

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)  
03.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 Практикум по инжинирингу и технологии перспективных наноматериалов**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.04.02 Физика

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика наносистем

**3. Квалификация выпускника: магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра физики твердого тела и наноструктур

**6. Составители программы:**

Барков Константин Александрович, к.ф.-м.н., старший преподаватель,  
Ивков Сергей Александрович, к.ф.-м.н., старший преподаватель,

**7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ от 30.05.2025  
№5**

**8. Учебный год: 2026/2027**

**Семестр: 3**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с физическими принципами инжиниринга и проектирования наноматериалов, применяемых главным образом в полупроводниковой технологии.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских и научно-технических материаловедческих задач полупроводниковой технологии.

В результате изучения курса студент должен:

*знать:*

- основные аспекты технологии аморфного кремния, поликремния и поликремния легированного кислородом для электроники;
- основные методы осаждения полупроводниковых, металлических и диэлектрических пленок;
- основные современные методы микролитографии;
- основные материалы фоторезистов для вакуумного и экстремального ультрафиолета, мягкого рентгеновского излучения, электронного пучка;
- основные особенности технологии наноструктурированных магнитомягких материалов, а также материалов с гигантским магнетосопротивлением

*уметь:*

- произвести выбор оптимального метода осаждения полупроводниковых, металлических и диэлектрических пленок;
- произвести выбор метода микролитографии для конкретного технологического процесса;
- произвести выбор материала фоторезиста для вакуумного и экстремального ультрафиолета, мягкого рентгеновского излучения, электронного пучка.

*владеть:*

- навыками анализа РЭМ микрофотографий полупроводниковых структур;
- навыками измерения электрических параметров высокоомных материалов;
- навыками измерения электрических и магнитных параметров наноструктурированных магнитомягких материалов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина Б1.В.07 Прикладные вопросы инжиниринга и проектирования наноматериалов с заданными свойствами относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

**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	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.1	Осуществляет поэтапный контроль технологических и электрофизических параметров изготавливаемого изделия и его тестирования	Знать: принципы и способы контроля технологических и электрофизических параметров изготавливаемого изделия и его тестирования
				Уметь: осуществлять поэтапный контроль технологических и электрофизических

			параметров изготавливаемого изделия и его тестирования
			Владеть: навыками проведения поэтапного контроля технологических и электрофизических параметров изготавливаемого изделия и его тестирования
		ПК-3.3	Анализирует полученные результаты и при необходимости корректирует и оптимизирует режимы технологических операций на производстве.
			Знать: режимы 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 4/144

Форма промежуточной аттестации зачет

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Контактная работа		60	60
в том числе:	лекции	30	36
	практические	-	-
	лабораторные	30	36
Самостоятельная работа		84	84
Промежуточная аттестация			
Итого:		144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Раздел 1	Введение в полупроводниковую технологию. Изучение основных методов осаждения полупроводниковых, металлических и диэлектрических пленок. Магнетронное распыление, ионно-плазменные технологии.
1.2	Раздел 2	Технология аморфного кремния, поликремния и поликремния легированного кислородом для электроники. Химическое осаждение из газовой фазы. Электрические и оптические свойства аморфного кремния и оксидов кремния. Основные модели формирования нестехиометрических оксидов кремния, применяемых в высоковольтной электронике. Способы прогнозирования их фазового состава и электрических свойств.
1.3	Раздел 3	Современные методы микролитографии. Литография в области вакуумного и экстремального ультрафиолета, мягкого рентгеновского излучения, электронного пучка. Области применения, возможности и ограничения.
1.4	Раздел 4	Фоторезисты для вакуумного и экстремального ультрафиолета, мягкого рентгеновского излучения, электронного пучка. Органические и неорганические резисты. Возможности и ограничения.
1.5	Раздел 5	Изучение технологии наноструктурированных магнитомягких материалов, а также материалов с гигантским магнетосопротивлением. Особенности нанесения наноструктурированных магнитомягких покрытий и проведения литографических операций.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Лабораторная работа 1	Измерение удельного сопротивления высокоомных субоксидов кремния.
2.2	Лабораторная работа 2	Измерение температурной зависимости проводимости субоксидов кремния.
2.3	Лабораторная работа 3	Исследование оптических свойств субоксидов кремния.
2.4	Лабораторная работа 4	Исследование температурной зависимости проводимости аморфного кремния.
2.5	Лабораторная работа 5	Исследование оптических свойств аморфного кремния.
2.6	Лабораторная работа 6	Исследование магнетосопротивления магнитомягких материалов.
2.7	Лабораторная работа 7	Исследование температурной зависимости магнетосопротивления магнитомягких материалов.
2.8	Лабораторная работа 8	Исследование рисунка после проведения процесса фотолитографии полупроводниковых структур на растровом электронном микроскопе.

