



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**Институт наукоемких технологий и переловых материалов (Школа)**

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП

  
(подпись) А.А. Саранин  
(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой Физики  
низкоразмерных структур  
А.А. Саранин  
(подпись) (ФИО.)  
14 июля 2021 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные методы формирования тонких пленок  
Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
магистерская программа  
«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»  
Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3  
лекции \_\_\_\_ час.  
практические занятия \_\_\_\_ час.  
лабораторные работы 84 час.  
в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_/пр. \_\_\_\_/лаб. \_\_\_\_ час.  
в том числе в электронной форме лек. \_\_\_\_/пр. \_\_\_\_/лаб. \_\_\_\_ час.  
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.  
в том числе с использованием МАО \_\_\_\_ час.  
в том числе контролируемая самостоятельная работа \_\_\_\_ час.  
в том числе в электронной форме \_\_\_\_ час.  
самостоятельная работа 132 час.  
в том числе на подготовку к экзамену \_\_\_\_ час.  
курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр  
зачет \_  
экзамен 3 семестр \_\_\_\_\_

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 5 от «14» января 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., член-корр., профессор Саранин А.А

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Козлов А.Г.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины «Современные методы формирования тонких пленок»**

Учебная дисциплина «Современные методы формирования тонких пленок» предназначена для магистрантов 2 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Современные методы формирования тонких пленок» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.02.02), реализуется на 2 курсе, в 3 семестре, завершается экзаменом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 З.Е. (252 часа). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (84 час.), самостоятельная работа студента (168 час., в том числе 36 час. на подготовку к экзамену).

Язык реализации – русский.

**Цель** изучения дисциплины – освоение теории и практики выращивания тонких пленок различных материалов современными методами и приборами, доступными в лабораториях исследовательских центров. Этот подход предполагает ознакомление студентов с возможностями современных приборов и исследовательских лабораторий.

### **Задачи:**

– овладение теоретическими основами роста тонких наноструктурированных материалов и пленок методами физической и химической конденсации на поверхности твердых тел, а также их стимуляции посредством использования различного типа излучений;

– формирования навыков практической работы с исследовательской аппаратурой, умение обрабатывать и получать заданные параметры тонких пленок.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-5 Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-5.1 демонстрирует знание методов проведения научных экспериментов и исследований
		ПК-5.2 обрабатывает и анализирует полученные данные, делает выводы, составляет рекомендации по совершенствованию устройств и систем
		ПК-5.3 готовит научные публикации и заявки на изобретения
Производственно-технологический	ПК-12 Способен осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники
		ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.1 демонстрирует знание методов проведения научных экспериментов и исследований	<u>Знает</u> методы проведения научных экспериментов и исследований
	<u>Умеет</u> использовать подходящие методы для экспериментальных работ, учитывая их достоинства и ограничения
	<u>Владеет</u> навыками подготовки и проведения научных экспериментов и исследований
ПК-5.2 обрабатывает и анализирует полученные данные, делает выводы, составляет рекомендации по совершенствованию устройств и систем	<u>Знает</u> методы обработки и анализа полученных в результате экспериментальных и теоретических работ данных
	<u>Умеет</u> формулировать выводы, составлять рекомендации по совершенствованию устройств и систем
	<u>Владеет</u> навыками анализа полученных данных, представления научно-обоснованных выводов по результатам теоретических и экспериментальных исследований и рекомендаций по совершенствованию устройств и систем
ПК-5.3 готовит научные публикации и заявки на изобретения	<u>Знает</u> основные этапы подготовки научных публикаций
	<u>Умеет</u> организовать индивидуальную и коллективную работу по написанию научных публикаций и заявок на изобретения
ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники	<u>Владеет</u> навыками представления научных результатов в виде целостной письменной работы, удовлетворяющей критериям научной публикации или заявки на изобретения
	<u>Знает</u> нормативную документацию и требования к осуществлению авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники на этапах проектирования и производства
ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	<u>Владеет</u> навыками сопровождения разрабатываемых систем электронной техники на основе своего авторства
	<u>Знает</u> принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> применять принципы авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники
	<u>Владеет</u> навыками осуществления авторского сопровождения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

*Содержание теоретической части курса разбивается на темы.*

### **Тема 1. Газофазная эпитаксия (4,0 часа)**

Введение, химическая кинетика, влияние температуры, легирование, автолегирование, технологическое оборудование, выбор оптимальной технологии.

