

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**« Методы исследования материалов и структур
электроники »**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы



/ Т.В. Свистова /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и наноэлектроники



/ С. И Рембеза./

Руководитель ОПОП



/ С.И Рембеза./

Воронеж 2017

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование знаний по экспериментальным методам определения и контроля параметров полупроводниковых материалов, диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоев, полупроводниковых структур с потенциальными барьерами.

1.2. Задачи освоения дисциплины: усвоение физических принципов наиболее распространенных экспериментальных методов измерения, их теоретического обоснования, границ применимости, точности измерения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы исследования материалов и структур электроники» относится к вариативной части блока Б1 учебного плана. Индекс дисциплины Б1.В.ОД.9.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы исследования материалов и структур электроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-5: способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

ПКВ-1: способность владеть современными методами расчета и проектирования микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники, способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать основные физические принципы и методы измерения свойств материалов и структур электроники
	уметь оценить возможность применения методов для контроля технологического процесса производства полупроводниковых приборов и интегральных схем
	владеть первичными навыками подготовки образцов и методами измерения их параметров
ПКВ-2	знать методы анализа и интерпретации результатов измерений
	уметь рассчитывать основные параметры материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации

	владеть работой на оборудовании различных методов, техникой подготовки образцов, основными расчетными методиками обработки результатов эксперимента.
ПКВ-3	знать принципы эксплуатации и сервисного обслуживания аналитических комплексов
	уметь использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
	владеть навыками анализа и интерпретации результатов измерений

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Методы исследования материалов и структур электроники» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет	нет
Контрольная работа(есть, нет)	нет	нет
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	зачет	зачет
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3
		108
		3

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	Подготовка образцов к измерению	Цели и задачи изучения учебного курса. Комплекс основных параметров полупроводников, группы, на которые они делятся. Методы создания образцов заданной геометрии. Контакты к образцам и требования к ним. Методы изготовления контактов. Проверка омических свойств контактов	2	-	-	4	6
2	Измерение удельного элек-	Четырехзондовый метод измерения удельного сопротивления	4	6	4	15	29

	трического сопротивления	(ρ). Суть метода. Условия применимости. Измерение ρ четырехзондовым методом на постоянном токе. Измерение ρ четырехзондовым методом на переменном токе. Двухзондовый метод измерения ρ . Однозондовый метод измерения ρ . Метод контроля ρ измерением сопротивления растекания в точечном контакте. Измерение ρ пластин произвольной формы (метод Ван дер Пау). Бесконтактные емкостные методы измерения ρ . Бесконтактные индуктивные методы измерения ρ .					
3	Гальваномагнитные методы измерения параметров полупроводников	Эффект Холла. Физическая сущность. Вывод формулы холловской разности потенциалов. Постоянная Холла. Холл-фактор. Условия сильных и слабых магнитных полей. Определение параметров полупроводников с помощью эффекта Холла. Побочные поперечные эффекты, сопутствующие эффекту Холла. Классификация методов измерения эффекта Холла. Измерение эффекта Холла методом постоянного тока и постоянного магнитного поля. Одночастотные методы измерения эффекта Холла. Двухчастотные методы измерения эффекта Холла. Измерение эффекта Холла методом Ван дер Пау. Образцы для измерения эффекта Холла.	4	4	4	10	22
4	Оптические методы измерения параметров полупроводников	Типы оптического поглощения в полупроводниках. Параметры, определяемые из оптического поглощения. Особенности основных типов спектральных приборов. Аппаратура для оптических исследований. Характеристики оптических приборов. Источники излучения. Приемники излучения. Молекулярные спектры. Спектральные параметры полос поглощения. Оптический метод определения концентрации примеси по спектрам поглощения. Требования к образцам для оптических исследований.	4	4	6	15	29
5	Методы исследования электрофизических параметров эпитаксиальных пленок	Измерение толщины пленки. Метод окрашивания шлифа. Интерференционный метод. Эллипсометрический метод. Измерение толщины пленок по дефектам упаковки. Измерение концентрации, подвижности и времени жизни носителей. Исследование распределения примеси по толщине и площади эпитаксиальных структур. Методы исследования дефектов структуры эпитаксиальных пленок.	4	4	4	10	22
Итого			18	18	18	54	108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Измерение распределения удельного сопротивления по длине монокристаллического полупроводникового слитка четырехзондовым методом.
2. Измерение концентрации и подвижности основных носителей заряда в полупроводниках методом эффекта Холла.
3. Измерение содержания примеси кислорода в образцах монокристаллического кремния, выращенного по методу Чохральского.
4. Определение толщины тонких полупроводниковых слоев интерференционным способом.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Методы исследования материалов и структур электроники» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) и контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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
ОПК-1	знать основные физические принципы и методы измерения свойств материалов и структур электроники	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь оценить возможность применения методов для контроля технологического процесса производства полупроводниковых приборов и интегральных схем	Обработка результатов измерений, анализ полученных данных, учет погрешности измерений.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть первичными навыками подготовки образцов и методами измерения их параметров	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
ПКВ-2	знать методы анализа и интерпретации результатов измерений	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь рассчитывать основные параметры материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть работой на оборудовании различных методов, техникой подготовки образцов, основными расчетными методиками обработки результатов эксперимента.	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
ПКВ-3	знать принципы эксплуатации и сервисного обслуживания аналитических комплексов	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5

