

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Физики твердого тела и
наноструктур

(П.В. Середин)
16.06.2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.05.02 Методы анализа полупроводниковых структур

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:
11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»
2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:
"Интегральная электроника и микроэлектроника"
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур
6. Составители программы: Середин Павел Владимирович, д.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: НМС физического факультета 14.06.2023, протокол №6
8. Учебный год: 2026-2027 Семестр(ы):6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у обучающихся знаний, умений и практических навыков в области экспериментальных методов анализа параметров, которые являются основными для производственного контроля качества полупроводниковых структур и составляют основу многих методов исследования полупроводников и полупроводниковых приборов, процессов микро и микроэлектроники.

Задачи учебной дисциплины:

- познакомить обучающихся с основными современными методами анализа параметров полупроводниковых материалов в микро и наноразмерном состоянии

и сформировать представления об физических процессах, лежащих в основе этих методов,

- сформировать навыки, позволяющие обучающимся устанавливать взаимосвязи между измеряемыми параметрами полупроводниковых структур и обнаруживаемыми в них химических примесями, глубокими уровнями, несовершенствами кристаллической решетки итд.

- выработать навыки измерения основных параметров полупроводниковых структур, а также опыт компьютерной обработки результатов исследований.

- научить проводить расчеты основных параметров полупроводниковых структур, оценивать возможности проведения измерений на различных установках;

- Выработать практические навыки работы на автоматизированных физических установках.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина по выбору части, формируемая участниками образовательных отношений, блока Б1.

При изучении курса подводятся итоги изучения дисциплин специальности и специализации в области твердотельной электроники; приоритет отдается методам и их применению к конкретным задачам физики твердого тела, твердотельной электроники, нанотехнологий.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессионального стандарта 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники» А/05.5 «Контроль соблюдения параметров и режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники».

Данная дисциплина является предшествующей для таких профессиональных дисциплин как «Физические основы электроники», «Физика МДП-систем», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Практикум по полупроводниковым приборам»/«Практикум по физике полупроводников», «Элементная база электроники на основе гетероструктур», «Методы исследования и контроля полупроводников»/«Методы анализа полупроводниковых структур», «Физические основы методов анализа материалов микро- и наноэлектроники» «Изучение и анализ микро- и наносистем», а также производственных практик и выполнения бакалаврской выпускной квалификационной работы в области микро- и наноэлектроники.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-3.2	Определяет состав средств технологического оснащения для разрабатываемых процессов производства изделий микроэлектроники	- Уметь работать с технологической документацией на изготовление изделий микроэлектроники. - Знать базовые технологические процес-

				сы производства изделий микроэлектроники. - Знать основные фундаментальные понятия и явления физики полупроводников, а также используемые в физике полупроводников основополагающими модели и теории;
ПК-4	Готов организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	ПК-4.1	Осуществляет контроль правильности эксплуатации технологического оборудования и оснастки на производстве изделий микроэлектроники;	- Знать основные параметры технологических процессов. - Уметь выявлять основные технологические задачи, решаемые при разработке технологического процесса производства изделий микроэлектроники - Умеет проводить измерения основных параметров полупроводников и приборов на их основе;
		ПК-4.2	Выявляет причины брака и приближения параметров к предельно допустимым при изготовлении изделий микроэлектроники	- Умеет анализировать основные параметры реализуемых технологических процессов производства изделий микроэлектроники.
		ПК-4.3	Готовит предложения по повышению точности технологических операций, предупреждению и устранению брака при изготовлении изделий микроэлектроники	- Знает технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники;
ПК-7	Способен проводить технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники	ПК-7.3	Решает технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники	- Умеет анализировать режимы работы технологического оборудования на производстве изделий микроэлектроники. - Умеет выявлять причины потери точности технологического оборудования. - Знает документацию, методы и правила в области обработки

