

## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО-2)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»Направленность (профиль) Нанотехнологии в электронике и микросистемной техникеФорма обучения очнаяФакультет электронной техники (ФЭТ)Кафедра физической электроники (ФЭ)Курс 3Семестр 5Учебный план набора 2014 года.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции					-				-	часов
2.	Лабораторные работы					-				-	часов
3.	Практические занятия					108				108	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)					-				-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					108				108	часов
6.	Из них в интерактивной форме					10				10	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					108				108	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					216				216	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена					-				-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					216				216	часов
	(в зачетных единицах)					6				6	ЗЕ

Диф. зачет 5 семестр

Томск 2016

### Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 08 » 09 2016 г., протокол № 73.

**Разработчик:**

Ассистент кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / В.В. Каранский

**Заведующий кафедрой**

Профессор кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан \_\_\_\_\_ ФЭТ \_\_\_\_\_ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей  
кафедрой \_\_\_\_\_ ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей  
кафедрой \_\_\_\_\_ ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

**Эксперты:**

Председатель методической  
комиссии факультета ФЭТ \_\_\_\_\_ / И.А. Чистоедова

Председатель методической  
комиссии кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / И.А. Чистоедова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур (ГПО-2)» состоит в изучении методов изготовления микро- и наноструктур для изделий нано- и микросистемной техники.

Задачей изучения дисциплины «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур (ГПО-2)» является приобретение умений и навыков проведения расчетов параметров микро- и наноструктур для изделий нано- и микросистемной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с ОПОП дисциплина «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур (ГПО-2)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (Б1.В.ДВ.4).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: планирование эксперимента, вакуумно-плазменные методы получения наноструктур, вакуумная и плазменная электроника, инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО-1), учебно-исследовательская работа в семестре.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: основы технологии электронной компонентной базы, методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем, процессы микро- и нанотехнологий, физические основы микро- и наносистемной техники, электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО-3), технологическое оборудование микро- и нанотехнологий (ГПО-4), учебно-исследовательская работа в семестре.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих профессиональных компетенций (ПК):**

- готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10).
- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представить материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3).
- готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8).

### 3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

#### **знать:**

- базовые технологические процессы для изготовления микро- и наноструктур;
- физико-химические основы технологических процессов изготовления микро- и наноструктур;
- правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций;
- современное технологическое оборудование, используемое при изготовлении микро- и наноструктур.

#### **уметь:**

- уметь применять методы контроля параметров и характеристик микро- и наноструктур на разных этапах изготовления;
- проводить расчет оптимальных режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники;
- применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;
- разрабатывать технологический маршрут для изготовления микро- и наносистем.

#### **владеть:**

- навыками работы на технологическом оборудовании;
- методами контроля технологического процесса на разных этапах изготовления микро- и наноструктур;
- методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
В том числе:		
Лекции	-	-
Практические занятия	108	108
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
В том числе:		
Изучение и анализ литературы	36	35
Индивидуальное творческое задание	64	64
Подготовка отчета по ГПО	8	9
<b>Общая трудоемкость час</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
Зачетные Единицы Трудоемкости	<b>6</b>	<b>6</b>

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Современные тенденции развития технологии микро- и наноструктур.	-	2	7	9	ПК-3,8,10
2.	Физические и химические свойства плазмы.	-	9	9	18	ПК-3,8,10
3.	Основные виды электрического разряда в газе и их применение в технологии изготовления микро- и наноструктур.	-	9	9	18	ПК-3,8,10
4.	Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.	-	18	9	27	ПК-3,8,10
5.	Процессы и технологии плазменной обработки микро- и наноструктур.	-	36	36	72	ПК-3,8,10
6.	Методы контроля параметров ионно-плазменных технологий.	-	18	19	37	ПК-3,8,10
7.	Методы обработки результатов и их применение для анализа свойств, параметров микро- и наноструктур.	-	16	19	35	ПК-3,8,10
<b>ИТОГО</b>		<b>-</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>216</b>	<b>ПК-3,8,10</b>

##### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Не предусмотрено.

