**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**

«___» _____ 2017 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО 4)

**Уровень профессионального образования: высшее образование -** бакалавриат

**Направления подготовки** **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

**Направленность (профиль)** Микроэлектроника и твердотельная электроника

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 4 **Семестр** 7

**Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.**

**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** 7 **семестр**

Томск 2017

Согласована на портале № 13021

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 77 от « 11 » 1 2017 г.

**Лист согласований**

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «11» 01 2017 г., протокол № 77.

**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



Согласована на портале № 13021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» является изучение методов изготовления микро- и наноструктур, а также способов контроля их параметров, формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Задачей изучения дисциплины «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» являются знакомство с методами изготовления микро- и наноструктур, изучение базовых процессов и оборудования, используемых в традиционных микро- и нанотехнологиях, методами технологической подготовки материалов и проведения расчетов параметров микро- и наноструктур.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с ОПОП дисциплина «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (Б1.В.ДВ.7.2).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1), методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2), организация научных исследований в области производства изделий микро- и наноэлектроники (ГПО 3), физика пленочных наноструктур, основы технологии электронной компонентной базы, технология материалов микро- и наноэлектроники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: учебно-исследовательская работа в семестре, моделирование и проектирование микро- и наносистем, технология кремниевой наноэлектроники, процессы микро- и нанотехнологии, методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (**ПК-3**);
- способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (**ПК-8**);
- готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники (**ПСК-2**).

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

**знать:**

- физико-химические и технологические основы процессов изготовления микро- и наноструктур, типовые технологические процессы их изготовления;
- требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций.

**уметь:**

- выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции для производства изделий нано- и микросистем;
- формулировать основные результаты работы и оценивать их значимость для представления материалов в виде отчетов и публикаций.

**иметь опыт / владеть:**

- навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании микро- и наноструктур;
- навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;
- выполнять производственные задания по технологической подготовке производства материалов и приборов микро- и наноэлектроники;
- навыками анализа и систематизации результатов исследований и представления их в различном виде.



Согласована на портале № 13021

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет __6__ зачетных единиц.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|---|---|---|
| | | 7 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | **108** | **108** |
| В том числе: | | |
| Лекции | - | - |
| Практические занятия | 108 | 108 |
| **Самостоятельная работа (всего)** | **108** | **108** |
| В том числе: | | |
| Изучение и анализ литературы | 30 | 30 |
| Индивидуальное творческое задание | 70 | 70 |
| Подготовка отчета по ГПО | 8 | 8 |
| Общая трудоемкость час | **216** | **216** |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | **6** | **6** |

## 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. | Тенденции развития современной технологии микро- и наноструктур. Технологические среды. | - | 18 | 14 | 32 | ПК-3,8; ПСК-2 |
| 2. | Физико-химические процессы в технологии микро- и наноструктур. | - | 30 | 30 | 60 | ПК-3,8; ПСК-2 |
| 3. | Контроль параметров микро- и наноструктур. | - | 30 | 30 | 60 | ПК-3,8; ПСК-2 |
| 4. | Технологическое оборудование микро- и наноструктур. | - | 30 | 34 | 64 | ПК-3,8; ПСК-2 |
| | **ИТОГО** | **-** | **108** | **108** | **216** | |

### 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 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | |
| 1. | компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1) | + | + | + | + |
| 2. | методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2) | | | | |
| 3. | организация научных исследований в области производства изделий микро- и наноэлектроники (ГПО 3) | + | + | + | + |
| 4. | физика пленочных наноструктур | + | + | + | + |
| 5. | основы технологии электронной компонентной базы | + | + | + | + |
| 6. | технология материалов микро- и наноэлектроники | + | + | + | + |
| **Последующие дисциплины** | | | | | |
| 1. | учебно-исследовательская работа в семестре | + | + | + | + |
| 2. | моделирование и проектирование микро- и наносистем | + | + | + | + |
| 3. | технология кремниевой наноэлектроники | + | + | + | + |
| 4. | процессы микро- и нанотехнологии | + | + | + | + |
| 5. | методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем | + | + | + | + |



Согласована на портале № 13021

**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 |
| ПСК-2 | + | + | 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 |
|---|---|---|
| *Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением* | 4 | 4 |
| *Работа в команде* | 6 | 6 |
| Итого интерактивных занятий | 10 | 10 |

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено.

