

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики



Турищев С.Ю.
22.05.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Процессы наноинженерии

1. Код и наименование направления подготовки: **28.04.02** *Наноинженерия*
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии*
3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*
4. Форма образования: *очная*
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *кафедра общей физики*
6. Составители программы: *Рембеза Екатерина Станиславовна, д.ф.-м.н., профессор*
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: **2025-2026** Семестр: **2**

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование знаний в области системаобразующей роли наноинженерии в формировании технологических укладов индустриального и постиндустриального общества. Изучение закономерности развития наукоёмких технологий в наноинженерии на базе генезиса фундаментальных знаний.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических идеях и принципах современной наноинженерии, формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах низкоразмерных электронных систем, важнейших физических процессах и явлениях, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- знакомство с существующими моделями, теориями различных физических явлений и основными областями применения наноэлектронных структур;
- изучение явлений и процессов в наноструктурах, использующихся при разработке элементов и приборов наноинженерии;
- формирование навыков применения теоретических знания о физических свойствах наноэлектронных систем для исследования важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- овладение навыками расчета параметров и характеристик приборов и устройств наноэлектроники, выбора экспериментальных методов исследования, соответствующих поставленным задачам.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина «Процессы наноинженерии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений обязательной части блока Б1.

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

D/01.7 «Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок», D/04.7 «Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ», В/02.6 «Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»;

В/01.7 «Развитие, сохранение и рациональное использование инфраструктуры материаловедческого подразделения в части, касающейся отдельной операции контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов», В/05.7 «Рациональное использование, обслуживание, модернизация и настройка оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств», С/07.7 «Освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов» профессионального стандарта 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них».

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен проводить анализ состояния и направлений развития современных технологических и высокоточных диагностических подходов, используемых в нанотехнологии	ПК-1.2	Разрабатывает техническое задание и его элементы на формирование новых функциональных материалов и структур на их основе с управляемыми свойствами	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - современные процессы нанотехнологии; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать теоретические варианты и экспериментальные методы решения физико-технологических задач синтеза в процессах нанотехнологии; формулировать рекомендации по совершенствованию структуры и свойств функциональных устройств микро- и нанотехнологии в процессах нанотехнологии; <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками планирования эксперимента, подготовки научно обоснованных выводов и оптимизации структуры и свойств функциональных устройств микро- и нанотехнологии в процессах нанотехнологии; способностью предлагать и анализировать модели физических явлений и процессов в процессах нанотехнологии.
ПК-4	Готов проводить на современном мировом уровне все составные части фундаментальных, поисковых и прикладных работ в области нанотехнологии и смежных направлений, в том числе с использованием синхротронных технологий	ПК-4.2	Эффективно комбинирует результаты профессиональной деятельности в области нанотехнологии с задачами смежных отраслей науки, техники и технологий	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы получения наноматериалов и структур в процессах нанотехнологии; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать задачи исследования в процессах нанотехнологии; <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами получения и исследования объектов в процессах нанотехнологии
ПК-5	Способен определять и обоснованно прогнозировать	ПК-5.2	Использует современные подходы нанотехнологии для	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы формализации инженерных и научно-

	<p>ровать основные направления нанотехнологического развития основных отраслей региона в масштабе связанного территориального развития страны на пересечении отраслей, использующих научные, технические и технологические результаты нанотехнологии</p>		<p>решения задач научно-технологического развития региона</p>	<p>технических задач ;</p> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - применять информационные технологии для повышения эффективности научной и образовательной сфер деятельности; <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - прикладным программным обеспечением для проектирования и исследования объектов, систем и процессов нанотехнологии
--	--	--	---	---

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108

Форма промежуточной аттестации - экзамен/зачет

13 Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		2 сем.
Аудиторные занятия	44	44
в том числе:		
лекции	14	14
лабораторные работы	30	30
Самостоятельная работа	28	28
Форма промежуточной аттестации – экзамен/зачет	36	36
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Вводное занятие.	Содержание курса и его структура. Основные термины и понятия. История процессов нанотехнологии и их современное развитие.
1.2	Требования к основным технологическим процессам нанотехнологии.	Классификация методов создания материалов, применяемых в нанотехнологии. Химические материалы. Эпитаксия. Процесс ионной имплантации. Многоуровневая металлизация. Формирование проводящих слоев. Межуровневая изоляция и пассивация. Процесс химико-механической полировки диэлектрика. Требования к растворам.
1.3	Требования к применяемому оборудованию нанотехнологии	Жидкостные химические процессы. Физико-термические процессы: эпитаксия, окисление, осаждение тонкопленочных материалов, отжиг, включая активацию ионнолегированных слоев, и вплавление контактов. Процессы плазменно-химического травления для технологии ИС с субмикронными