### **Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия (6.0 часа)**

Введение, описание процесса, качество вакуума, система роста, подготовка подложки, легирование, кинетика легирования, легирование вторичной имплантацией, ионное легирование, сегрегация примеси, кинетика сегрегации.

### **Тема 3. Твердофазная эпитаксия (6.0 часа)**

Введение, структурное различие между аморфным и кристаллическим кремнием, способы приготовления аморфного кремния, кинетика кристаллизации, основные закономерности кристаллизации, ориентационная зависимость, влияние примесей на кинетику кристаллизации, процессы, сопутствующие эпитаксиальной кристаллизации.

### **Тема 4. Импульсное лазерное напыление (4,0 часа)**

Введение. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО). Общие характеристики. Взаимодействие материала с лазерным излучением. Генерация плазмы. Производство макроскопических частиц. Расширение плазмы и переконденсация. Рост пленки. Фемтосекундная абляция. Реактивная импульсная лазерная абляция в скрещенных пучках. Основные особенности. Реактивные процессы рассеяния.

### **Тема 5. Реактивная молекулярно-лучевая эпитаксия (4,0 часа)**

Вакуумные методы испарения соединений: прямое испарение, реактивное, пучковое. Механизмы реактивной молекулярно-лучевой эпитаксии: где происходит реакция, конденсация металла и газовых молекул, реакции и процессы роста при формировании оксидов, карбидов и нитридов. Процесс активированного реактивного осаждения. Реактивная МЛЭ нитридов и карбидов. МЛЭ с газовыми источниками: газовые источники для элементов V группы. Металлоорганические газовые источники

**Тема 6. Эпитаксия на инородных подложках (гетероэпитаксия) (4,0 часа)**

Введение, силициды, гетероструктура фториды/кремний, система германий/кремний, кремний на изоляторе, боковая эпитаксия.

**Тема 7. Методы исследования эпитаксиальных слоев (4 часа)**

Кристаллическое качество и дефекты, метод сопротивления растекания, вольт-емкостной метод, методы определения подвижности основных носителей, времени жизни неосновных носителей, параметров ловушек.

**Тема 8. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии (4 часа)**

Сравнительный анализ P-N-перехода и барьера Шоттки, униполярные двухполюсные приборы, униполярные транзисторные структуры.

**II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Лабораторные работы**

**Лабораторная работа №1:** Составить технологический маршрут выращивания тонких пленок кремния на изоляторе. /9 часов

**Лабораторная работа №2:** Составить технологический маршрут выращивания сильнолегированных пленок кремния на кремниевых подложках. /9 часов

**Лабораторная работа №3:** Составить и обосновать технологический маршрут выращивания многослойных кремниевых структур для изготовления «горбатых» диодов. /9 часов

**Лабораторная работа №4:** Составить и обосновать технологический маршрут выращивания тонких пленок металлов на кремнии. /9 часов

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине предусмотрено учебным планом и отражено в Приложении 1.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема 1. Ознакомление с научной литературой по методам выращивания тонких пленок	ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3; ПК-12.1; ПК-12.2	знает	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, вопросы 1-3
			умеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 1
			владеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 1
2	Тема 2. Осаждение пленок из молекулярных пучков	ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3; ПК-12.1; ПК-12.2	знает	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, вопросы 4-6
			умеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 2
			владеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 2
3	Тема 3. лазерное осаждению тонких пленок	ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3; ПК-12.1; ПК-12.2	знает	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, вопросы 7-9
			умеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 3
			владеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 3
4	Тема 4. Ознакомление с дополнительными материалами по методам характеристики электрофизических свойств тонких пленок	ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3; ПК-12.1; ПК-12.2	знает	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, вопросы 10-12
			умеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 4
			владеет	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, задание, тип 4
5	Тема 5. Подготовка отчета по лабораторной	ПК-5.1; ПК-5.2;	знает	Защита отчета (УО-3)	экзамен, вопросы 13-15