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|---|---|---|---|---|
| 1. | **1** | Тенденции развития современной технологии микро- и наноструктур. Технологические среды. Чистые производственные помещения. Жидкие химические и газообразные среды. Очистка газов. Очистка воды. Газовые разряды. Магнетронный разряд. Разряд в условиях электронного циклотронного резонанса. Разряд на геликоновых волнах. | 18 | ПК-3; ПК-8; ПСК-2 |
| 2. | **2** | Физико-химические процессы в технологии микро- и наноструктур. Вакуумные и газофазные методы эпитаксии. Ионная имплантация. Методы литографии. Фотолитография. Электронная литография. Ионная литография. | 30 | ПК-3; ПК-8; ПСК-2 |
| 3. | **3** | Контроль параметров микро- и наноструктур. Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Электронная микроскопия гетероструктур. Атомная силовая микроскопия. Спектроскопия. Рентгеновский микроанализ. | 30 | ПК-3; ПК-8; ПСК-2 |
| 4. | **4** | Технологическое оборудование для изготовления микро- и наноструктур. Установка электронно-лучевого напыления. Вакуумное напылительное оборудование. Магнетронная вакуумная установка. Систематизация и оформление результатов, подготовка материалов в виде научного отчета. Подготовка и оформление материалов исследований в виде публикации. Подготовка устного выступления и презентации. Публичная защита отчета. | 30 | ПК-3; ПК-8; ПСК-2 |



Согласована на портале № 13021

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | **1-4** | Изучение и анализ литературы | 40 | ПК-3,8; ПСК-2 | Опрос на практических занятий |
| 2. | **1-4** | Выполнение и защита индивидуального творческого задания | 60 | ПК-3,8; ПСК-2 | Отчет по индивидуальному творческому занятию |
| 3. | **1-4** | Выполнение и зашита отчета по ГПО | 8 | ПК-3,8; ПСК-2 | 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** |
| Посещение занятий | 12 | 12 | 8 | **32** |
| Публикации и доклады участников проектных групп на научно-технических конференциях различного уровня | | | 8 | **8** |
| **Итого максимум за период:** | **22** | **22** | **26** | **70** |
| Отчетная составляющая балльной оценки участников проекта. Выставляется на этапе защиты ГПО. | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом** | **22** | **44** | **70** | **100** |

**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** | |
| | **60 – 64** | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | **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.



Согласована на портале № 13021

## 12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 12.1 Основная литература

1. Чистоедова, И. А. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. — Томск: ТУСУР, 2011. — 98 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/547

2. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 115 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4968

### 12.2 Дополнительная литература

1. Кирилловский, В.К. Современные оптические исследования и измерения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 304 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/555

2. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. **(20)**

3. Брандон Д., Капран У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учебное пособие для вузов: пер. с англ.; ред. Пер. С.Л. Баженов, доп. К гл. 3 О.В. Егоров. – М.: Техносфера, 2004. – 377 с. **(8)**

4. Брандон Д., Капран У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ.; ред. Пер.: С.Л, Баженов; авт. Дополнения: О.В. Егорова. – М.: Техносфера, 2006. – 377 с. **(5)**

### 12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Методы исследования материалов и структур электроники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104.65 "Микроэлектроника и твердотельная электроника", направления 210100.62 "Электроника и микроэлектроника", направления 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника", 210100.62 "Электроника и наноэлектроника", 210600.62 "Нанотехнология" / С. В. Смирнов, И. А. Чистоедова: Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра физической электроники. - Томск: ТУСУР, 2012. - 52 с. (**45**)

2. 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)**

### 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

### 13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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

#### 13.1.1 Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д 74, 1 этаж, ауд. 116, 117, 119, 2 этаж, ауд. 216.

Состав оборудования ауд. 116: установка вакуумного напыления УВН2М-1 – 3 шт., лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9 – 4 шт., микроскоп стерео МС-1 – 5 шт., микроинтерферометр МИИ-4 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., мультиметр ЕДС-128 – 4 шт., микроскоп ММУ-3У – 1 шт., лабораторный макет – 4-х зондовый метод измерения удельного сопротивления.