		проектными нормами.
1.4	Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем	Виды моделирования микросистем. Проектирование ряда устройств, относящихся к микросистемам. Классификационно-ограничительные критерии отнесения устройств микроэлектроники к классу микросистем. Различия между микросистемами и наносистемами.
1.5	Методы литографии в нанотехнологии.	Некоторые характерные размеры. Наноструктуры, мезоскопические системы. Общие принципы литографии. Последовательность структурирования тонких пленок. Оптическая литография. Электронная литография.
1.6	Методы контроля процессов нанотехнологии.	Методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств. Оптический контроль. Контроль электрофизических свойств. Тестирование функциональных свойств и их стабильности. Аналитические методы контроля.
1.7	Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.	Краткий анализ ситуации на рынке изделий нанотехнологии. Основы и возможные способы реализации маркетинговой стратегии продвижения продуктов нанотехнологии.
2. Лабораторные работы		
2.2.	Требования к основным технологическим процессам нанотехнологии.	Лабораторная работа 1. <i>Синтез нанопроистого оксида алюминия методом анодного окисления алюминиевых фольг</i>
2.3.	Требования к применяемому оборудованию нанотехнологии	Лабораторная работа 2. <i>Исследование процесса окисления кремниевых подложек</i>
2.4.	Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем	Лабораторная работа 3. <i>Изучение процессов травления</i>
2.5.	Методы литографии в нанотехнологии.	Лабораторная работа 4. <i>Изучение процессов литографии</i>
2.6.	Методы контроля процессов нанотехнологии.	Лабораторная работа 5. <i>Исследование объектов методом оптической микроскопии</i> Лабораторная работа 6. <i>Исследование электрофизических свойств объектов</i> Лабораторная работа 7. <i>Исследование объектов методом растровой электронной микроскопии</i>

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Вводное занятие.	2	0	2	4
2	Требования к основным технологическим процессам нанотехнологии.	2	4	2	8
3	Требования к применяемому оборудованию нанотехнологии	2	4	4	10
4	Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем	2	4	6	12
5	Методы литографии в нанотехнологии.	2	4	6	12
6	Методы контроля процессов нанотехнологии.	2	14	6	22
7	Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.	2	0	2	4
	Экзамен				36
	Зачет				

	Итого:	14	30	28	108
--	--------	----	----	----	-----

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Процессы наноинженерии» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем (лекции и лабораторные работы) и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. 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.

Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра. 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.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведенное для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

Успех проведения конкретного лабораторного занятия зависит от его подготовки, которая включает: глубокое изучение студентами теоретического материала; подготовку необходимой учебно-материальной базы и документации (инструкций, методических разработок и т.п.); подготовку преподавателя и студентов.

Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем. Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении семестровой итоговой оценки по дисциплине.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведенное для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем. Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении семестровой итоговой оценки по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов 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 в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы.

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении дисциплины «Процессы нанотехнологии» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса (в том числе, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы), подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении «Процессы нанотехнологии» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 16 часов
подготовка к лабораторным работам	- 12 часов
итого	- 28 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Тимошина, Ю. А. Введение в нанотехнологии : учебное пособие : / Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский ; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 88 с.
2	Иванов, Н. Б. Нанотехнологии материалов и покрытий : учебное пособие : [16+] / Н. Б. Иванов, Н. А. Покалюхин ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 236 с.
3	Верещагина, Я. А. Инновационные технологии: введение в нанотехнологии : учебное пособие : [16+] / Я. А. Верещагина ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009. – 115 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Современные технологии получения и особенности физико-механических и структурных свойств наноматериалов : учебное пособие : [16+] / С. В. Мелентьев, А. А. Клопов, Ю. Ф. Иванов [и др.] ; Томский государственный архитектурно-строительный университет. – Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 2019. – 80 с.

6	Иванов, Н. Б. Физика и химия материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, М. Р. Файзуллина ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017. – 320 с.
---	--

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
10	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
11	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Дробот, П. Н. Нанозлектроника : учебное пособие / П. Н. Дробот ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2016. – 286 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной 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.). Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (мультимедийный кабинет) (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки, проектор, мультимедийное демонстрационное оборудование. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021.

