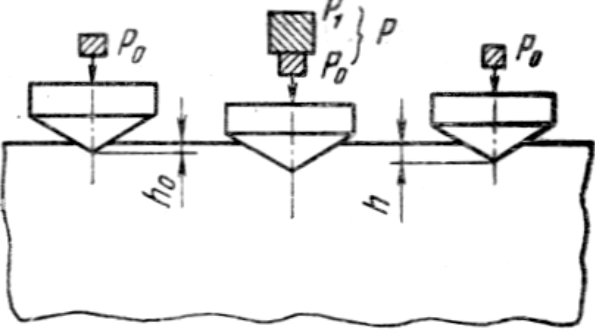
9	Перечислите основные методы измерения твердости:	1) Роквелла 2) Джоуля 3) Бринеля 4) Виккерса (Эталон: 1, 3, 4)
10	Метод внутреннего трения относится к _____ явлениям	1) мягким 2) упругим 3) неупругим 4) магнитным (Эталон: 3)

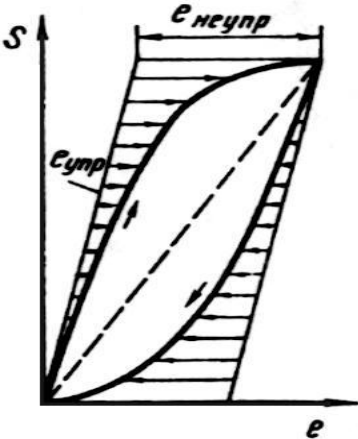
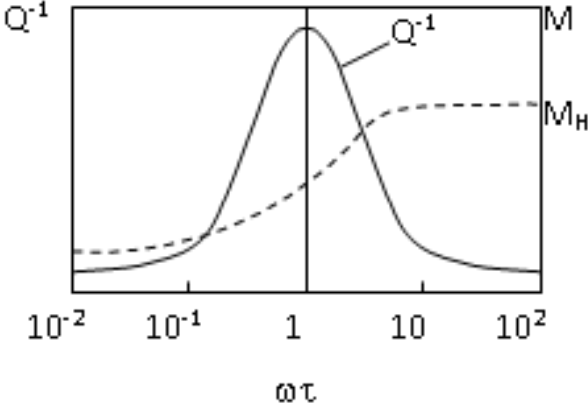
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Представьте и обоснуйте схему четырехзондового метода измерения удельного электрического сопротивления полупроводников Можно ли использовать четырехзондовый метод для измерения удельного электрического сопротивления тонких пленок?	 1) да; 2) нет; 3) да при низких температурах; 4) да на переменном токе. (Эталон 1)

2	Представьте и обоснуйте схему двухзондового метода измерения удельного электрического сопротивления полупроводников Для повышения чувствительности двух-зондового метода измерения электрического сопротивления полупроводников расстояние между зондами	 1) уменьшают 2) увеличивают 3) не изменяют 4) закорачивают (Эталон: 2)
3	Представьте схему измерения эффекта Холла при постоянном токе и постоянном магнитном поле При измерении эффекта Холла в полупроводниках через образец пропускают электрический ток плотности:	 1) $\leq 10 \text{ A/cm}^2$ 2) $\leq 10^4 \text{ A/cm}^2$ 3) $\leq 10^5 \text{ A/cm}^2$ 4) $\leq 10^6 \text{ A/cm}^2$ (Эталон: 1)

4	Приведите основные типы диаграмм растяжения 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	Приведите структуру зон и покажите оптические переходы в прямозонном полупроводнике Как зависит коэффициент поглощения α прямозонного полупроводника от энергии квантов $h\nu$?	1) α линейно зависит от $h\nu$; 2) α^2 линейно зависит от $h\nu$; 3) α экспоненциально зависит от $h\nu$; 4) α логарифмически зависит от $h\nu$. (Эталон: 2)
6	Приведите структуру зон и покажите оптические переходы в непрямоzonном полупроводнике Как зависит коэффициент поглощения α непрямоzonного полупроводника от энергии квантов света $h\nu$?	1) α^2 линейно зависит от $h\nu$; 2) $\alpha^{1/2}$ линейно зависит от $h\nu$; 3) α экспоненциально зависит от $h\nu$; 4) α логарифмически зависит от $h\nu$. (Эталон: 2)

7	Приведите схему проведения испытания на изгиб сосредоточенной силой 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)
8	Приведите схему измерения твердости по Роквеллу 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	Приведите петлю механического гистерезиса в результате неупругих явлений При каких условиях эксперимента внутреннее трение максимально?	 1) $\omega\tau=0$ 2) $\omega\tau=1$ 3) $\omega\tau=10$ 4) $\omega\tau=100$ (Эталон: 2)
10	Изобразите зависимость внутреннего трения и динамического модуля от $\omega\tau$ К высокодемпфирующим материалам относят материалы, имеющие демпфирующую способность ψ больше	 1) 0,1 % 2) 1 % 3) 10 % 4) 100 %. (Эталон: 3)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Вычислить удельное сопротивление массивного образца, если через сферический зонд радиусом 0,13 мм протекает ток 0,3 мА при напряжении 40 мВ.	1) $\rho = 0,0109 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ 2) $\rho = 0,0509 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ 3) $\rho = 0,109 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ 4) $\rho = 0,509 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (Эталон: 3)

