

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)

05.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.03 Методы анализа микро- и наносистем

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика передовых технологий производства изделий микро- и нанoeлектроники

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Терехов Владимир Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор,
Барков Константин Александрович, кандидат физико-математических наук, ст. преп.,
Ивков Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, ст. преп.,

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ от 23.03.23г. протокол №2

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр: второй

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины является:

знакомство с основными методами диагностики поверхностных слоев твердых тел, изучение методов исследования химического состава и структуры поверхности компонентов микро- и наноэлектроники;

практическое ознакомление с работой установок оже-электронной спектроскопии, ультрамягкой рентгеновской спектроскопии, растровой электронной микроскопии необходимых для дальнейшей самостоятельной работы.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Методы анализа микро- и наносистем» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40 «Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности»;

40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Осуществляет контроль параметров технологических операций	ПК-2.1	Измеряет технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры;	Знать: методы измерения технологических и электрофизических параметров формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры;
				Уметь: измерять технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры;
				Владеть: навыками измерения технологических и электрофизических параметров формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры;
		ПК-2.2	Проводит анализ и определяет причины отклонения параметров;	Знать: основные причины отклонения параметров
				Уметь: проводить анализ и определять причины отклонения параметров;
				Владеть: навыками проведения анализа и

				определения причин отклонения параметров;
		ПК-2.3	Работает с контрольно-измерительным и диагностическим оборудованием, используемым в электронике и нанoeлектронике	Знать: основное контрольно-измерительное и диагностическое оборудование, используемое в электронике и нанoeлектронике
				Уметь: Работать с контрольно-измерительным и диагностическим оборудованием, используемым в электронике и нанoeлектронике
				Владеть: навыки работы с контрольно-измерительным и диагностическим оборудованием, используемым в электронике и нанoeлектронике
ПК-3	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.3	Анализирует полученные результаты и при необходимости корректирует и оптимизирует режимы технологических операций на производстве	Знать: способы анализа полученных результатов и при необходимости коррекции и оптимизации режимов технологических операций на производстве
				Уметь: анализировать полученные результаты и при необходимости корректировать и оптимизировать режимы технологических операций на производстве
				Владеть: навыками анализа полученных результатов и при необходимости корректировки и оптимизации режимов технологических операций на производстве

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час—5/180.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Аудиторные занятия		60	60
в том числе:	лекции	30	30
	практические	-	-
	лабораторные	30	-
	групповые консультации	-	-
Самостоятельная работа		84	84

Форма промежуточной аттестации – экзамен	36	36
Итого:	180	180

13.1. Содержание дисциплины

№п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Техника получения сверхвысокого вакуума. Классификация методов анализа поверхности.	Без масляные средства получения предварительного вакуума. Циалитовая откачка, современные механические средства получения низкого вакуума. Классификация методов анализа по сорту возбуждающих частиц регистрируемых частиц. Структурные и спектральные методы анализа.
1.2	Растровая электронная микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия.	Устройства растрового электронного микроскопа, разрешения по глубине и в плоскости. Приставки для рентгеновского микро анализа элементного состава. Туннельный эффект и его использование для изучения морфологии проводящих материалов с атомарным разрешением.
1.3	Растровая электронная Оже-спектроскопия и фотоэлектронная спектроскопия.	Оже-эффект. Оже-спектроскопия с возбуждением фотонами и электронами. Анализ кинетических энергий Оже-электронов с помощью анализатора типа цилиндрического зеркала. Фото эффект, уравнение фото эффекта и измерение энергии связей уровней в твердом теле с помощью ультрафиолетовых и рентгеновских фотонов. Зарядка образцов химический сдвиг основных уровней.
1.4	Ультрамягкая рентгеновская спектроскопия эмиссии и поглощения.	Образование рентгеновского тормозного и характеристического спектра. Закон Мозли. Рентгеновские эмиссионные полосы, тонкая структура и ее связь с плотностью электронных состояний в валентной зоне. Тонкая структура рентгеновских спектров поглощения и ее связь с распределением электронных состояний в зоне проводимости. Возможности анализа тонких слоев при использовании ультрамягкого рентгеновского диапазона.
2. Лабораторные занятия		
2.1	Лабораторная работа №1	Изучение влияния кинетической энергии зондирующих электронов на глубину анализа в системе тонких пленок SiO ₂ на Si
2.2	Лабораторная работа №2	Послойный анализ фазового состава пленок SiPO ₅ методом ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Техника получения сверхвысокого вакуума. Классификация методов анализа поверхности	6		6		16	28
2	Растровая электронная микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия.	6		6		16	28
3	Растровая электронная Оже-спектроскопия и фотоэлектронная спектроскопия.	6		6		16	28
4	Ультра мягкая рентгеновская	6		6		16	28