Совместная научно-образовательная лаборатория «Атомное и электронное строение функциональных материалов» Воронежского государственного университета и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (ауд. 122): компьютеры, ноутбуки, Установка вакуумного резистивного испарения УВН-2М, Электрод печь лабораторная SNOL 0,2/1250 (SN 0.2/1250-KE), Низкотемпературная лабораторная электрод печь (сушильный шкаф) SNOL20/300, Микроскоп Bresser Science MTL-201 с цифровой камерой Levenhuk M1400, Шкаф вытяжной модульный ШВМ цельнометаллический с водой 1580x750x2400, Wilsorant (1500ШВМwb), Стол весовой большой 750 СВГ -1500w-M, Стол весовой малый 750 СВГ, Весы аналитические ViBRA HT 224RCE, Вакуумные посты, технологические установки термического, магнетронного, термического и реактивного распыления для контролируемого формирования тонкопленочных покрытий; Электрод печь ПТК-1,4-40 с контролируемой атмосферой и автоматизированным управлением для получения материалов с

заданными стехиометрией; Стенды измерений электрических параметров материалов и структур; Оптические спектрометры УФ и видимой области; Измерительные и испытательные газосенсорные стенды; Установки для электрофизических исследований и импедансометрии.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 103): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021, Среда ORIGIN PRO 2022b SR1.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может осуществляться 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	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Вводное занятие.	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Опрос
2	Требования к основным технологическим процессам наноинженерии.	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Лабораторная работа 1. Опрос
3	Требования к применяемому оборудованию наноинженерии	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Лабораторная работа 2. Опрос
4	Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Лабораторная работа 3. Опрос
5	Методы литографии в наноинженерии.	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Лабораторная работа 4. Опрос
6	Методы контроля процессов наноинженерии.	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Лабораторная работа 5-7. Опрос
7	Маркетинговые стратегии в процессах наноинженерии.	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.2, ПК-4.2, ПК-5.2	Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля – экзамен				Комплект КИМ
Промежуточная аттестация: форма контроля - зачет				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется контролем выполнения лабораторных работ, опроса на занятиях, текущей аттестации.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в формате тестирования с использованием банка заданий фонда оценочных средств. Задание из фонда оценочных средств выбираются в соответствии с уровнем подготовки студентов. Используются задания закрытого типа (тестовые задания) и задания открытого типа (ситуационные задачи)

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств):

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1.1. Что такое пучок заряженных частиц?

- а) Сгусток частиц без заряда
- б) Сгусток заряженных частиц**
- в) Нейтральные частицы
- г) Нейтрино

1.2. Какие частицы могут составлять пучок заряженных частиц?

- а) Протоны и нейтроны
- б) Электроны и фононы
- в) Электроны и ионы**
- г) Нейтрино и кварки

1.3. С помощью каких устройств можно получить пучок заряженных частиц?

- а) Электроды
- б) Ионизационные камеры
- в) Электронные пушки**
- г) Объективы

1.4. Как можно измерить пучок заряженных частиц?

- а) Электрическим током
- б) Методом масс-спектрометрии**
- в) Световым потоком
- г) Изучением механических свойств

1.5. Что такое вакуум?

- а) Очень горячая среда
- б) Среда с высоким давлением
- в) Среда, в которой отсутствует вещество**
- г) Среда с обильным количеством кислорода

1.6. Какое из следующих утверждений о вакууме является верным?

- а) Вакуум не содержит вещества.**
- б) Вакуум является идеальным проводником электричества.
- с) Вакуум не обладает теплопроводностью.

1.7. Какое из перечисленных ниже требований не относится к основным технологическим процессам наноинженерии?

- а) Высокая точность

b) Масштабируемость

- c) Низкая стоимость
- d) Повторяемость

1.8. Какой метод моделирования наиболее часто используется для проектирования микро- и наносистем?

- a) Метод конечных элементов**
- b) Метод конечных разностей
- c) Метод граничных элементов
- d) Метод молекулярной динамики

1.9. Какое из перечисленных ниже требований является наиболее важным для оборудования, используемого в нанотехнологиях?

- a) Высокое разрешение**
- b) Высокая скорость
- c) Низкая стоимость
- d) Удобство использования

1.10. Что такое эпитаксиальный рост пленки?

- a) Рост пленки на аморфной подложке.
- b) Рост пленки, при котором структура пленки повторяет структуру подложки.**
- c) Рост поликристаллической пленки.
- d) Рост монокристаллической пленки на другой монокристалле.

1.11. Что такое тонкая пленка?

- a) Материал толщиной менее 100 нм.**
- b) Материал, толщина которого сравнима с длиной волны света.
- c) Материал с высокой прозрачностью.
- d) Любой материал, нанесенный на подложку

1.12. Какие методы используются для получения тонких пленок?