### 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.	Раздел 1	6		6	16	28
2.	Раздел 2	6		6	16	28
3.	Раздел 3	6		6	16	28
4.	Раздел 4	6		6	16	28
5.	Раздел 5	6		6	20	32
	Итого:	30		30	84	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Прикладные вопросы инжиниринга и проектирования наноматериалов с заданными свойствами» 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; практические занятия; лабораторные занятия; 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. 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 задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины «Автоматизированное управление технологическими процессами изготовления полупроводниковой электроники» 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.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Прикладные вопросы инжиниринга и проектирования наноматериалов с заданными свойствами» включает в себя:

- |                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| изучение теоретической части курса | – 30 часов |
| лабораторные занятия               | – 30 часов |

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

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие для вузов / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 332 с. — ISBN 978-5-507-47532-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/386429">https://e.lanbook.com/book/386429</a> (дата обращения: 27.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Игнатов, А. Н. Наноэлектроника. Состояние и перспективы развития : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 360 с. — ISBN 978-5-9765-1619-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106861">https://e.lanbook.com/book/106861</a> (дата обращения: 24.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3.	В.Ю. Киреев Нанотехнологии в микроэлектронике. Нанолитография – процессы и оборудование: Учебно-справочное руководство / В.Ю. Киреев – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2016. – 2016. – 320 с.
4.	Романовский, М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники : учебное пособие / М. Н. Романовский. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 1 : Основные структуры полупроводниковых интегральных схем — 2012. — 123 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4936">https://e.lanbook.com/book/4936</a> (дата обращения: 27.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	Дудкин, А. Н. Электротехническое материаловедение : учебное пособие / А. Н. Дудкин, В. С. Ким. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-5296-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/139259">https://e.lanbook.com/book/139259</a> (дата обращения: 27.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5.	Холомина, Т. А. Свойства и применение диэлектриков и магнитных материалов : учебное пособие / Т. А. Холомина, М. В. Зубков. — Рязань : РГПУ, 2023. — 80 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/380492">https://e.lanbook.com/book/380492</a> (дата обращения: 27.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	<a href="#">Шалимова К.В.</a> Физика полупроводников : учебник / К.В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 390, [1] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) // Издательство «Лань» : Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
2.	Духопельников, Д. В. Магнетронные распылительные системы : учебное пособие / Д. В. Духопельников. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 1 : Устройство, принципы работы, применение — 2014. — 53 с. — ISBN 978-5-7038-3798-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/52087">https://e.lanbook.com/book/52087</a> (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3.	Бялик, А. Д. Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : учебное пособие / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 99 с. — ISBN 978-5-7782-3222-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118106">https://e.lanbook.com/book/118106</a> (дата обращения: 27.02.2024). —

	Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2379-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/209711">https://e.lanbook.com/book/209711</a> (дата обращения: 27.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> – Федеральный портал «Российское образование»
3.	<a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>

#### 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; 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 рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (лаб. 25, 26):

Вакуумная установка термического испарения на базе ВУП-2;

Установка вакуумного напыления УВН-71П-3 (лаб.25);

Лаборатория электронной микроскопии ЦКПНО ВГУ (лаб. 7): растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором Oxford Instruments;

Лаборатория наноскопии и нанотехнологий (лаб. 142): атомно-силовой микроскоп SOLVER P47 PRO;

Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов (лаб. 28): Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-2000;

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
-------	--	----------------	-------------------------------------	--------------------

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Раздел 1	ПК-3	ПК-3.1	<i>Устный опрос</i>
2.	Раздел 2	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.3	<i>Устный опрос, Лабораторные работы 1-5</i>
3.	Раздел 3	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.3	<i>Устный опрос, Лабораторная работа 8</i>
4.	Раздел 4	ПК-3	ПК-3.1	<i>Устный опрос</i>
5.	Раздел 5	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.3	<i>Устный опрос, Лабораторные работы 6, 7</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				<i>Оценочные средства промежуточной аттестации</i>

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

#### Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторная работа 1 Измерение удельного сопротивления высокоомных субоксидов кремния.

Лабораторная работа 2 Измерение температурной зависимости проводимости субоксидов кремния.

Лабораторная работа 3 Исследование оптических свойств субоксидов кремния.

Лабораторная работа 4 Исследование температурной зависимости проводимости аморфного кремния.