2	Вычислить величину удельного сопротивления пластинчатого образца произвольной формы методом Ван-дер-Пау по следующим экспериментальным данным: толщина пластины $0,5 \cdot 10^{-2}$ м, $R_{1234} = 50$ Ом, $R_{2341} = 90$ Ом	1) $\rho = 1,569$ Ом·см 2) $\rho = 15,69$ Ом·см 3) $\rho = 156,9$ Ом·см 4) $\rho = 1569$ Ом·см (Эталон: 3)
3	Полупроводниковый монокристалл толщиной 1 мм и шириной 1 см помещен в магнитное поле с индукцией 0,5 Тл. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости образца. Вычислить эдс Холла, если коэффициент Холла $3,66 \cdot 10^{-4}$ м ³ /Кл, а ток – 10 мА.	1) 0,183 мВ; 2) 1,83 мВ; 3) 18,3 мВ; 4) 183 мВ (Эталон: 2)
4	Коэффициент Холла образца примесного кремния равен $3,66 \cdot 10^{-4}$ м ³ /Кл, удельное сопротивление образца $9,93 \cdot 10^{-3}$ Ом·м. Определить концентрацию и подвижность носителей заряда, предполагая, что это носители одного знака.	1) $1 \cdot 10^{22}$ м ⁻³ ; 0,025 м ² /(В·с); 2) $2 \cdot 10^{22}$ м ⁻³ ; 0,035 м ² /(В·с); 3) $4 \cdot 10^{22}$ м ⁻³ ; 0,045 м ² /(В·с); 4) $6 \cdot 10^{22}$ м ⁻³ ; 0,055 м ² /(В·с). (Эталон: 2)
5	. При температуре 300 К для монохроматического излучения с длиной волны 1 мкм показатель поглощения кремния 10^4 м ⁻¹ , а коэффициент отражения излучения 0,3. Определить какая доля потока излучения пройдет через пластину кремния толщиной 300 мкм при нормальном падении лучей.	1) 0 % 2) 3.5 % 3) 35 % 4) 50 %. (Эталон: 2)
6	Вычислите минимальную длину световой волны, для которой арсенид галлия, имеющий ширину запрещенной зоны 1,43 эВ при температуре 300 К, является оптически прозрачным.	1) 500 нм; 2) 867 нм; 3) 1000 нм; 4) 1500 нм. (Эталон: 2)

7	При измерении коэффициента поглощения света в двух образцах полу-проводниковой пленки, различающихся по толщине на 1 мкм, отношение интенсивностей проходящего света изменилось в е-раз. Определить коэффициент поглощения	1) 10^2 см^{-1} ; 2) 10^3 см^{-1} ; 3) 10^4 см^{-1} ; 4) 10^5 см^{-1} . (Эталон: 3)
8	Какие силы надо приложить к концам стальной проволоки с модулем упругости $E=200 \text{ ГПа}$ длиной 4 м и сечением $0,5 \text{ мм}^2$ для удлинения ее на 2 мм?	1) $P=10 \text{ кН}$; 2) $P=15 \text{ кН}$; 3) $P=25 \text{ кН}$; 4) $P=50 \text{ кН}$. (Эталон: 3)
9	Определите температуру пика Бордони в алюминии на частоте 1 МГц, если энергия активации $E = 0,16 \text{ эВ}$, а частотный фактор $\tau_0 = 5 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$.	1) $T= 50 \text{ К}$, 2) $T= 100 \text{ К}$, 3) $T= 150 \text{ К}$, 4) $T= 178 \text{ К}$. (Эталон: 4)
10	Найдите рентгеновскую плотность кремния, если постоянная решетки равна $a = 0,357 \text{ нм}$.	1) $\rho = 2319,6 \text{ кг/м}^3$; 2) $\rho = 2329,6 \text{ кг/м}^3$; 3) $\rho = 2339,6 \text{ кг/м}^3$; 4) $\rho = 2349,6 \text{ кг/м}^3$. (Эталон: 2)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

- Задачи курса "Экспериментальные методы исследований". Основные параметры.
- Подготовка образцов к измерениям. Методы изготовления образцов заданной геометрии. Методы получения омических контактов.
- Четырехзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления на постоянном токе.
- Четырехзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления на переменном токе.
- Двухзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
- Однозондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
- Бесконтактные методы измерения удельного электрического сопротивления.
- Определение параметров полупроводников по температурной зависимости электрического сопротивления.
- Эффект Холла и другие гальваномагнитные эффекты.
- Измерение эффекта Холла методом постоянного магнитного поля и постоянного тока.
- Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля или переменного тока.
- Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля и переменного тока.
- Измерение тока Холла.
- Определение концентраций донорных и акцепторных примесей по измерению эффекта

Холла.