				экспериментальных данных, оценки точности измерений и нормирования точности параметров прикладного математического и наукоемкого информационного обеспечения производственно-технической деятельности, направленной на моделирование процессов и объектов предприятия микроэлектроники.
--	--	--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			5 семестр
Аудиторные занятия		68	68
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные	34	
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		76	
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью он-лайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Современное состояние методов измерения полупроводниковых структур.	Краткая справка о развитии материаловедения. Краткая характеристика современного состояния методов измерения полупроводниковых структур, их роль в процессе конструировании МЭА. Предмет	

		дисциплины и его место в системе подготовки специалистов в области микроэлектроники. Задачи дисциплины, обобщённая характеристика её разделов и связь с другими дисциплинами.	
2	Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводников.	1.1. Измерение удельного сопротивления полупроводников. Двухзондовый и четырехзондовый методы. Применение четырехзондового метода к образцам простой геометрической формы. Измерение удельного сопротивления диффузионных, эпитаксиальных и ионнолегированных слоев четырехзондовым методом. Метод сопротивления растекания. Высокочастотные бесконтактные способы измерения. 1.2. Измерение концентрации носителей заряда. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости подвижности. Измерение распределения концентрации и подвижности носителей. Определение концентрации носителей заряда по Холловской подвижности. Измерение подвижности методами тока Холла и геометрического магнитосопротивления. Измерение концентрации носителей заряда оптическими методами. 1.3. Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда. Параметры неравновесных носителей заряда. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда. Метод движущегося светового луча. Измерение времени жизни носителей заряда методом модуляции проводимости в точечном контакте.	
3	Методы измерения параметров глубоких центров в полупроводниках.	Вольт-фарадные методы измерения параметров полупроводников. Метод релаксации емкости. Метод термостимулированной емкости и фотоемкости.	
4	Методы исследования микроструктуры точечных дефектов.	Применение электронного микроскопа для изучения структурного совершенства полупроводников. Применение рентгеновских топографических методов для изучения дефектов. Растровая электронная микроскопия.	
5	Прецизионная профилометрия и измерение геометрических размеров в структурах микроэлектроники.	Инфракрасная интерференция и интерференция в видимой области спектра. Определение толщины эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии и инфракрасной интерференции. Метод окрашивания шлифа. Измерение отклонения от плоскостности и контроль рельефа поверхности полупроводниковых пластин и структур.	
6	Измерение состава твердых тел и концен-	Вторичная ионная масс-спектрометрия. Электронная спектроскопия для химического	

	традиционных профилей методами электронной и ионной спектроскопии, а также ядерно-физическими методами анализа.	анализа. Электронная Оже-спектроскопия. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ.	
7	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры.	Дифракционная решетка. Структурная электронография. Рентгеновский структурный анализ. Нейтронография.	
8	Эксплуатация и сервисное обслуживание аналитических комплексов.	Заключение. Основные направления развития методов измерения параметров материалов и структур.	
3. Лабораторные занятия			
1	Современное состояние методов измерения полупроводниковых структур.		
2	Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводников.	Лабораторная работа №1. Измерение удельного сопротивления полупроводников. Двух-зондовый и четырехзондовый методы. Применение четырехзондового метода к образцам простой геометрической формы. Лабораторная работа №2. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости подвижности. Лабораторная работа №3. Измерение подвижности методом эффекта Холла.	
3	Методы измерения параметров глубоких центров в полупроводниках.	Лабораторная работа №4. Вольт-фарадные методы измерения параметров полупроводников.	
4	Методы исследования микроструктуры точечных дефектов.	Лабораторная работа №5. Применение электронного микроскопа для изучения структурного совершенства полупроводников.	
5	Прецизионная профилометрия и измерение геометрических размеров в структурах микроэлектроники.	Лабораторная работа №6. Определение толщины эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии и инфракрасной интерференции.	
6	Измерение состава твердых тел и концентрационных профилей методами электронной и ионной спектроскопии, а также ядерно-физическими методами анализа.		
7	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры.	Лабораторная работа №7. Рентгеновский структурный и рентгенофазовый анализ.	
8	Эксплуатация и сервис-		