	работе	ПК-5.3; ПК-12.1; ПК-12.2	умеет	Защита отчета (УО-3)	экзамен, задание, тип 5
			владеет	Защита отчета (УО-3)	экзамен, задание, тип 5

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Громов, Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Г. Громов, А.И. Мочалов, А.Д. Сулимин и др. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 277 с.: ил.; 60x90/16. - ISBN 978-5-9963-0915-3. Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:277417&theme=FEFU>
2. Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 1 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; М.А. Королёв [и др.]; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю. А. Чаплыгина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 397 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-0912-2 (Ч. 1), ISBN 978-5-94774-583-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=476068>
3. Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 2 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.Г. Путря и др.; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю.А. Чаплыгина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория

знаний, 2012. - 422 с.; 60x90/16. ISBN 978-5-9963-0913-9 (Ч. 2), ISBN 978-5-94774-583-2. Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366622>

4. Коркишко, Ю.Н. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов: в 2 т. Т. 1 / под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с.: 60x90/16. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0335-9 (Т. 1), 978-5-9963-0341-0. Режим доступа:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:298095&theme=FEFU>

5. Коркишко, Ю.Н. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов : в 2 т. Т. 2 / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 252 с.: ил. - 60x90/16. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0336-6 (Т.2), ISBN 978-5-9963-0341-0. Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366692>

#### **Дополнительная литература**

1. Борисенко, В. Е. Наноэлектроника: теория и практика [Электронный ресурс]: учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. - 3-е изд. (эл.).- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 366 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=485670>

2. Дубровский, В. Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур / В. Г. Дубровский. – М.: Физматлит., 2009. – 350 с. Режим доступа:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290022&theme=FEFU>

3. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 195 с. Режим доступа:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-65340&theme=FEFU>

4. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс]/ Головин Ю.И.— Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2012.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>
5. Вознесенский Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С., Абдуллин И.Ш. — Электрон. текстовые данные. —Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 184 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61986.html>

### **Интернет-ресурсы**

1. Производитель атомно-силовых микроскопов и их различных модификаций: <http://www.ntmdt.ru/>
2. Справочные данные из базы данных отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН (3000 статей по различным направлениям) физики поверхности кремния. <http://silicon.dvo.ru/>
3. Популярно о нанотехнологиях: <http://www.nanonewsnet.ru/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.), производится демонстрация роликов о работе исследовательского оборудования с сайта производителей.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В общей трудоемкости дисциплины 144 час. (4 ЗЕТ) аудиторные занятия составляют 36 час.

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 54 часов на весь курс дисциплины.

Расписание аудиторных занятий включает в неделю 4 час. Рекомендуется учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 1 час в учебную неделю.

Для углубленного изучения теоретического материала курса

дисциплины рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Рекомендованные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ (в перечне приведены соответствующие гиперссылки этих источников), а также в электронной библиотечной системе (ЭБС) IPRbooks (приведены аналогичные гиперссылки).

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения исследований, связанных с выполнением практических заданий по дисциплине доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L441, L442	Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики: Лаборатория мезоскопии и фрактальной физики. Специализированная лаборатория кафедры ФНС: Лаборатория материаловедения и кристаллографии. Лабораторные столы и стулья Количество посадочных рабочих мест для студентов - 10	Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО  Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО

Для дополнительного ознакомления студентов с приборами и методами исследований по теме данной дисциплины может быть проведена экскурсия по действующим лабораториям ДВФУ.