15. Измерение дрейфовой подвижности.
16. Определение коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей методом подвижного светового зонда.
17. Определение времени жизни неосновных носителей методом модуляции проводимости точечным контактом.
18. Определение времени жизни неосновных носителей методом затухания фотопроводимости.
19. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни неосновных носителей.
20. Измерение стационарной фотопроводимости.
21. Экспериментальные методы измерения оптических свойств.
22. Определение основных параметров полупроводников из спектров поглощения и отражения.
23. Основные параметры магнитных материалов.
24. Методы измерения магнитной восприимчивости.
25. Магнитометрический метод измерения магнитных параметров.
26. Метод амперметра и вольтметра и потенциометрический метод для измерения магнитных параметров.
27. Мостовой и резонансный методы измерения магнитных параметров.
28. Методы измерения магнитострикции.
29. Методы наблюдения доменной структуры ферромагнетиков.
30. Классификация механических испытаний.
31. Методы определения упругих свойств.
32. Измерение твердости по Бринеллю.
33. Измерение твердости по **Виккерсу**.
34. Измерение твердости по Роквеллу.
35. Измерение микротвердости.
36. Методы измерения неупругих свойств (общие сведения о неупругости).
37. Меры внутреннего, трения.
38. Измерение упругих и неупругих свойств методом крутильного маятника.
39. Измерение неупругих свойств в тонких пленках.
40. Особенности измерения неупругих свойств в магнитострикционных ферромагнетиках.
41. Импульсный метод измерения упругих и неупругих свойств.
42. Определение энергии активации релаксационного процесса по результатам измерения внутреннего трения.
43. Измерение коэффициента диффузии методом внутреннего трения.
44. Испытания на растяжение.
45. Испытание на сжатие.
46. Испытания на изгиб.
47. Испытания на кручение.
48. Испытания на замедленное разрушение.
49. Испытания на ударную вязкость.
50. Испытания на усталость.
51. Испытания на ползучесть.
52. Испытания на длительную прочность.
53. Испытания на релаксацию напряжений.
54. Методы измерения плотности.
55. Определение термического расширения.
56. Методы измерения плотности.

57.Определение теплопроводности.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится билетам, каждый из которых содержит 2-3 вопроса.

Критерии оценивания	
Оценка «отлично»	Содержание ответа исчерпывает содержание вопроса. Студент демонстрирует как знание, так и понимание вопросов билета и дополнительных вопросов экзаменатора.
Оценка «хорошо»	Содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса. Студент демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, но испытывает незначительные проблемы при ответах на дополнительные вопросы.
Оценка «удовлетворительно»	Содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса, но допускаются ошибки. Не все положения ответа раскрыты полностью. Имеются фактические пробелы и неполное владение литературой.
Оценка «неудовлетворительно»	Содержание ответа не отражает содержание вопроса. Имеются грубые ошибки, а также незнание ключевых определений и литературы. Ответ на вопросы

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Методы измерения электропроводности, термоэдс и эффекта Холла	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Измерение параметров неравновесных носителей	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Исследование механических свойств конструкционных материалов	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

			защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Методы измерения внутреннего трения	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Методы измерения магнитных свойств	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Методы измерения физических свойств	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченнос
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Железный В.С., Гущин В.С.	Экспериментальные методы исследований. – Воронеж: ВГТУ, 2004. – 494 с.	2004 Печ.	1,0
7.1.1.2	С.И. Рембеза, Б.М. Синельни- ков, Е.С. Рембеза, Н.И.Каргин	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники /. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. – 432 с.	2002 Печ.	1,0
7.1.1.3	Калинин Ю.Е.	Экспериментальные методы исследований: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (15 Мб) / Ю.Е. Калинин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»,	2015 Магнитный носитель	1,0
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Головин Ю.И.	Основы нанотехнологий. – М.: Машиностроение, 2012. – 656 с.	2012 Печ.	0,1

7.1.2.2	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Нижний Новгород: РАН, Институт физики микро-структур, 2004. – 110 с.	2004. Печ.	0,2
7.1.2.3	Головин Ю.И.	Наноиндетирование и его возможности. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.	2009 Печ.	0,1
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Калинин Ю.Е. Янченко Л.И.	Экспериментальные методы исследования (Лабораторный практикум) (ВГТУ) – 2017 № госрегистрации 0321702086	2017 Электр. .	1
7.1.3.2	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
7.1.3.3	Калинин Ю.Е.	Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Экспериментальные методы исследований» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»;	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:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, СтройКонсультант (<http://www.stroykonsultant.com>).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

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

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

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.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 удается

	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: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
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.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--