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Предшествующие дисциплины</b>								
1.	Планирование эксперимента	-	-	-	-	-	-	+
2.	Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур	-	+	+	+	+	+	-
3.	Вакуумная и плазменная электроника	-	+	+	+	-	-	-
4.	Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО-1)	+	-	-	-	-	-	+
5.	Учебно-исследовательская работа в семестре	+	-	-	-	-	-	+
<b>Последующие дисциплины</b>								
1.	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	-	-	-	-	-	+	-
2.	Процессы микро- и нанотехнологий	+	+	+	+	+	+	-
3.	Основы технологии электронной компонентной базы	+	+	+	+	+	+	-
4.	Физические основы микро- и наносистемной техники	+	-	-	-	+	+	-
5.	Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО-3)	+	+	+	+	+	+	+
6.	Технологическое оборудование микро- и нанотехнологий (ГПО-4)	+	+	+	+	+	+	+
7.	Учебно-исследовательская работа в семестре	+	+	+	+	+	+	+

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий		Формы контроля
	ПЗ	СРС	
ПК-3	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-8	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-10	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО

## 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Формы	Практические занятия (час)	Всего
<i>Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением</i>		4	4
<i>Работа в команде</i>		6	6
Итого интерактивных занятий		10	10

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено.

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Современные тенденции развития технологии микро- и наноструктур.	2	ПК-3,8,10
2.	2	Физические и химические свойства плазмы. Плазма: основные понятия и свойства. Место плазменных процессов в технологии изготовления микро- и наноструктур.	9	ПК-3,8,10
3.	3	Основные виды электрического разряда в газе и их применение в технологии изготовления микро- и наноструктур. не-самостоятельный газовый разряд. Тлеющий разряд постоянного тока. Дуговой разряд. Искровой разряд. Коронный разряд.	9	ПК-3,8,10
4.	4	Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировки.	18	ПК-3,8,10
5.	5	Процессы и технологии плазменной обработки микро- и наноструктур. Место и роль плазмохимических и ионно-плазменных процессов в технологии изготовления микро- и наноструктур. Магнетронное распыление. Ионно-плазменное распыление. Плазмохимическое осаждение. Ионно-лучевое напыление.	36	ПК-3,8,10
6.	6	Методы контроля параметров ионно-плазменных технологий. Метод зондов Ленгмюра. Масс-спектрометрия. Электронная Оже-спектроскопия. Атомно-силовая микроскопия.	18	ПК-3,8,10
7.	7	Методы обработки результатов и их применение для анализа свойств, параметров микро- и наноструктур.	16	ПК-3,8,10

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	1-7	Изучение и анализ литературы	36	ПК-3,8,10	Опрос на практических занятиях
2.	1-7	Выполнение и защита индивидуального творческого задания	64	ПК-3,8,10	Отчет по индивидуальному творческому занятию
3.	1-7	Выполнение и защита отчета по ГПО	8	ПК-3,8,10	Отчет по ГПО

## 10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Не предусмотрено.

## 11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Выполнение промежуточных этапов разработки проекта в соответствии с техническим заданием и календарным планом проекта	10	10	10	30
Публикации и доклады участников проектных групп на научно-технических конференциях различного уровня			8	8
Посещение занятий	12	12	8	32
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>70</b>
Отчетная составляющая балльной оценки участников проекта. Выставляется на этапе защиты ГПО.				30
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	60 – 64	E (посредственно)
	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

### Вопросы для подготовки к зачету:

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения <https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.



## **12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **12.1 Основная литература**

1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012. – 89 с. <https://edu.tusur.ru/publications/3871>
2. Аксенов А.И., Окс Е.М., Злобина А.Ф. Вакуумная и плазменная электроника: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007. – 164 с. (101)
3. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой нанoeлектроники: Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2011. – 263 с. [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Danilina/Данилина\\_ТИ\\_-\\_ТКН.zip](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Danilina/Данилина_ТИ_-_ТКН.zip)

### **12.2 Дополнительная литература**

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. (20)
2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. (9)
3. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. (20)

### **12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. (1)
2. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по дисциплине «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» к самостоятельной работе / Т.И. Данилина. Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР». – М.: ТУСУР, 2013. – 20 с. <https://edu.tusur.ru/publications/3868>
3. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по дисциплине «Планирование эксперимента» к самостоятельной работе В.А. Мухачев. Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР». – М.: ТУСУР, 2012. – 14 с. [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=235](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235)

### **12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>

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

Для реализации программы учебной дисциплины используется материально-техническое обеспечение кафедры физической электроники.