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1-2 недели	Ознакомление с научной литературой	8 час.	Контроль

	семестра	по методам выращивания тонких пленок		ые вопросы (ПР-2)
2	3-4 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №1	6 час.	Защита отчета (УО-3)
3	5-6 недели семестра	Ознакомление с научной литературой по осаждению пленок из молекулярных пучков	8 час.	Контрольные вопросы (ПР-2)
4	7-8 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №2	5 час.	Защита отчета (УО-3)
5	9-10 недели семестра	Ознакомление с научной литературой по лазерному осаждению тонких пленок	8 час.	Контрольные вопросы (ПР-2)
6	11-12 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №3	6 час.	Защита отчета (УО-3)
7	13-14 недели семестра	Ознакомление с дополнительными материалами по методам характеристики электрофизических свойств тонких пленок	8 час.	Контрольные вопросы (ПР-2)
8	15-18 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №4	5 час	Защита отчета (УО-3)
Итого			54 час.	

### **Темы дисциплины**

Тема 1. Газофазная эпитаксия

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия

Тема 3. Твердофазная эпитаксия (4.0 часа)

Тема 4. Импульсное лазерное напыление

Тема 5. Реактивная молекулярно-лучевая эпитаксия

Тема 6. Эпитаксия на инородных подложках (гетероэпитаксия)

Тема 7. Методы исследования эпитаксиальных слоев

Тема 8. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии.

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

#### **Текущая аттестация студентов**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» проводится в форме защиты практических работ по оцениванию фактических результатов обучения студентов. Осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями

### **Критерии оценки отчетов по лабораторным работам**

Оценивание защиты практической работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите отчет по практической работе, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, по оформлению, демонстрирует владение методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

## Промежуточная аттестация студентов

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» проводится в виде экзамена, форма экзамена - «устный опрос в форме ответов на вопросы». Допуск к экзамену возможен только после защиты отчетов по всем практическим работам курса.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине "Специальные методы технологии выращивания тонких пленок"

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	«зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0 -60	«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

		Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **Вопросы к экзамену**

1. Газофазная эпитаксия: Химическая кинетика.
2. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Вольт-емкостной метод.
3. Газофазная эпитаксия: Легирование, автолегирование.
4. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Метод сопротивления растекания.
5. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Описание процесса, система роста, качество вакуума, подготовка подложки.
6. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения подвижности основных носителей.
7. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Легирование, кинетика легирования.
8. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения времени жизни неосновных носителей.
9. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Легирование вторичной имплантацией, ионное легирование.
10. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения параметров ловушек.
11. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Сегрегация примеси, кинетика сегрегации.
12. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии: Сравнительный анализ P-N-перехода и барьера Шоттки.
13. Твердофазная эпитаксия: Структурное различие между аморфным и кристаллическим кремнием, способы приготовления аморфного кремния.
14. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии: Униполярные двухполюсные приборы.
15. Твердофазная эпитаксия: Кинетика кристаллизации, основные закономерности кристаллизации.
16. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии Транзисторные структуры.
17. Твердофазная эпитаксия: Влияние примесей на кинетику кристаллизации, процессы.
18. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Кристаллическое качество и дефекты.

19. Твердофазная эпитаксия: Процессы, сопутствующие эпитаксиальной кристаллизации.

20. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Вольт-емкостной метод.

21. Эпитаксия на инородных подложках: Система германий/кремний.

22. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения времени жизни неосновных носителей.

23. Эпитаксия на инородных подложках: Кремний на изоляторе, боковая эпитаксия.

24. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения параметров ловушек.

### **Оценочные средства для текущей аттестации (Тест ПР-1)**

Типовые задания к практическим и самостоятельным работам

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе определенного метода выращивания тонких пленок и объяснить его практическую реализацию

2. Показать область применимости данного метода выращивания и основные свойства пленок, получаемых этим методом.

3. Определить приемлемые методы выращивания тонких пленок определенного материала с заданными свойствами. Обосновать выбор.

4. Определить необходимые методы контроля процесса роста и анализа физических свойств полученных структур.

5. Составить технологический маршрут изготовления структуры с заданными свойствами.