	ное обслуживание аналитических комплексов.		
--	--	--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Современное состояние методов измерения полупроводниковых структур.	6			9	15
2	Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводников.	4		7	9	20
3	Методы измерения параметров глубоких центров в полупроводниках.	4		7	9	20
4	Методы исследования микроструктуры точечных дефектов.	4		7	9	20
5	Прецизионная профилометрия и измерение геометрических размеров в структурах микроэлектроники.	4		7	9	20
6	Измерение состава твердых тел и концентрационных профилей методами электронной и ионной спектроскопии, а также ядерно-физическими методами анализа.	4			9	13
7	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры.	4		6	9	19
8	Эксплуатация и сервисное обслуживание аналитических комплексов.	4			13	17
	Итого:	34		34	76	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Методы анализа полупроводниковых структур» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; индивидуальные занятия. По

преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ—демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо вырабатывать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции выделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения, от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал, отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных ра-

боты, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа — это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Методы анализа полупроводниковых структур» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Методы анализа полупроводниковых структур» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 20 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 20 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 24 часов
написание реферата	– 12 часов
итога	– 76 часов

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Суворов, Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов : учебное пособие для академического бакалавриата / Э. В. Суворов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 180 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06011-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: Свободный доступ для скачивания https://urait.ru/bcode/410906
2.	Бублик, В. Т. Методы исследования материалов и структур в электронике. Рентгеновская дифракционная микроскопия : курс лекций / В. Т. Бублик, А. М. Мильвидский. - Москва : ИД МИСиС, 2006. - 93 с. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1223229 – Режим доступа: по подписке.
3.	Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. — Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. — 184 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1545-7. — Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Беляев А.Е., Болтовец Н.С., Венгер Е.Ф., и др. Физические методы диагностики в микро-и наноэлектронике. Гл. 5. Механизмы формирования контактного сопротивления омических контактов металлполупроводник. Теоретическое моделирование. Харьков: ИСМА. 2011. С. 282-347. Свободный доступ для скачивания https://fileskachat.com/download/23686_b70a5f140cfd505a7992372ed1f119d2.html
5.	Горелик, Семен Самуилович. Материаловедение полупроводников и диэлектриков : Учебник для студ.вузов по спец. физика / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский .— М. : Металлургия, 1988 .— 574 с. [10]
6.	Избранные главы кристаллохимии и методы изучения наноструктурированных материалов : учебное пособие / Т. З. Лыгина, Р. Е. Фомина, А. М. Губайдуллина, С. В. Водопьянова ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. — Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. — 168 с. : ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=501173 – Библиогр.: с. 162-163. – ISBN 978-5-7882-2411-4. — Текст : электронный.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	Физика, химия, математика студентам и школьникам Образовательный проект А.Н. Варгина Свободный доступ для скачивания Раздел Полупроводники http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html
3.	http://www.moodle.vsu.ru

4.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
5.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
7.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
8.	Середин, Павел Владимирович. Новые физические явления в гетероструктурах на основе полупроводников АЗВ5: перспективные подходы к созданию оптоэлектроники будущего / П.В. Середин .— Москва : НОВЫЙ ИНДЕКС, 2015 .— 219 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.204-219.
9.	Воротынцев, Владимир Михайлович. Базовые технологии микро- и наноэлектроники : учебное пособие : [для студ. специальности 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника"] / В.М. Воротынцев, В.Д. Скупов .— Москва : Проспект, 2017 .— 519 с. : ил., табл. — Библиогр. в конце гл.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФТТиНС
Мультимедийная доска TriumphBord78"MultiTouch;
Ноутбук,
Оборудование лаборатории электрофизических измерений свойств полупроводниковых материалов.
Оборудование Центра коллективного пользования научным оборудованием ВГУ.
Microsoft Windows 7 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);
Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные параметры полупроводниковых материалов и структур микро- и нанoeлектроники.	ПК-3, ПК-4 ПК-7	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-7.3	Опрос, реферат Лабораторные работы
2.	Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых подложек и тонких (от 10 нанометров) проводящих слоев.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос Лабораторные работы
3.	Определение концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниковых слоях толщиной от десяти нанометров и более.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос Лабораторные работы
4	Физические основы методов измерения характеристик неравновесных носителей заряда.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос
5	Исследование свойств структур МДП.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос Лабораторные работы
6	Методы измерения толщин полупроводниковых и диэлектрических слоев в полупроводниковых микро- и наноструктурах.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос
7	Химический анализ в полупроводниковых микро- и наноструктурах.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос
8	Исследование структуры твердых тел.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос Лабораторные работы
9	Методы статической обработки результатов измерений.	ПК-3 ПК-4	ПК-3.2 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Написание реферата. Собеседование

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос по пройденному материалу.