#### **14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для выполнения проекта создается группа студентов, назначается руководитель из числа преподавателей или научных сотрудников кафедры, а из числа студентов назначается ответственный исполнитель проекта. В проектную группу могут привлекаться студенты других кафедр, факультетов и университетов.

Основой проекта является индивидуальная работа каждого участника группы. Результаты работы обсуждаются на совещаниях, которые проводятся один раз в неделю. Председателем совещания является руководитель проекта.

Проекты выполняются по техническим заданиям, структура и содержание которых соответствуют ГОСТ 2.114-95. Техническое задание составляется студентами и согласовывается с руководителем проекта и утверждается заведующим выпускающей кафедрой. Техническое задание может корректироваться по результатам выполнения отдельных этапов, а все изменения должны оформляться протоколом.

Техническое задание составляется по этапам (семестрам) с указанием содержания работ каждого студента. Работа заканчивается предъявлением к защите отчетов. При этом должны быть приложены все необходимые документы, предусмотренные техническим заданием.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор департамента образования  
(Проректор по учебной работе)

\_\_\_\_\_ П.Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРО- И  
НАНОСТРУКТУР (ГПО-2)**

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат \_\_\_\_\_

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Направленность (профиль) Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3

Семестр 5

Учебный план набора 2014 года.

Диф. зачет 5 семестр

**Разработчик:**

Ассистент кафедры ФЭ

\_\_\_\_\_ / В.В. Каранский

Томск 2016

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов ( типовые задачи (задания), индивидуальные творческие задания и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-10	- готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>знать</i> современное технологическое оборудование, используемое при изготовлении микро- и наноструктур. <i>уметь</i> применять методы контроля параметров и характеристик микро- и наноструктур на разных этапах изготовления; <i>владеть</i> навыками работы на технологическом оборудовании.
ПК-3	- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представить материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	<i>знать</i> правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций. <i>уметь</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; <i>уметь</i> проводить расчет оптимальных режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники;. <i>владеть</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.
ПК-8	- готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>знать</i> базовые технологические процессы для изготовления микро- и наноструктур; <i>знать</i> физико-химические основы технологических процессов изготовления микро- и наноструктур. <i>уметь</i> проводить расчет оптимальных режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники;. <i>уметь</i> разрабатывать технологический маршрут для изготовления микро- и наносистем. <i>владеть</i> методами контроля технологического процесса на разных этапах изготовления микро- и наноструктур;

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 Компетенция ПК-10

**ПК-10**    **готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание	<i>знает</i> современное техноло-	<i>умеет</i> применять методы	<i>владеет</i> навыками работы на

<b>этапов</b>	гическое оборудование, используемое при изготовлении микро- и наноструктур.	контроля параметров и характеристик микро- и наноструктур на разных этапах изготовления;	технологическом оборудовании.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	обладает базовыми общими знаниями	обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>знает</i> современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; <i>формулирует</i> требования к настройкам технологического оборудования при производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>умеет осуществлять</i> подготовку и настройку технологического оборудования к производству материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>владеет навыками</i> практической работы на технологическом оборудовании, которое используется для изготовления материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>знает</i> современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>умеет осуществлять</i> подготовку технологического оборудования к производству материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>владеет навыками</i> работы на технологическом оборудовании, которое используется для изготовления материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>имеет представление о современном технологическом оборудовании, которое используется в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</i>	<i>умеет осуществлять подготовку технологического оборудования к производству материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, в соответствии с рекомендациями.</i>	<i>демонстрирует навыки работы на технологическом оборудовании при прямом наблюдении, которое используется для изготовления материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</i>
--	---	---	--

## 2.2 Компетенция ПК-3

**ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представить материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