	уметь использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками анализа и интерпретации результатов измерений	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать основные физические принципы и методы измерения свойств материалов и структур электроники	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь оценить возможность применения методов для контроля технологического процесса производства полупроводниковых приборов и интегральных схем	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть первичными навыками подготовки образцов и методами измерения их параметров	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-2	знать методы анализа и интерпретации результатов измерений	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь рассчитывать основные параметры материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть работой на оборудовании различных методов, техникой подготовки образцов, основными расчетными методиками обработки результатов эксперимента.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-3	знать принципы эксплуатации и сервисного обслуживания аналитических комплексов	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками анализа и интерпретации результатов измерений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

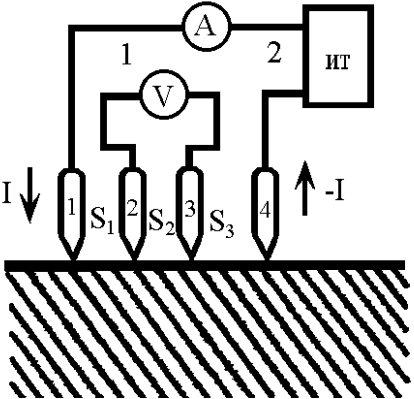
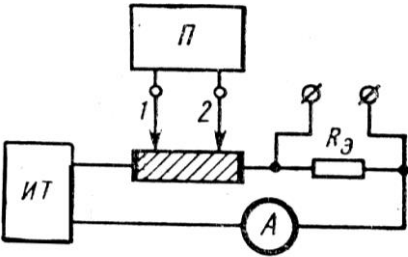
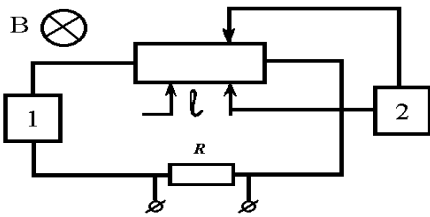
7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

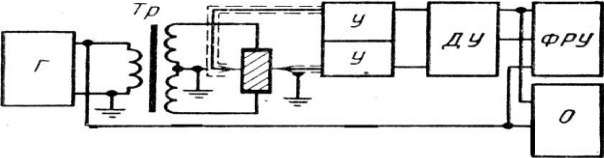
7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1	<p>Двухзондовый метод применяется для измерения удельного сопротивления:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) образцов произвольной формы; 2) образцов правильной геометрической формы; 3) однородных и изотропных образцов; 4) полубесконечных образцов. <p><i>Ответ: 2</i></p>
2	<p>Метод Ван-дер-Пау применяется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) толстых образцов произвольной формы; 2) образцов правильной геометрической формы; 3) полубесконечных образцов; 4) тонких пластин произвольной формы. <p><i>Ответ: 4</i></p>
3	<p>При выводе формулы четырехзондового метода измерения удельного сопротивления приняты допущения, что:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) образец однороден и изотропен.; 2) образец имеет ограниченные размеры со всех сторон; 3) образец ограничен с одной стороны плоской поверхностью; 4) образец имеет правильную геометрическую форму. <p><i>Ответ: 1</i></p>
4	<p>Как зависит коэффициент поглощения α прямозонного полупроводника от энергии квантов света $h\nu$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 $h\nu$. <p><i>Ответ: 2</i></p>
5	<p>Как зависит коэффициент поглощения α непрямозонного полупроводника от энергии квантов света $h\nu$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 $h\nu$. <p><i>Ответ: 2</i></p>
6	<p>В чем главные причины погрешности измерений метода Ван-дер-Пау?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неточность средств измерений 2. Влияние внешних факторов 3. Протяженность омических контактов к образцу 4. Погрешность измерения толщин образца. <p><i>Ответ: 3</i></p>
7	<p>Отрицательное значение коэффициента Холла означает, что образец:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) высокоомный; 2) собственной проводимости; 3) электронного типа проводимости; 4) дырочного типа проводимости. <p><i>Ответ: 3</i></p>
8	<p>Какой метод измерения эффекта Холла лучше исключает побочные эдс</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) постоянного тока и постоянного магнитного поля; 2) одночастотный; 3) двухчастотный;

