

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур



(Середин П.В.)  
05.06.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.07 Физика тонких пленок**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика твердого тела

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма образования: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Юраков Юрий Алексеевич,

доктор физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник

7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол № 5 от 25.05.2023г.

8. Учебный год: 2023

Семестр: 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

формирование знаний умений и навыков, необходимых для выбора и реализации методов получения тонкопленочных структур различного назначения.

*Задачи учебной дисциплины:*

- сформировать и углубить знания об особенностях тонкопленочного состояния материалов;
- овладеть основными представлениями о закономерностях образования тонких пленок;
- изучить физические основы различных методов получения тонких слоев;
- освоить возможности применения методов получения тонких слоев для получения материалов с различными физическими и химическими свойствами.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

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

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

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

– С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

При изучении дисциплины обучающийся закрепляет знания, умения и навыки, полученные при изучении математических и общепрофессиональных дисциплин и получает знания, умения и навыки, необходимые при изучении специальных дисциплин.

## 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-1	Способен анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований физической направленности	ПК-1.1	Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т. ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта)	Знать: способы проведения первичного поиска информации по заданной тематике (в том числе с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта)
				Уметь: проводить первичный поиск информации по заданной тематике (в том числе с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта)

				Владеть: навыками проведения первичного поиска информации по заданной тематике (в том числе с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта)
		ПК-1.2	Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знать: планирование отдельных стадий исследования при наличии общего плана НИР
				Уметь: применять планирование отдельных стадий исследования при наличии общего плана НИР
				Владеть: навыками применения планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана НИР
		ПК-1.3	Анализирует, обобщает и интерпретирует результаты экспериментальных и теоретических исследований	Знать: способы анализа, обобщения и интерпретации результатов экспериментальных и теоретических исследований
				Уметь: анализировать, обобщать и интерпретировать результаты экспериментальных и теоретических исследований
				Владеть: навыками анализа, обобщения и интерпретации результатов экспериментальных и теоретических исследований
ПК-2	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	ПК-2.1	Выбирает, обосновывает и реализует на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения	Знать: способы выбора, обоснования и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения
				Уметь: выбирать, обосновывать и реализовывать на практике эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения
				Владеть: навыками выбора, обоснования и реализации на практике эффективных методик экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения
		ПК-2.2	Проводит эксперименты и измерения, составляет описание и формулирует выводы	Знать: способы проведения экспериментов и измерения, составления описаний и формулирования выводов

				Уметь: проводить эксперименты и измерения, составлять описание и формулировать выводы
				Владеть: навыками проведения экспериментов и измерений, составления описаний и формулирования выводов
		ПК-2.3	Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме по теме и по результатам проведенных экспериментов	Знать: методику составления отчета о выполненной работе по заданной форме по теме и по результатам проведенных экспериментов
				Уметь: составить отчет о выполненной работе по заданной форме по теме и по результатам проведенных экспериментов
				Владеть: навыками составления отчетов о выполненной работе по заданной форме по теме и по результатам проведенных экспериментов

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации Экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			7 семестр	№ семестра
Аудиторные занятия		54	54	
в том числе:	лекции	36	36	
	практические	18	18	
	лабораторные			
Самостоятельная работа		18	18	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации – экзамен		36	36	
Итого:		108	108	

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Общие закономерности формирования тонких пленок	Классификация методов получения тонких пленок. Физические и химические методы. Газо-, жидко- и твердофазные методы. Сравнительная характеристика этих методов. Механизмы зародышеобразования и роста новой фазы. Зарождение кристаллов. Модель роста идеальных кристаллов, зародышеобразование на поверхности реальных кристаллов	–