- a) Термическое испарение, магнетронное распыление, химическое осаждение из паровой фазы (CVD), физическое осаждение из паровой фазы (PVD).
- b) Лазерная абляция, электрохимическое осаждение, анодирование.
- c) Молекулярно-лучевая эпитаксия (MBE), плазменное напыление, ионное легирование.
- d) Все вышеперечисленные методы**

1.13. Какие основные свойства тонких пленок изучаются?

- a) Электрические, механические, оптические, химические.**
- b) Теплопроводность, звукоизоляция, антикоррозионные свойства.
- c) Магнитные, биологические, радиационные свойства.
- d) Термостойкость, огнестойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению.

1.14. Что такое коэффициент отражения пленки?

- a) Отношение интенсивности отраженного света к интенсивности падающего света.**
- b) Отношение амплитуды отраженной волны к амплитуде падающей волны.
- c) Отношение длины волны отраженного света к длине волны падающего света.
- d) Отношение угла падения к углу отражения.

- 1.15. Для чего используется метод четырехзондового измерения сопротивления?
- a) **Для определения удельного сопротивления пленки.**
 - b) Для измерения толщины пленки.
 - c) Для оценки качества адгезии пленки к подложке.
 - d) Для контроля однородности пленки.
- 1.16. Какие типы спектров существуют?
- a) Линейчатые, полосатые и непрерывные.
 - b) Оптические, рентгеновские и гамма-спектры.
 - c) Ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые.
 - d) **Все вышеперечисленные варианты верны.**
- 1.17. Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?
- a) Инфракрасное излучение.
 - b) Видимое излучение.
 - c) Рентгеновское излучение.
 - d) **Ультрафиолетовое излучение.**
- 1.18. В чем заключается принцип действия масс-спектрометрического метода?
- a) **В разделении частиц по их массе при помощи электрического поля.**
 - b) В измерении интенсивности поглощения света веществом.
 - c) В исследовании магнитных свойств ядер атомов.
 - d) В изучении электронных переходов в молекулах.
- 1.19. Чем характеризуется флуоресцентная спектроскопия?
- a) **Поглощением фотонов и последующим испусканием квантов света меньшей энергии.**
 - b) Измерением времени жизни возбужденных состояний атомов и молекул.
 - c) Исследованием колебаний молекул под действием внешних полей.
 - d) Анализом распределения зарядов внутри атомов и молекул.
- 1.20. Что такое комбинационное рассеяние света (эффект Рамана)?
- a) **Изменение частоты падающего света при взаимодействии с веществом за счет передачи энергии от молекулы к световому кванту.**
 - b) Явление отражения света от поверхности вещества.
 - c) Процесс изменения поляризации света при прохождении через вещество.
 - d) Рассеяние света на микроскопических неоднородностях среды.
- 1.21. Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?
- a) Полосатый спектр.
 - b) **Линейчатый спектр.**
 - c) Непрерывный спектр.
 - d) Гамма-спектр.
- 1.22. Какие частицы являются источником синхротронного излучения в современных источниках?
- a) Протоны.
 - b) **Электроны.**
 - c) Позитроны.
 - d) Нейтроны.
- 1.23. Что такое ондулятор?

a) Устройство для создания переменного магнитного поля, используемое для генерации синхротронного излучения.

b) Тип ускорителя частиц, основанный на использовании электромагнитных полей.

c) Детектор для регистрации синхротронного излучения.

d) Источник питания для управления работой синхротрона.

1.24. Сканирующая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

a) от 1 нм до 1 ангстрема

b) от 0,1 нм до 1 мкм

c) от 0,01 мкм до 1000 мкм

d) от 1 мкм до 1000 мкм

1.25. Просвечивающая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

a) от 1 нм до 1 ангстрема

b) от 0,1 нм до 1 мкм

c) от 0,01 мкм до 1000 мкм

d) от 1 мкм до 1000 мкм

1.26. Оптическая микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

a) от 1 нм до 1 ангстрема

b) от 0,1 нм до 1 мкм

c) от 0,01 мкм до 1000 мкм

d) от 1 мкм до 1000 мкм

1.27. От каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

a) «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом;

b) типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем;

c) локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.

d) все из вышеперечисленного.