<b>Состав</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Содержание этапов</b>	<i>знает</i> правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	<i>умеет</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; <i>умеет</i> проводить расчет оптимальных режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	<i>владеет</i> системным подходом к анализу результатов научных исследований; <i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>представляет</i> свои материалы в виде научных статей; <i>знает</i> принципиальные отличия в правилах оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; <i>формулирует</i> требования к оформлению материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	<i>выбирает</i> оптимальный метод обработки экспериментальных данных, учитывая условия при которых проходил научный эксперимент.	<i>владеет</i> методами обработки данных прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>представляет</i> свои труды в виде материалов докладов конференций; <i>знает</i> основные требования	<i>рассчитывает</i> погрешности результатов прямых и косвенных измерений параметров и характеристик	<i>демонстрирует</i> системный подход к анализу результатов научных исследований материалов и компонентов,

	оформления библиографических ссылок при написании научного отчета и публикаций.	материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	используемых для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>оформляет</i> свои труды в виде материалов докладов конференций и научных статей в соответствии с требованиями конференции; <i>называет</i> основные правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	<i>умеет выбирать</i> оптимальный метод обработки экспериментальных данных, в соответствии с рекомендациями.	<i>классифицирует</i> методы обработки результатов измерений.

### 2.3 Компетенция ПК-8

**ПК-8** готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	<i>знает</i> базовые технологические процессы для изготовления микро- и наноструктур; <i>знает</i> физико-химические основы технологических процессов изготовления микро- и наноструктур.	<i>умеет</i> разрабатывать технологический маршрут для изготовления микро- и наносистем; <i>умеет</i> проводить расчет оптимальных режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники;	<i>владеет</i> методами контроля технологического процесса на разных этапах изготовления микро- и наноструктур;
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>формулирует</i> требования к технологическим процессам в соответствии с техническим заданием на изделие нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> физико-химические	<i>умеет устанавливать</i> связь между параметрами технологической операции и характеристиками изделия нано- и микросистемной техники; <i>подготавливает</i> данные об	<i>владеет навыками</i> разработки операционной карты на технологическую операцию, применяемую при производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

	основы технологических процессов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	изделия нано- и микросистемной техники для разработки технологического маршрута; <i>уметь</i> выбирать расчет оптимальных технологических режимов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники;	
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>имеет представления</i> о базовых технологических процессах, применяемых в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>подготавливает</i> данные об изделии нано- и микросистемной техники для разработки технологического маршрута; <i>умеет использовать</i> пакеты прикладных программ для проектирования технологических маршрутов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	<i>классифицирует</i> методы контроля технологического процесса на разных этапах изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>называет</i> базовые технологические процессы для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>рассчитывает</i> оптимальные технологические режимы для изготовления изделий нано- и микросистемной техники, в соответствии с рекомендациями; <i>умеет использовать</i> стандартные пакеты прикладных программ для проектирования технологических маршрутов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	<i>классифицирует</i> методы контроля технологических процессов, используемых при изготовлении изделий нано- и микросистемной техники.

### 3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: индивидуальные творческие задания, самостоятельная работа, зачет.

#### 3.1 Индивидуальные творческие задания

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения <https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.

#### 3.2 Темы для самостоятельной работы

Современные тенденции развития технологии микро- и наноструктур.

Физические и химические свойства плазмы.

Основные виды электрического разряда в газе и их применение в технологии изготовления микро- и наноструктур.

Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.

Процессы и технологии плазменной обработки микро- и наноструктур.

Методы контроля параметров ионно-плазменных технологий.

Методы обработки результатов и их применение для анализа свойств, параметров микро- и наноструктур.

#### 3.3 Зачет

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения



<https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

##### **4.1 Основная литература**

1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012. – 89 с. <https://edu.tusur.ru/publications/3871>
2. Аксенов А.И., Окс Е.М., Злобина А.Ф. Вакуумная и плазменная электроника: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007. – 164 с. (101)
3. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой нанoeлектроники: Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2011. – 263 с. [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Danilina/Данилина\\_ТИ\\_-\\_ТКН.zip](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Danilina/Данилина_ТИ_-_ТКН.zip)

##### **4.2 Дополнительная литература**

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. (20)
2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. (9)
3. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. (20)

##### **4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. (1)
2. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по дисциплине «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» к самостоятельной работе / Т.И. Данилина. Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР». – М.: ТУСУР, 2013. – 20 с. <https://edu.tusur.ru/publications/3868>
3. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по дисциплине «Планирование эксперимента» к самостоятельной работе В.А. Мухачев. Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР». – М.: ТУСУР, 2012. – 14 с. [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=235](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235)

##### **4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>