Лабораторная работа 5 Исследование оптических свойств аморфного кремния.

Лабораторная работа 6 Исследование магнетосопротивления магнитомягких материалов.

Лабораторная работа 7 Исследование температурной зависимости магнетосопротивления магнитомягких материалов.

Лабораторная работа 8 Исследование рисунка после проведения процесса фотолитографии полупроводниковых структур на растровом электронном микроскопе.

По каждой выполненной лабораторной работе должен быть предоставлен отчет, включающий описание физических принципов изучаемых технологических методов и систем, а также 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 зачет.

**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-3

#### 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. Эпитаксия это...

- а) Ориентированный рост слоя на поверхности монокристалла, повторяющего кристаллическую структуру подложки.
- б) Ориентированный рост слоя.
- в) Рост слоя на поверхности поликристалла.
- г) Рост слоя, повторяющего структуру подложки

3. Какие среды используются чаще всего для эпитаксиального роста в технологии интегральных микросхем?

- а) Газовые.
- б) Паровые.
- в) Парогазовые.
- г) Жидкие.

4. Пороговая энергия распыления

- а) Энергия, при которой происходит распыление.
- б) Энергия, при которой начинается распыление.
- в) Энергия вылетающих частиц.
- г) Энергия бомбардирующих частиц.

5. Транспортирующий агент это...

- а) Любые элементы и соединения, способные вступать с транспортируемым веществом в химическую реакцию.
- б) Любые элементы и соединения, способные вступать с транспортируемым веществом в обратимую химическую реакцию, переводя его в газообразное состояние.
- в) Любые элементы, способные вступать с транспортируемым веществом в химическую реакцию.
- г) Любые соединения, способные вступать с транспортируемым веществом в обратимую химическую реакцию.

#### Задания с развернутым ответом

1. Основные технологические операции и технические средства полупроводникового производства.
2. Физика магнетронного разряда и характеристики процесса магнетронного распыления.
3. какое наилучшее разрешение обеспечивает рентгенолитография при использовании источника излучения с длиной волны 1 нм?
4. Какие материалы используют в качестве резистов для электронно-лучевой литографии? Какую разрешающую способность обеспечивают современные органические и неорганические резисты?

## 5. Каковы общие основные достоинства и недостатки методов химического осаждения из газовой фазы?

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>

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, и результаты контрольной работы, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

### 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 лабораторных работ

Для оценки теоретических знаний используется перечень контрольно-измерительных материалов. Каждый контрольно-измерительный материал для проведения промежуточной аттестации включает два задания - вопросов для контроля знаний, умений и владений в рамках оценки уровня сформированности компетенции.

#### Примерный перечень вопросов к зачету с оценкой:

1. Опишите физические принципы и технические средства микро- и нанотехнологий.
2. Перечислите основные методы осаждения полупроводниковых, металлических и диэлектрических пленок.
3. Опишите процесс магнетронное распыления.
4. Ионно-плазменные технологии.
5. Технология аморфного кремния, поликремния и поликремния легированного кислородом для электроники.
6. Химическое осаждение из газовой фазы. Возможности и ограничения.
7. Электрические и оптические свойства аморфного кремния и оксидов кремния.

8. Основные модели формирования нестехиометрических оксидов кремния, применяемых в высоковольтной электронике. Способы прогнозирования их фазового состава и электрических свойств.
9. Перечислите современные методы микролитографии.
10. Литография в области вакуумного ультрафиолета.
11. Литография в области экстремального ультрафиолета.
12. Литография в области мягкого рентгеновского излучения.
13. Электронно-лучевая литография. Области применения, возможности и ограничения.
14. Фоторезисты для вакуумного и экстремального ультрафиолета, мягкого рентгеновского излучения, электронного пучка.
15. Органические и неорганические резисты. Возможности и ограничения.
16. Изучение технологии наноструктурированных магнитомягких материалов, а также материалов с гигантским магнетосопротивлением.
17. Какие трудности возникают с наноструктурированными магнитомягкими покрытиями при проведении литографических операций.

#### 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 нанoeлектроники

Дисциплина Б1.В.07 Прикладные вопросы инжиниринга и проектирования наноматериалов с заданными свойствами

Форма обучения Очная

Вид контроля Зачет

Вид аттестации Промежуточная

#### Контрольно-измерительный материал №1

1. Органические и неорганические резисты. Возможности и ограничения.
2. Какие трудности возникают с наноструктурированными магнитомягкими покрытиями при проведении литографических операций?

Преподаватель \_\_\_\_\_ К.А. Барков

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Автоматизация управление технологических процессов полупроводниковой технологии» 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>