



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

**«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)**

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

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Саранин А.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента  
Общей и экспериментальной физики

Короченцев А.А.  
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Технологии синтеза наноструктурированных материалов**  
**Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
магистерская программа  
«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»  
**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 1  
лекции не предусмотрены  
практические занятия 32  
лабораторные работы не предусмотрены  
в том числе с использованием МАО лек.        / пр.        / лаб.        час.  
всего часов аудиторной нагрузки 72 час  
в том числе с использованием МАО  
самостоятельная работа 112 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 54 час.  
контрольные работы (количество) не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет не предусмотрен  
экзамен 1 семестр 1

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 департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

Директор департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ: к.ф.-м.н., доцент  
Короченцев В.В.

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

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

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

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

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

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

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

## **Аннотация дисциплины " Технологии синтеза наноструктурированных материалов "**

Учебная дисциплина «Технологии синтеза наноструктурированных материалов» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Технологии синтеза наноструктурированных материалов» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.01.01), реализуется на 1 курсе, в 1 семестре, завершается экзаменом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 З.Е. (144 часа). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (32 час.), самостоятельная работа студента (112 час., в том числе 54 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** изучения дисциплины:

- 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:

## Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-8 Способен проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	ПК-8.1 применяет методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
		ПК-8.2 осуществляет технологический процесс приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления
	ПК-9 Способен разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	ПК-9.1 анализирует, выбирает и применяет методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
		ПК-9.2 использует ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию
Научно-педагогический	ПК-15 Способен проводить обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории	ПК-15.1 использует современные средства и технологии обучения, применяет современные образовательные технологии
		ПК-15.2 проводить обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-8.1 применяет методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	<u>Знает</u> методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	<u>Умеет</u> определять и применять подходящий метод проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	<u>Владеет</u> комплексом инструментов и методов для осуществления проектирования материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства
ПК-8.2 осуществляет технологический процесс приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления	<u>Знает</u> этапы технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления
	<u>Умеет</u> контролировать необходимые параметры на каждом этапе приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления с учётом возможностей экспериментальной установки
	<u>Владеет</u> методами и средствами настройки, и мониторинга протекания технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии, и плазмохимического травления
ПК-9.1 анализирует, выбирает и применяет методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	<u>Знает</u> методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
	<u>Умеет</u> разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники, применяя подходящий метод
	<u>Владеет</u> инструментами для определения методов разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
ПК-9.2 использует ГОСТы и ОСТы	<u>Знает</u> ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
на технологическую документацию	<i>Умеет</i> применять ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию при разработке технологической документации
	<i>Владеет</i> навыками подготовки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники с учетом существующих ГОСТов и ОСТов
ПК-15.1 использует современные средства и технологии обучения, применяет современные образовательные технологии	<i>Знает</i> современные средства и технологии обучения
	<i>Умеет</i> применять современные средства, педагогические и другие технологии, в том числе информационно-коммуникационные, необходимые для осуществления образовательной деятельности
	<i>Владеет</i> навыками применения современных средств и образовательных технологий в образовательной деятельности
ПК-15.2 проводит обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории	<i>Знает</i> материально-техническую базу своего предприятия или лаборатории
	<i>Умеет</i> выбирать оптимальные методики проведения обучения сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории
	<i>Владеет</i> навыками проведения обучения сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории

## 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 «горбчатых» 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 «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» 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-8.1; ПК-8.2; ПК-9.1; ПК-9.2; ПК-15.1; ПК-15.2	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-8.1; ПК-8.2; ПК-9.1; ПК-9.2; ПК-15.1; ПК-15.2	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	ПК-8.1; ПК-8.2;	знает	Контрольные вопросы (ПР-2)	экзамен, вопросы 7-9

	пленок	ПК-9.1; ПК-9.2; ПК-15.1; ПК-15.2	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-8.1; ПК-8.2; ПК-9.1; ПК-9.2; ПК-15.1; ПК-15.2	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 работе	ПК-8.1; ПК-8.2; ПК-9.1; ПК-9.2; ПК-15.1; ПК-15.2	знает	Защита отчета (УО-3)	экзамен, вопросы 13-15
			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.; 60х90/16. 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.: 60х90/16. - (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. - 60х90/16. - (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.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
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	Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО  Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО

	Количество посадочных рабочих мест для студентов - 10	
--	---	--

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 семестра	Ознакомление с научной литературой по методам выращивания тонких пленок	8 час.	Контрольные 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.