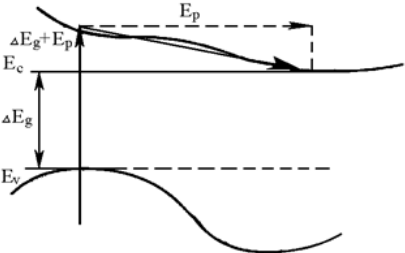
	4) метод Ван дер Пау. <i>Ответ:</i> 3
9	Какой из методов измерения толщины пленок является разрушающим 1) сферического шлифа; 2) интерференционный; 3) эллипсометрический. <i>Ответ:</i> 1
10	Какой из методов измерения толщины пленок является неразрушающим 1) сферического шлифа; 2) по дефектам упаковки; 3) эллипсометрический. <i>Ответ:</i> 3

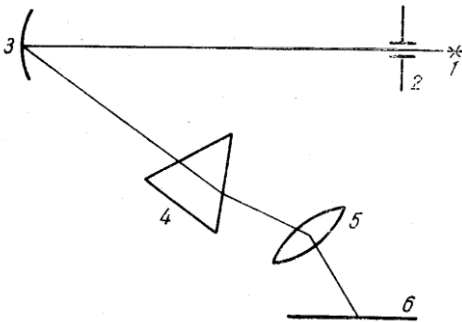
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1	<p>Схема четырехзондового метода измерения удельного сопротивления <i>Ответ:</i></p> 
2	<p>Схема измерения удельного сопротивления двухзондовым методом: <i>Ответ:</i></p> 
3	<p>Схема измерения эффекта Холла при постоянном токе и постоянном магнитном поле <i>Ответ:</i></p> 

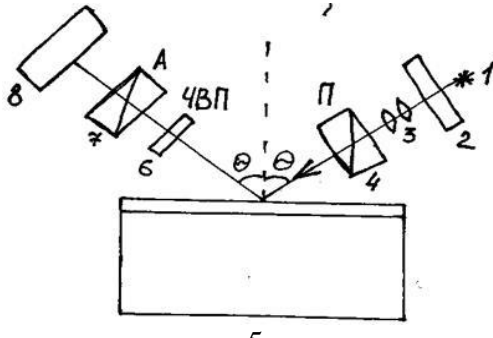
4	<p>Схема измерения эффекта Холла при переменном токе в постоянном магнитном поле</p> <p>Ответ:</p> 
---	---

5	<p>Структура зон и оптические переходы в прямозонном полупроводнике</p> <p>Ответ:</p> 
---	---

6	<p>Структура зон и оптические переходы в непрямозонном полупроводнике</p> <p>Ответ:</p> 
---	--

7	<p>7. Оптическая схема монохроматора</p> <p>Ответ:</p>  <p>Оптическая схема монохроматора: 1 – источник света; 2 - входная щель; 3 – конденсатор; 4 – призма; 5 – объектив; 6 - регистрирующий прибор (фотопластинка)</p>
---	---

8	<p>Условия возникновения интерференции в эпитаксиальных структурах.</p> <p>Ответ:</p> <p>Для возникновения интерференции необходимо, чтобы падающее излучение отражалось не только от поверхности эпитаксиального слоя, но и от его границы с подложкой. Это означает, что эпитаксиальный слой должен быть прозрачным в используемом интервале длин волн. Известно, что в видимой и ультрафиолетовых об-</p>
---	--