	спектроскопия эмиссии и поглощения.						
5	Знакомство с работой установок для проведения анализа поверхности твердых тел.	6		6		20	32
	Итого:	30		30		84	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Методы анализа микро- и наносистем» 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 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. Чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать 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 отделить 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 занятиях, подготовкой и сдачей экзамена 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 бакалавров. 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 практической 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 задачи ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины «Методы анализа микро- и наносистем» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных и курсовых работ, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к зачету.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Пентин, Юрий Андреевич. Физические методы исследования в химии: учебник для студ. вузов, обуч. по специальности 011000 "Химия" и направлению подгот. 510500 "Химия" / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. – М.: Мир, 2006. – 683 с.
2.	Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. И. Троян [и др.] ; под ред. В. Д. Бормана ; Федеральное агентство по образованию, Московский инженерно-физ. ин-т (гос. ун-т). - Москва : Московский инженерно-физ. ин-т (гос. ун-т), 2008. - 260 с. : ил., портр., табл.; 20 см. - (Учебная книга инженера-физика); ISBN 978-5-7262-1020-3
3.	М. В. Кузнецов. Современные методы исследования поверхности твердых тел: фотоэлектронная спектроскопия и дифракция. СТМ-микроскопия / Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург 2010, 43 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Домашевская, Эвелина Павловна. Фотоэлектронная спектроскопия : Учебное пособие по курсу "Физика твердого тела" раздел "Электронное строение" для студ. 4 к. днев. отд-ния спец. 010400-Физика спец. 200200-Микроэлектроника и полупроводниковые приборы / Э. П. Домашевская; Воронеж. гос. ун-т, Каф. физики твердого тела. – Воронеж: ЛОП, 1999. – 43 с.
2.	Анализ поверхности методами ионно-рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / Под ред. Д. Бриггса, М. П. Сиха. – М. : Мир, 1987. – 600 с.
3.	Карлсон, Томас. Фотоэлектронная спектроскопия / Т. А. Карлсон. – Л.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
4.	Зимкина, Татьяна Михайловна. Ультратонкая рентгеновская спектроскопия / Т. М. Зимкина, В. А. Фомичев. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1971. – 132 с.
5.	Рентгеноспектральный электроннозондовый микроанализ природных объектов / Л. А. Павлова, О. Ю. Белозерова, Л. Ф. Парадина, Л. Ф. Суворова; Отв. ред. А. Г. Ревенко; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. – Новосибирск: Наука, 2000. – 219, [5] с.

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

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ
2.	http://journals.ioffe.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	http://www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ
2.	http://www.edu.ru - Федеральный портал «Российское образование»
3.	http://journals.ioffe.ru
4.	Турищев С. Ю., Терехов В. А., Чувенкова О. А., Домашевская Э. П. / Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов / ВГУ - Воронеж - 42 с.

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, 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 растровой электронной микроскопии (JEOLJSM-6380LV), Лаборатория рентгеновской спектроскопии и Оже-спектроскопии. 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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Техника получения сверхвысокого вакуума. Классификация методов анализа поверхности	ПК-2	ПК-2.1	Опрос
2.	Растровая электронная микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия. Растровая электронная Оже-спектроскопия и фотоэлектронная спектроскопия.	ПК-2	ПК-2.2	Опрос
			ПК-2.3	
3.	Ультрамягкая рентгеновская спектроскопия эмиссии и поглощения.	ПК-3	ПК-3.3	Опрос
4.	Растровая электронная микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия.	ПК-2	ПК-2.1	Опрос
			ПК-2.3	
5	Растровая электронная Оже-спектроскопия и фотоэлектронная спектроскопия.	ПК-3	ПК-3.3	Опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- 1) Лабораторные работы
- 2) Устный опрос на лекционных занятиях

Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторная работа №1 – Изучение влияния кинетической энергии зондирующих электронов на глубину анализа в системе тонких пленок SiO₂ на Si.

Лабораторная работа №2 – Послойный анализ фазового состава пленок SIPOS методом ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии.

По каждой выполненной лабораторной работе должен быть предоставлен отчет, включающий описание физических принципов изучаемых технологических методов и систем, исходный код разработанных программ и описание полученных результатов. По отчету преподаватель вправе задать дополнительные вопросы для уточнения уровня понимания материала.

При успешном выполнении лабораторных работ в течение семестра фиксируется возможность оценивания только теоретической части дисциплины в ходе промежуточной аттестации, в противном случае проверка задания по лабораторным работам выносится на экзамен.

Устный опрос проводится на лекционных занятиях по темам/разделам дисциплины. Правильный ответ оценивается как «зачтено», неправильный или принципиально неточный ответ «не зачтено».

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине.

Компетенция ПК-2

Задания закрытого типа

1. Сверхвысоким вакуум называется при предельном остаточном давлении в камере:

- а) $\leq 10^{-3}$ мм.рт.ст.
- б) $\leq 10^{-6}$ мм.рт.ст.
- в) $\leq 10^{-9}$ мм.рт.ст.
- г) $\leq 10^{-15}$ мм.рт.ст.

2. Укажите интервал длин волн рентгеновского излучения.

- а) 0,005 - 10 нм
- б) 380 - 440 нм
- в) 0,05 - 1 нм
- д) 0,5 - 5 нм

3. Глубина анализа при исследовании методом ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии составляет:

- а) $10^7 - 10^8$ м;
- б) $10^{-8} - 10^{-7}$ м;
- в) $10^{-20} - 10^{-18}$ м;
- г) больше 10^{12} м.