Реферат

Перечень тем рефератов

Перечень тем рефератов

1. Материаловедение – основа современной науки и техники.
2. Кремний – основной полупроводниковый материал микроэлектроники
3. Основы современной электроники.
4. Современные методы исследования свойств полупроводниковых материалов.
5. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования
6. Методы исследования материалов и элементов электронной техники.
7. Физико-химические основы получения новых полупроводниковых соединений.
8. Кремний — материал нанoeлектроники.
9. Этапы развития электроники от микро- до нано.
10. Монокристаллы, пластины и эпитаксиальные структуры кремния, арсенида галлия и соединений АЗВ5 в технологии изготовления приборов электронной техники.
11. Полупроводниковые соединения в микро-, опто- и нанoeлектронике.
12. Материаловедение и технология новых материалов.
13. Полупроводниковые материалы – основа современной электроники.
14. Новые методы получения материалов для нанoeлектроники.
15. Материалы и элементы электронной техники.
16. Солнечные элементы: физика, технология и электроника.
17. Использование солнечных элементов.
18. Методы преобразования солнечной энергии.
19. Солнечные батареи на полупроводниковых структурах.
20. Современная тенденция в развитии солнечных элементов.
21. Оси симметрии в кристаллах.
22. Жидкие кристаллы.
23. Природные и синтетические алмазы – уникальность областей применения.
24. Алмаз – средоточие уникальных свойств среди природных материалов.
25. Кристаллы в лазерной технике.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Реферат написан, в беседе со студентом прослеживается понимание им тематики дисциплины.	Повышенный уровень	Зачтено
Во всех остальных случаях.	–	Незачтено

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование

Перечень контрольных вопросов

1. Зондовые методы (четырёхзондовый метод; метод Ван дер Пау; метод сопротивления растекания); их использование для контроля удельного сопротивления на-нометровых слоев..
2. Эффект Холла в постоянных и переменных электрических и магнитных полях. Эффект магнетосопротивления. Определение с их помощью электрофизических параметров полупроводниковых слоев, в том числе в гетеропереходных наноструктурах и нанометровых инверсионных слоях.
3. Бесконтактные методы определения удельного сопротивления. Понятие об омическом контакте. Способы изготовления омических контактов к полупроводниковым подложкам и полупроводниковым слоям микро- и нанометровой толщины, методы контроля качества омических контактов
4. Понятие о квантовом эффекте Холла. Оптические методы определения концентрации.
5. Физические основы методов измерения характеристик неравновесных носителей заряда.
6. Исследование свойств структур МДП.
7. Методы измерения толщин полупроводниковых и диэлектрических слоев в полупроводниковых микро- и наноструктурах.
8. Методы ионной и электронной спектроскопии для определения состава микро- и наноструктур Методы рентгеновской и ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии.
9. Метод Оже - спектроскопии.
10. Основные методы статической обработки экспериментальных результатов.
11. Электронная микроскопия на просвет (ТЭМ). Растровая электронная микроскопия (РЭМ).
12. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
13. Методы рентгеновской и ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии.
14. Рентгеновские методы. Их применение для исследования наноструктур электроники
15. Ошибки и методика экспериментов. Основные методы статической обработки экспериментальных результатов
16. Рентгеновский микроанализ.

Шкала и критерии оценивании

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Основной материал усвоен, в ответе прослеживается логическая последовательность между отдельными частями усвоенного материала, однако возможно наличие пробелов в отдельных разделах, неточности некоторых формулировок и определений.	Повышенный уровень	Зачтено
Во всех остальных случаях.	—	Незачтено