	<p>ластях спектра основные полупроводники непрозрачны, а слаболегированные полупроводники прозрачны в инфракрасной области. Оптические постоянные эпитаксиального слоя такие, как показатель преломления n, коэффициент отражения R, показатель экстинкции (ослабления) k, в этом спектральном диапазоне должны отличаться от оптических постоянных подложки. Поэтому условия, приведенные выше, выполняются в ИК - области для эпитаксиальных структур, в которых эпитаксиальный слой содержит малую концентрацию свободных носителей заряда, а подложка сильно легирована.</p>
9	<p>Какие травители используют для выявления дефектов упаковки? <i>Ответ:</i> Для выявления дефектов упаковки используют следующие травители: травитель Сиртла $\text{HF}:\text{CrO}_3$ (1:1), травитель Секко $\text{HF}:\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (2:1) или $\text{HF}:\text{Cr}_2\text{O}_3$ (2:1) и травитель Райта $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O} = 2:1:1:(2 \text{ ч}):2:2$, а также можно пользоваться травителем Деша $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}$ (1:3:10). Травление ведется 5 – 20 с.</p>
10	<p>Принципиальная схема эллипсометра <i>Ответ:</i></p>  <p>Принципиальная схема эллипсометра включает источник света 1; монохроматизирующий фильтр 2; коллиматор 3; поляризатор (призма Николя) 4; образец 5; компенсатор (ЧВП) 6; анализатор (призма Николя) 7; фотоприемник 8.</p>

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Вычислить удельное сопротивление массивного образца, если через сферический зонд радиусом 0,13 мм протекает ток 0,3 мА при напряжении 40 мВ.

Ответ: 0,109 Ом·м

2. При изготовлении биполярного транзистора для формирования эмиттерных областей использовался метод диффузии. Четырехзондовые измерения, проведенные на тестовых структурах, показали, что полученные диффузионные области p -типа имеют среднее удельное сопротивление 0,15 Ом·см. Определить, на какой глубине находится диффузионный n - p -переход, если при токе в цепи внешних зондов равном 20 мА напряжение составило 0,4 В.

Ответ: 16,6 мкм

3. 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

Ответ: 156,9 Ом·см

4. Коэффициент Холла образца примесного кремния равен $3,66 \cdot 10^{-4}$ м³/Кл, удельное сопротивление образца $9,93 \cdot 10^{-3}$ Ом·м. Определить концентрацию и подвижность носителей заряда, предполагая, что это носители одного знака.

Ответ: $2 \cdot 10^{22}$ м⁻³; 0,035 м²/(В·с)

5. Образец полупроводника имеет коэффициент Холла $3,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$, удельное сопротивление образца $8,93 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Для обнаружения эффекта Холла образец помещается в магнитное поле с индукцией 0,5 Тл. Определить угол Холла.

Ответ: 1,1 °.

6. 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 $3,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

Ответ: 1,83 мВ.

7. 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.

Ответ: 3,5 %.

8. Вычислите минимальную длину световой волны, для которой арсенид галлия, имеющий ширину запрещенной зоны 1,43 эВ при температуре 300 К, является оптически прозрачным.

Ответ: 867 нм.

9. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda=500 \text{ нм}$. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину d пленки, если показатель преломления материала пленки $n = 1,4$.

Ответ: 89 нм.

10. При измерении коэффициента поглощения света в двух образцах полупроводниковой пленки, различающихся по толщине на 1 мкм, отношение интенсивностей проходящего света изменилось в e -раз. Определить коэффициент поглощения света.

Ответ: 10^4 см^{-1}

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Комплекс основных параметров полупроводников, группы, на которые они делятся.
2. Методы создания образцов заданной геометрии.
3. Контакты к образцам и требования к ним.
4. Методы изготовления контактов.
5. Проверка омических свойств контактов.
6. Четырехзондовый метод измерения удельного сопротивления (ρ). Суть метода. Условия применимости.
7. Измерение ρ четырехзондовым методом на постоянном токе.
8. Измерение ρ четырехзондовым методом на переменном токе.
9. Поправочные коэффициенты.
10. Измерение ρ -тонких пластин.
11. Измерение ρ -тонких слоев.
12. Измерение ρ двухслойных структур.
13. Двухзондовый метод измерения ρ .
14. Однозондовый метод измерения ρ .
15. Измерение ρ пластин произвольной формы (метод Ван дер Пау).