Задания с развернутым ответом

1. Электронное строение твердых тел (полупроводники, диэлектрики, металлы).
2. Принципиальная схема спектрометра РСМ-500.
3. Основы метода Оже – спектроскопии.

Компетенция ПК-3

Задания закрытого типа

1. До какого предельного остаточного давления позволяет произвести откачку форвакуумный насос?

- а) $\sim 10^{-3}$ мм.рт.ст.
- б) $\sim 10^{-6}$ мм.рт.ст.
- в) $\sim 10^{-9}$ мм.рт.ст.
- г) $\sim 10^{-10}$ мм.рт.ст.

2. До какого предельного остаточного давления позволяет произвести откачку турбомолекулярный вакуумный насос?

- а) $\sim 10^{-3}$ мм.рт.ст.
- б) $\sim 10^{-6}$ мм.рт.ст.
- в) $\sim 10^{-9}$ мм.рт.ст.
- г) $\sim 10^{-10}$ мм.рт.ст.

3. До какого предельного остаточного давления позволяет произвести откачку магнитоэридный вакуумный насос?

- а) $\sim 10^{-3}$ мм.рт.ст.

- б) $\sim 10^{-6}$ мм.рт.ст.
 в) $\sim 10^{-9}$ мм.рт.ст.
 г) $\sim 10^{-10}$ мм.рт.ст.

Задания с развернутым ответом

1. Квантовые числа, правила отбора для линий испускания в рентгеновских спектрах.
2. Метод фотоэлектронной спектроскопии. Энергии связи электронов.
3. Методы исследования наноматериалов с использованием рентгеновского излучения

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос на основе которого выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса по вопросам к зачёту с учетом предварительной.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой.

Условиями для положительной итоговой оценки являются:

- 1) выполнение всех лабораторных работ.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Структурные и спектральные методы анализа

2. Растровая электронная микроскопия и элементарный анализ
3. Растровая туннельная микроскопия
4. Оже-эффект. Оже-спектроскопия с возбуждением электронами
5. Анализатор кинетической энергии. Электроника циклического зеркала.
6. Фотоэффект и уравнения Эйнштейна для фотоэффекта.
7. Измерения энергии связи внутренних уровней атомов в твердом теле с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС)
8. Глубина анализа в методе РФЭС. Зависимость длины свободного пробега фотоэлектронов от их кинетической энергии.
9. Анализатор кинетических энергий типа полусферического зеркала
10. Эффект зарядки и градуировка метода РФЭС. Точность измерения энергий связи.
11. Аналитический сдвиг уровней и возможность определения химического состояния атомов в твердом теле
12. Ультрамягкая рентгеновская эмиссионная спектроскопия. Связь структуры полосы обусловленной переходами из валентной зоны.
13. Влияние химического окружения на структуру рентгеновской эмиссионной полосы (РЭП)
14. Влияние ближнего порядка на структуру РЭП
15. Глубина эффективной генерации РЭП при варьировании энергии падающих на образец электронов.
16. Анализ многослойных наноструктур методом УМРЭС.

Пример контрольно-измерительного материала

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ФТТ и НС

_____ П.В. Середин

___.___.2024

Направление подготовки / специальность 03.04.02 Физика/ Физика передовых технологий производства изделий микро- и наноэлектроники
Дисциплина Б1.В.03 Методы анализа микро- и наносистем

Форма обучения Очная

Вид контроля Экзамен

Вид аттестации Промежуточная

Контрольно-измерительный материал №1

1. Перечислите основные структурные и спектральные методы анализа полупроводниковых пленок толщиной около 10 нм.
2. Каким образом устраняется эффект зарядки и градуировка метода РФЭС?

Преподаватель _____ К.А. Барков

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/ хорошо/ удовлетворительно /неудовлетворительно.*

Оценка уровня освоения дисциплины «Методы анализа микро- и нанoeлектроники» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 03.04.02 Физика

шифр и наименование направления/специальности

Дисциплина: Б1.В.03 Методы анализа микро- и наноструктур

код и наименование дисциплины

Профиль подготовки: Физика передовых технологий производства изделий микро- и наноэлектроники

в соответствии с Учебным планом

Форма обучения: очная

Учебный год: 2024-2025

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС

должность, подразделение

подпись

(П.В. Середин)

31.08.2019

расшифровка подписи

Исполнители:

Профессор каф. ФТТиНС

должность, подразделение

подпись

(В.А. Терехов)

31.08.2019

расшифровка подписи

Ст. преп. каф. ФТТиНС

должность, подразделение

подпись

(К.А. Барков)

___ 20__

расшифровка подписи

Ст. преп. каф. ФТТиНС

должность, подразделение

подпись

(С.А. Ивков)

___ 20__

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО

направления 03.04.02

подпись

(Г.В. Быкадорова) 31.08.2019

расшифровка подписи

Зав.отделом

обслуживания ЗНБ

подпись

(Н.В. Белодедова)

31.08.2019

расшифровка подписи

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2019

(наименование факультета, структурного подразделения)