1.28. При помощи каких инструментов возможно Наноманипулирование (управление отдельными атомами или молекулами).

a) Магнитный пинцет,

b) оптический пинцет

c) АСМ

d) все вышеперечисленное

1.29. Размерный эффект – это

a) зависимость свойств тела от его размера.

b) влияние размера тела на его проводимость

c) влияние внешних факторов на размер тела

1.30. Зоной Бриллюэна называется:

a) Длина волны электрона, движущегося в кристаллической структуре, определяющаяся отношением постоянной Планка к произведению эффективной массы электрона и его скорости

- b) **Области значений волнового вектора, k в пределах которых энергия электрона $E(k)$ являющаяся периодической функцией, k испытывает полный цикл своего изменения.**
- c) энергетический уровень изолированного атома в кристалле

1.31. Какой тип нанобиогбридов используется для доставки лекарственных средств?

- a) **Наночастицы с лекарственной нагрузкой**
- b) Иммуобилизованные ферменты
- c) Биосенсоры
- d) Нанонити

1.32. Какой метод позволяет оценить биосовместимость нанобиогбридов?

- a) **Цитотоксичность**
- b) Электронная микроскопия
- c) Спектроскопия
- d) Электрохимия

1.33. Какой из перечисленных объектов НЕ является нанобиогбридным?

- a) **Нанокристаллы**
- b) Липосомы
- c) ДНК-оригами
- d) Нанопровода из белка

1.34. Что является источником рентгеновского излучения в рентгеновской трубке?

- a) Электронная пушка
- b) **Анодная мишень**
- c) Лазер
- d) Радиоактивный источник

1.35. Какое из следующих применений рентгеновской спектроскопии является наиболее распространенным?

- a) Анализ элементного состава материалов
- b) **Анализ структуры материалов**
- c) Анализ химического состава материалов
- d) Анализ толщины материалов

1.36. Какой метод моделирования наиболее часто используется для проектирования микро- и наносистем?

- a) **Метод конечных элементов**
- b) Метод конечных разностей
- c) Метод граничных элементов
- d) Метод молекулярной динамики

1.37. Какая из перечисленных ниже программ САПР наиболее широко используется в наноинженерии?

- a) **COMSOL**
- b) AutoCAD
- c) SolidWorks
- d) ANSYS

1.38. Какой тип сетки наиболее подходит для моделирования микро- и наносистем?

- a) **Структурированная сетка**
- b) Неструктурированная сетка
- c) Гибридная сетка
- d) Адаптивная сетка

1.39. Какой параметр сетки является наиболее важным для обеспечения точности моделирования?

- a) **Размер элемента**
- b) Форма элемента
- c) Ориентация элемента
- d) Количество элементов

1.40. Какая из перечисленных ниже граничных условий наиболее часто используется в моделировании микро- и наносистем?

- a) **Граничное условие Дирихле**
- b) Граничное условие Неймана
- c) Граничное условие Коши
- d) Граничное условие периодичности

1.41. Какой из перечисленных ниже методов контроля наиболее часто используется для измерения толщины нанопленки?

- a) **Эллипсометрия**
- b) Атомно-силовая микроскопия
- c) Рентгеновская дифракция
- d) Просвечивающая электронная микроскопия

1.42. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом атомно-силовой микроскопии?

- a) **Возможность визуализации топографии поверхности**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность измерения механических свойств
- d) Неразрушающий характер

1.43. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения электрических свойств наноструктур?

- a) **Измерение проводимости**
- b) Измерение емкости
- c) Измерение индуктивности
- d) Измерение импеданса

1.44. Какая из перечисленных ниже характеристик является недостатком просвечивающей электронной микроскопии?

- a) **Необходимость подготовки тонких образцов**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность химического анализа
- d) Возможность трехмерной визуализации

1.45. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения механических свойств наноструктур?

- a) **Наноиндентирование**
- b) Измерение твердости
- c) Измерение модуля упругости

d) Измерение прочности на разрыв

1.46. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом рамановской спектроскопии?

- a) **Возможность идентификации химических связей**
- b) Высокая чувствительность
- c) Неразрушающий характер
- d) Возможность измерения толщины пленки

1.47. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения магнитных свойств наноструктур?

- a) **Магнитно-силовая микроскопия**
- b) Измерение намагниченности
- c) Измерение магнитной восприимчивости
- d) Измерение коэрцитивной силы

1.48. Какая из перечисленных ниже характеристик является недостатком сканирующей зондовой микроскопии?

- a) **Низкая скорость**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность измерения различных свойств
- d) Неразрушающий характер

1.49. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения оптических свойств наноструктур?

- a) **Спектроскопия пропускания**
- b) Спектроскопия отражения
- c) Спектроскопия поглощения
- d) Спектроскопия люминесценции

1.50. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом рентгеновской дифракции?