		Эпитаксия. Анизотропия граничной энергии и процессы зарождения. Механизмы эпитаксии. Влияние температуры, дефектов подложки, пересыщения на эпитаксию	
1.2	Физические методы получения тонких пленок	Средняя длина свободного пробега молекул в газе. Частота столкновений молекул с поверхностью. Скорость испарения. Уравнение Герца-Кнудсена. Ячейка Кнудсена. Распределение испаренных молекул по направлениям. Источники точечные и малой площади. Закон косинуса. Закон распределения толщины покрытий. Термическое испарение резистивным теплом испарителя. Виды испарителей. Термическое испарение с помощью нагрева электронной бомбардировкой. Различные виды электронных пушек. Держатели вещества. Специальные методы испарения. Реактивное испарение. Испарение из двух испарителей. Дискретное термическое испарение. Катодное распыление. Условия существования самостоятельного тлеющего разряда. Разряд, поддерживаемый термоэлектронной эмиссией и магнитным полем, магнетронное распыление. Высокочастотное распыление. Физический механизм ионного распыления. Пороговые энергии ионного распыления. Энергии связи атомов на поверхности. Коэффициент распыления. Теория Зигмунда. Распределение распыленных частиц по направлениям и энергиям. Зависимость коэффициента распыления от энергии бомбардирующих частиц и порядкового номера атомов мишени. Распыление многокомпонентных материалов и монокристаллов.	—
1.3	Химические методы получения тонких пленок	Получение тонких пленок с участием химических реакций. Диффузионная и кинетическая стадии гетерогенных химических реакций. Влияние факторов температуры, концентрации, скорости потока на переход от диффузионного режима к кинетическому. Осаждение из газовой фазы. Метод химического транспорта: замкнутая система, проточная система. Методы разложения соединений: восстановление и термическое разложение. Методы химического синтеза. Метод жидкофазной эпитаксии. Метод роста из растворов. Золь-гель технологии	—
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Общие закономерности формирования тонких пленок	Механизмы зародышеобразования и роста новой фазы. Зарождение кристаллов. Модель роста идеальных кристаллов, зародышеобразование на поверхности реальных кристаллов. Эпитаксия. Анизотропия граничной энергии и процессы зарождения. Механизмы эпитаксии.	—
2.2	Физические методы получения тонких пленок	Скорость испарения. Уравнение Герца-Кнудсена. Ячейка Кнудсена. Распределение испаренных молекул по направлениям. Источники точечные и малой площади. Закон косинуса. Закон распределения толщины покрытий. Реактивное испарение. Испарение из двух испарителей.	—
2.3	Химические методы получения тонких пленок	Осаждение из газовой фазы. Метод химического транспорта: замкнутая система, проточная	—

		система. Методы разложения соединений: восстановление и термическое разложение. Методы химического синтеза.	
--	--	---	--

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Общие закономерности формирования тонких пленок	8	4		4	16
2	Физические методы получения тонких пленок	16	8		8	32
3	Химические методы получения тонких пленок	12	6		6	24
	Итого:	36	18		18	72

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

Изучение дисциплины «Физика тонких пленок» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Физика тонких пленок» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; практические 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. Студентам, 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 зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки 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 обучающихся при изучении «Физика тонких пленок» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение практических работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Физика тонких пленок» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 6 часов
подготовку к практическим занятиям	– 6 часов
подготовку к экзамену	– 6 часов
итога	– 18 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники [Электронный ресурс] / Сорокин В. С., Антипов Б. Л., Лазарева Н. П. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 384 с. — Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Электроника и нанoeлектроника» и «Конструирование и технология электронных средств». — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-2002-5. — <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71735">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71735</a> >.
2.	Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел [Электронный ресурс] / Владимир Г. Г. — 1-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. — Рекомендовано Учен. советом Санкт-Петербургского государственного университета в качестве учебного пособия для студентов направлений подготовки «Физика», «Прикладные мате-матика и физика», «Радиофизика». — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71707">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71707</a> >.
3.	Иевлев, В.М. Тонкие пленки неорганических материалов: механизм роста и структура / В.М. Иевлев. — Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. — 496 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Абрюян, И.А. Физические основы электронной и ионной технологии / И.А. Абрюян, А.Н. Андронов, А.И. Титов. — М.: Высш. шк., 1984. — 320 с.
5.	Современная кристаллография. Т.3 / Под. ред. Б.К. Вайнштейна, А.А. Чернова, Л.А. Шувалова. - М.: Наука, 1980. - 407 с.

6.	Технология тонких пленок / пер. с англ. под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. – М. : Сов. радио, 1977. – Т. 1. – 776 с.
7.	Технология тонких пленок: Справочник / Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга; Пер. с англ. под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко.— М.: Советское радио, 1977-. Т. 2 .— 1977 .— 767 с.
8.	Чистяков, Ю.Д. Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. – М.: Металлургия, 1979. – 408 с.
9.	Никитин, М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления / М.М. Никитин. – М. : Металлургия, 1992. – 112 с.
10.	Черняев В.Н. Физико-химические процессы в производстве РЭА. М.: Высшая школа, 1987. 376 с.