16. Метод контроля ρ измерением сопротивления растекания в точечном контакте.
17. Бесконтактный емкостный метод измерения ρ .
18. Бесконтактный индуктивный метод измерения ρ .
19. Эффект Холла. Физическая сущность.
20. Вывод формулы холловской разности потенциалов.
21. Постоянная Холла. Холл-фактор. Условия сильных и слабых магнитных полей.
22. Определение параметров полупроводников с помощью эффекта Холла.
23. Эффект Холла в образцах со смешанной и собственной проводимостью.
24. Побочные поперечные эффекты, сопутствующие эффекту Холла.
25. Классификация методов измерения эффекта Холла.
26. Измерение эффекта Холла методом постоянного тока и постоянного магнитного поля.
27. Одночастотные методы измерения эффекта Холла.
28. Двухчастотные методы измерения эффекта Холла.
29. Измерение эффекта Холла методом Ван дер Пау.
30. Образцы для измерения эффекта Холла.
31. Типы оптического поглощения в полупроводниках. Параметры, определяемые из оптического поглощения.
32. Аппаратура для оптических исследований. Характеристики оптических приборов.
33. Источники излучения.
34. Приемники излучения.
35. Особенности основных типов спектральных приборов.
36. Общие сведения о молекулярных спектрах
37. Спектральные параметры полос поглощения
38. Оптический метод определения концентрации примеси по спектрам поглощения.
39. Измерение толщины пленки. Метод окрашивания шлифа.
40. Интерференционный метод измерения толщины пленок.
41. Устройства для получения и исследования поляризованного света.
42. Эллипсометрический метод измерения толщины пленок
43. Измерение толщины пленок с помощью дефектов упаковки.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет 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 «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 20 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Подготовка образцов к измерению	ОПК-1, ОПК-5, ПКВ-1	Тест, опрос, защита лабораторных работ
2	Измерение удельного электрического сопротивления	ОПК-1, ОПК-5, ПКВ-1	Тест, опрос, защита лабораторных работ
3	Гальваномагнитные методы измерения параметров полупроводников	ОПК-1, ОПК-5, ПКВ-1	Тест, опрос, защита лабораторных работ
4	Оптические методы измерения параметров полупроводников	ОПК-1, ОПК-5, ПКВ-1	Тест, опрос, защита лабораторных работ
5	Методы исследования электрофизических параметров эпитаксиальных пленок	ОПК-1, ОПК-5, ПКВ-1	Тест, опрос, 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 преподавателем и выставляется оценка согласно методике 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 преподавателем и выставляется оценка, согласно методике 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 преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
Основная литература				
1	Рембеза С.И. Синельников Б.М. Рембеза, Е. С. Каргин Н. И.	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники: учеб. пособие. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ, 2002. - 432с.	2002. Печат.	0,38
2	Свистова Т.В. Дырда Н. Н.	Методы исследования материалов и структур электроники: учеб. пособие - Воронеж : ГОУВПО ВГТУ, 2007. 225 с.	2007. Печат.	1,0
3	Свистова Т.В.	Методы исследования материалов и структур электроники: учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (10,8 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГТУ, 2013.	2013 Электронный ресурс	1,0
Дополнительная литература				
1	Павлов Л.П.	Методы измерения основных параметров полупроводниковых материалов - М.: Высш. шк., 1987.	1987. Печат.	0,25
2	Уханов Ю.И.	Оптические свойства полупроводников. - М.: Наука, 1977.	1977. Печат.	0,5
3	Кушнир Ф.В.	Электрорадиоизмерения : учеб. пособие / - Л. : Энергоатомиздат, 1983. - 319с.	1983. Печат	0,17
4	Кучис Е.В.	Методы исследования эффекта Холла. М.: Радио и связь, 1990.	1990. Печат.	0,25
Методические разработки				
1	Свистова Т.В. Кошелева Н.Н.	№ 231-2012 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1 – 3 по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники»	2012, печ.	1,0
2	Свистова Т.В. Кошелева Н.Н.	№ 232-2012 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 4 – 6 по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники»	2012, печ.	1,0
3	Свистова Т.В.	№ 434-2008 Методические указания к выполнению контрольных работ по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники»	2008. Печат.	0,25
4	Свистова Т.В.	№ 435-2008 Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники»	2008. Печат.	0,25

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

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/>

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, FireFox, LabVIEW, Elektronik Workbench.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. Учебное, научное и технологическое оборудование кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Методы исследования материалов и структур электроники» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия.

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 приобретение практических навыков расчета устройств функциональной электроники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

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 удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом

занятия	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: 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"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - 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
1		31.08.2018	
2		31.08.2019	
3		31.08.2020	