- a) **Возможность измерения кристаллической структуры**
- b) Высокое разрешение
- c) Неразрушающий характер
- d) Возможность измерения толщины пленки

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

2.1. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ: Счетчик Гейгера

2.2. Траектория заряженных частиц в магнитном поле представляет собой

Ответ: окружность

2.3. Скорость заряженных частиц уменьшается с увеличением

Ответ: заряда частицы

2.4. Какая единица измерения используется для энергии заряженных частиц?

Ответ: Электрон-вольт

2.5. Какое устройство используется для анализа поверхности твердого тела с помощью электронов

Ответ: Сканирующий электронный микроскоп

2.6. Какое устройство используется для имплантации ионов в твердое тело?

Ответ: Ионный ускоритель

2.7. В каких единицах принято измерять давления в вакууме?

Ответ: Торр

2.8. Какие основные механизмы роста пленок вы знаете?

Ответ: Франка-Ван-дер-Мерве, Волмера-Вебера, Странски-Крастанова

2.9. Что такое прозрачность пленки?

Ответ: Способность пропускать электромагнитное излучение.

2.10. Какое свойство пленки можно определить с помощью сканирующей зондовой микроскопии?

Ответ: Топографию поверхности.

2.11. Куда отправляется пучок электронов после попадания в стигматор в случае электронной микроскопии?

Ответ: на образец

2.12. В общем случае зоны, образованные отдельными уровнями, могут перекрываться, образуя...

Ответ: гибридную зону.

2.13. Какой спектроскопический метод используется для определения химического состава нанобиогибридных материалов?

Ответ: Инфракрасная спектроскопия

2.14. Примесные полупроводники, это полупроводники проводимость которых обусловлена...

Ответ: электронами атомов примеси

2.15. При низких температурах энергия тепловых колебаний решетки значительно меньше ширины ...

Ответ: запрещенной зоны

2.16. Что такое Самосборка?

Ответ: процесс конструирования наноматериалов по принципу «снизу-вверх», основанный на самоорганизованном формировании различных нанообъектов.

2.17. Дайте определение термину «Автосборка»

Ответ: процесс конструирования наноматериалов по принципу «снизу-вверх», основанный на механосинтезе и выполняемый с использованием некоторой автоматизированной системы по заданной программе.

2.18. Суть подхода «сверху-вниз» к созданию планируемых изделий.

Ответ: подход «сверху-вниз» основан на уменьшении размеров физических тел механической или ионной обработкой, вплоть до получения объектов с

ультрамикроскопическими, нанометровыми параметрами.

2.19. В чем преимущества метода прямой лазерной наплавки?

Ответ: в сравнении с технологиями селективного лазерного спекания и сплавления, а также традиционными технологиями заключаются в отсутствии необходимости дополнительного изостатического прессования или термической обработки изделий, изготовленных методом наплавки, что существенно сокращает время их изготовления.

2.20. Перечислите основания для классификации лазеров?

Ответ: 1) агрегатное состояние их активной среды (газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые); 2) метод накачки (газоразрядные, газодинамические химические, инъекционные); 3) временной режим генерации (непрерывные, импульсные, импульсно–периодические); 4) частотный режим генерации (одночастотные, одно и многомодовые); 5) уровень выходной мощности (энергии) излучения; 6) эксплуатационные характеристики (КПД, уровень потребляемой мощности, массогабаритные параметры)

2.21. Тип лазера получил наибольшее применение в промышленных масштабах?

Ответ: Наибольшее применение в промышленных масштабах получили углекислотные лазеры (CO₂), а также твердотельные дисковые, волоконные, диодные и Nd:YAG лазеры.

2.22. Что является основным фактором, влияющим на ширину газопорошковой струи после выхода из сопла?

Ответ: Основным фактором, влияющим на ширину газопорошковой струи после выхода из сопла, является ширина щели сопла. Во время движения по каналу сопла порошинки испытывают соударения со стенками канала, при которых теряют часть нормальной по отношению к стенке скорости.

2.23. Дайте определение термину «функциональные материалы»

Ответ: материалы, обладающие определённым уровнем физико-химических и механических свойств, которые в совокупности обеспечивают использование этих материалов в качестве рабочего элемента или детали в определённом устройстве, приборе или конструкции, материалы, обладающие функцией.

2.24. Перечислите методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

Ответ: Оптический контроль, Контроль физических свойств (измерение сопротивления, магнитных свойств), Аналитические методы, Сканирующая электронная микроскопия, Сканирующая туннельная микроскопия, Рентгеновская дифракция, Методы электронной спектроскопии.

2.25. Что такое миниатюризация?