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

№ п/п	Ресурс
11.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
12.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
13.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека
14.	<a href="https://lanbook.com">https://lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
15.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
16.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
17.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

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

№ п/п	Источник
1	Юраков Ю.А. Рентгеновская дифрактометрия нанокристаллов: учебное пособие / Ю.А.Юраков, С.Ю.Турищев, О.А.Чувенкова, С.А.Ивков, В.В. Логачёв //Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. - 61 с.
2	Юраков Ю.А. Исследование наноструктурированных материалов методом растровой электронной микроскопии: учебно-методическое пособие для вузов / Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2014. - 13 с.
3	Юраков Ю.А. Получение пористого кремния: учебно-методическое пособие для вузов: [для маги-странтов, обуч. по профилю "Нанотехнология электронике"; для направления 210100- Электроника и наноэлектроника] /Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин.— Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014.— 13 с.: ил. — Библиогр.: с.12-13.
4	Юраков Ю.А. Исследование пористого кремния методом инфракрасной спектроскопии [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для вузов: [для магистрантов, обуч. по профилю "Нанотехнология в электронике; для направления 210100- Электроника и наноэлектроника] / Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин.— Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. 14 с.
5	Ю.А. Юраков. Получение тонких пленок сложного состава методом испарения и конденсации в вакууме: учебно-методическое пособие для вузов / Ю.А. Юраков.— Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008 .— 16 с. : ил. — Библиогр.: с.16 .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-169.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-169.pdf</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; практические 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.).

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Стационарный мультимедийный проектор Acer X125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт. Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Общие закономерности формирования тонких пленок.	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Опрос. Собеседование. Отчет о практике.
		ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	
2.	Физические методы получения тонких пленок	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Опрос. Собеседование. Отчет о практике.
		ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	
3.	Химические методы получения тонких пленок	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Опрос. Собеседование. Отчет о практике.
		ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, собеседование, отчеты о ходе выполнения практических работ, на основе которых 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>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к экзамену

1. Классификация методов получения тонких пленок. Физические и химические методы. Газо-, жидко- и твердофазные методы. Сравнительная характеристика методов.
2. Механизмы зародышеобразования и роста новой фазы. Механизмы затвердевания. Центры кристаллизации и скорость кристаллизации (затвердевания).
3. Теории роста кристаллов. Модель роста идеальных кристаллов, зародышеобразование на поверхности реальных кристаллов.
4. Эпитаксия. Проявления эпитаксии. Анизотропия граничной энергии и процессы зарождения. Механизмы эпитаксии. Влияние температуры, дефектов подложки и пересыщения на эпитаксию.
5. Средняя длина свободного пробега молекул в газе. Частота столкновений молекул с поверхностью. Скорость испарения. Уравнение Герца-Кнудсена.
6. Ячейка Кнудсена. Источники точечные и малой площади. Распределение испаренных молекул по направлениям. Закон косинуса.
7. Источники точечные и малой площади. Закон распределения толщины покрытий.
8. Механизмы испарения жидкостей и твердых тел.
9. Термическое испарение резистивным теплом испарителя. Виды испарителей.
10. Термическое испарение с помощью нагрева электронной бомбардировкой. Различные виды электронных пушек. Держатели вещества.
11. Состав испаренного материала. Проблемы испарения многокомпонентных материалов.
12. Специальные методы испарения. Реактивное испарение.
13. Испарение из двух испарителей.
14. Дискретное термическое испарение.
15. Катодное распыление. Условия существования самостоятельного тлеющего разряда.
16. Разряд, поддерживаемый термоэлектронной эмиссией и магнитным полем, магнетронное распыление.
17. Высокочастотное распыление.
18. Реактивное распыление.
19. Распыление. Физический механизм ионного распыления. Пороговые энергии ионного распыления. Энергия связи атомов на поверхности. Теория Зигмунда. Коэффициент распыления.
20. Распределение распыленных частиц по направлениям и энергиям. Зависимость коэффициента распыления от энергии бомбардирующих частиц и порядкового номера атомов мишени.
21. Распыление многокомпонентных материалов и монокристаллов.
22. Получение тонких пленок с участием химических реакций. Диффузионная и кинетическая стадии гетерогенных химических реакций. Влияние факторов температуры, концентрации, скорости потока на переход от диффузионного режима к кинетическому.
23. Химические методы получения тонких плёнок. Методы химического транспорта.
24. Методы разложения соединений.
25. Методы химического синтеза.

26. Методы жидкофазной эпитаксии. Требования к растворителю. Кристаллизация из переохлажденного насыщенного твердого раствора в системе открытого типа. Метод Нельсона на примере арсенида галлия.
27. Методы получения тонких пленок из растворов (золь – гель технологии). Получение тонких пленок по методикам погружения, вращения, слива и пульверизации.

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика тонких пленок» осуществляется по следующим показателям:

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

Критерии оценки освоения дисциплины «Физика тонких пленок»:

– 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 или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по практическим работам позже установленного срока. 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 практических работ, предусмотренных программой дисциплины.

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

Если студент 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.