Ответ: уменьшение размеров и массы элементов, приборов, устройств в результате совершенствования их конструкции, технологий изготовления.

2.26. Дайте определение термину «Эксперимент»

Ответ: метод исследования, при помощи которого происходит активное и целенаправленное восприятие определенного объекта в контролируемых и управляемых условиях.

2.27. Дайте определение термину «Идеализация»

Ответ: метод исследования, состоящий в мысленном конструировании представления об объекте путем исключения условий, необходимых для его реального существования. По сути, идеализация представляет собой разновидность процедуры абстрагирования, конкретизированной с учетом потребностей теоретического исследования. Результатами такого конструирования являются идеализированные объекты.

2.28. Чему равен диапазон длин волн рентгеновского излучения?

Ответ: 10^{-2} – 10^2 ангстрем или 10^{-3} – 10 нм

2.29. Сформулируйте условие Вульфа-Брегга.

Ответ: $n\lambda = 2d\sin\theta$, где n – целое число, описывающее порядок дифракционного отражения, λ – длина волны, d – межплоскостное расстояние между отражающими плоскостями, θ – угол, который составляет падающий или дифрагированный луч с отражающей плоскостью.

2.30. В чем состоит особенность применения методов исследования для наноматериалов?

Ответ: однако у наноматериалов существует особая специфика, которая заключается в предъявлении повышенных требований к разрешающей способности методов, а именно возможность исследовать участки поверхности образцов с размерами менее 100-200 нм

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

3.1. Опишите принцип работы квадрупольного масс-спектрометра

Ответ:

3.2. Объясните, как эффект Оже используется для анализа химического состава поверхности.

Ответ:

3.3. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ:

3.4. Что такое магнитная анизотропия?

Ответ: Способность магнита создавать вокруг себя магнитное поле

3.5. Какой из методов контроля чаще всего используется для измерения толщины пленки?

Ответ: Эллипсометрия.

3.6. Перечислите от каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

Ответ: «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом; типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем; локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.

3.7. Что такое конденсорная линза в РЭМ

Ответ: устройство необходимое для фокусировки электронного пучка, оно состоит из электромагнитов с сердечниками специальной формы, которые создают на пути электронного пучка неоднородное магнитное поле. При этом силы Лоренца, действующие на летящие электроны, смещают их к геометрической оси пучка.

3.8 Что такое Стигматор

Ответ: это устройство, являющееся частью электронного микроскопа, которое содержит несколько электромагнитов с сердечниками специальной формы. Неоднородное магнитное поле стигматора имеет такую конфигурацию, что соответствующие силы Лоренца превращают овальное сечение пучка в круговое.

3.9 Что называется Коэффициентом увеличения?

Ответ: отношение длины какого-либо отрезка на фотографии (на изображении) к истинной длине этого же отрезка на образце.

3.10. Какие факторы влияют на проявление поверхностных явлений в наночастицах?

Ответ: На проявление поверхностного эффекта в наночастице влияют её размер, форма и окружающая среда, например, температура.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);
- 2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Тестирование предусматривает выполнение 10 заданий закрытого типа (максимальное количество баллов - 10) и 8 заданий открытого типа (5 с коротким ответом и 2 ситуационных задачи) (максимальное количество баллов - 20). Если студент набрал менее 15 баллов, то ставится оценка – «не-удовлетворительно», менее 18 баллов - «удовлетворительно», менее 25 – «хорошо». Если в результате тестирования студент набирает более 25 баллов, то ставится отметка «отлично»

Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа 1. Синтез нанопроистого оксида алюминия методом анодного оксидирования алюминиевых фольг

2. Лабораторная работа 2. Исследование процесса окисления кремниевых подложек
3. Лабораторная работа 3. Изучение процессов травления
4. Лабораторная работа 4. Изучение процессов литографии
5. Лабораторная работа 5. Исследование объектов методом оптической микроскопии
6. Лабораторная работа 6. Исследование электрофизических свойств объектов
7. Лабораторная работа 7. Исследование объектов методом растровой электронной микроскопии

20.2 Промежуточная аттестация

Перечень вопросов для зачета:

1. Почему для изготовления ИС в основном применяют кремний?
2. Поясните понятие термина «планарная технология».
3. В чем преимущества и недостатки метода термического окисления?
4. Охарактеризуйте аппаратное оформление установки термического окисления (наиболее важные блоки установки, их назначение).
5. Каков принцип работы оборудования для термического окисления?
6. Какие разновидности термического окисления существуют?
7. Как определяют толщину диэлектрических слоев и пленок?
8. Почему для изготовления ИС в основном применяют кремний?
9. Поясните понятие термина «планарная технология».
10. В чем преимущества и недостатки метода термического окисления?
11. Охарактеризуйте аппаратное оформление установки термического окисления (наиболее важные блоки установки, их назначение).
12. Каков принцип работы оборудования для термического окисления?
13. Какие разновидности термического окисления существуют?
14. Как определяют толщину диэлектрических слоев и пленок?
15. Охарактеризуйте технологическую операцию нанесения слоя фоторезиста (назначение, возможности, виды технической реализации, преимущества и недостатки различных видов нанесения жидких (аэрозольных) фоторезистов).
16. Охарактеризуйте технологическую операцию сушки фоторезистивного слоя (назначение, возможности, виды технической реализации, преимущества и недостатки различных видов сушки). Что такое задубливание?
17. Охарактеризуйте технологическую операцию совмещения и экспонирования в цикле литографической обработки поверхности подложек (назначение, возможности, виды технической реализации).
18. Охарактеризуйте технологическую операцию проявления слоя фоторезиста (назначение, возможности, виды технической реализации).
19. Охарактеризуйте химизм и механизм технологической операции проявления негативного фоторезиста.
20. Охарактеризуйте химизм и механизм технологической операции проявления позитивного фоторезиста.
21. Охарактеризуйте технологическую операцию удаления резистивной маски (назначение, цель, возможности, виды технической реализации).
22. Охарактеризуйте основные причины и виды брака при реализации литографического процесса.
23. Назначение и виды травления в технологии полупроводниковых приборов.
24. Механизмы травления.
25. Составы травителей.

26. Особенности травления различных материалов (Si, SiO₂, Al) в интегральной технологии.

27. Влияние технологических параметров на скорость и качество травления различных материалов.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации в форме зачета.

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика наноматериалов и наноструктур» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения практических работ;
- полнота ответов на вопросы к зачету;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «*зачтено*» выставляется студенту, если он правильно выполняет задания;
- оценка «*не зачтено*» выставляется студенту, если он не выполняет или допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Промежуточная аттестация в форме экзамена по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств - КИМ

Перечень вопросов для КИМ:

1. История процессов нанотехнологии и их современное развитие.
2. Требования к основным технологическим процессам нанотехнологии.
3. Классификация методов создания материалов, применяемых в нанотехнологии.
4. Формирование проводящих слоев. Межуровневая изоляция и пассивация.
5. Жидкостные химические процессы в нанотехнологии.
6. Физико-термические процессы: эпитаксия, окисление, осаждение тонкопленочных материалов, отжиг, включая активацию ионнолегированных слоев, и оплавление контактов.
7. Процессы плазменно-химического травления для технологии ИС с субмикронными проектными нормами.
8. Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем
9. Методы литографии в нанотехнологии.
10. Методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств.
11. Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.

Комплект КИМ

Контрольно-измерительный материал № 1

1. История процессов нанотехнологии и их современное развитие.
2. Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Требования к основным технологическим процессам нанотехнологии
2. Методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Классификация методов создания материалов, применяемых в нанотехнологии
2. Методы литографии в нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Формирование проводящих слоев. Межуровневая изоляция и пассивация.
2. Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Жидкостные химические процессы в нанотехнологии.
2. Процессы плазмо-химического травления для технологии ИС с субмикронными проектными нормами.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Физико-термические процессы: эпитаксия, окисление, осаждение тонкопленочных материалов, отжиг, включая активацию ионнолегированных слоев, и вплавление контактов
2. Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Классификация методов создания материалов, применяемых в нанотехнологии.
2. Жидкостные химические процессы в нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Формирование проводящих слоев. Межуровневая изоляция и пассивация.
2. Физико-термические процессы: эпитаксия, окисление, осаждение тонкопленочных материалов, отжиг, включая активацию ионнолегированных слоев, и вплавление контактов.

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Процессы плазмо-химического травления для технологии ИС с субмикронными проектными нормами.
2. Методы литографии в нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Основы моделирования и проектирования микро- и наносистем.
2. Методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств.

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Формирование проводящих слоев. Межуровневая изоляция и пассивация.
2. Маркетинговые стратегии в процессах нанотехнологии.

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Физико-термические процессы: эпитаксия, окисление, осаждение тонкопленочных материалов, отжиг, включая активацию ионнолегированных слоев, и вплавление контакт.

2. Методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Процессы наноинженерии» осуществляется по следующим показателям:

- качество ответов при опросе на занятиях;
- выполнение лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Процессы наноинженерии»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Процессы наноинженерии» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если обучающийся не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования

компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.