Состав оборудования ауд. 117: доска магнито-маркерная - 1шт., ноутбук - 1шт., установка совмещения и экспонирования ЩА-310, установка для нанесения фоторезиста, дистиллятор воды, химическая посуда, реактивы.

Состав оборудования ауд. 119: доска магнито-маркерная – 1 шт., лабораторные макеты: темпера-



Согласована на портале № 13021

турные свойства ферромагнитных материалов, температурные свойства проводящих материалов, объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов, пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК), температурная зависимость проводимости диэлектриков, фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов.

Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 2 шт., амперметр Ф-195, М-253 – 2 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., электрометр В7Э-42 – 1 шт., мультиметр В7-22А – 2 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., терраометр Е6-13 – 1 шт., печь лабораторная – 2 шт., прибор для исследования пробоя ТПК – 1 шт.

Компьютерные лабораторные работы – 3 шт., ПЭВМ – 4 шт.

Лабораторные макеты: определение ширины запрещенной зоны полупроводников, определение термо-ЭДС полупроводников, эффект Холла, эффект Пельтье.

Лабораторное оборудование и приборы: лабораторный стенд СФП-5 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 5 шт., вольтметр В7-26 – 1 шт., вольтметр цифровой Ф4214 – 1 шт., вольтметр Ф238 – 1 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт.

Состав оборудования ауд. 216: Оптический УФ спектрометр USB2000 – 1 шт., ИК Фурье-спектрометр Infralum FT-801 с приставкой на отражение – 1 шт., монохроматор МДР-23 – 1 шт., спектральный лазерный эллипсометр Эллипс-1891 САГ – 1 шт., растровый электронный микроскоп Hitachi TM-1000 с микроанализатором Bruker Quantax 50EDX – 1 шт., рамановский спектрометр Avantes-532TEC – 1 шт., атомно-силовой микроскоп Certus Optic U с совмещенным оптическим микроскопом – 1 шт., измеритель параметров полупроводниковых приборов Метроном-03 – 1 шт., микроинтерферометр Линника МИИ-4М – 1 шт., цифровой RLC-метр Protek 9216A – 1 шт., измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20 – 1 шт., компьютер – 4 шт., ноутбук – 2 шт.

### 13.1.2 Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 2 этаж, ауд. 217. Состав оборудования: учебная мебель; доска магнито-маркерная.

### 13.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видео увеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.



Согласована на портале № 13021

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

1. в печатной форме;
2. в печатной форме с увеличенным шрифтом;
3. в форме электронного документа;
4. методом чтения ассистентом задания вслух;
5. предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

1. письменно на бумаге;
2. набор ответов на компьютере;
3. набор ответов с использованием услуг ассистента;
4. представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

в форме электронного документа;

в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

в форме электронного документа;

в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

в форме электронного документа;

в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



Согласована на портале № 13021

## 15. 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.



Согласована на портале № 13021

**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**
«___» _____ 2017 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО 4)

**Уровень профессионального образования: высшее образование -** бакалавриат

**Направления подготовки** **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

**Направленность (профиль)** Микроэлектроника и твердотельная электроника

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 4 **Семестр** 7

**Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.**

**Диф. зачет** 7 **семестр**

**Разработчик:**
Ассистент кафедры ФЭ _____ / В.В. Каранский

Томск 2017



Согласована на портале № 13021

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» 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 «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| ПК-3 | готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций. | *знает* правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций;<br>*знает* требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций;<br>*умеет* применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;<br>*владеет* системным подходом к анализу результатов научных исследований;<br>*владеет* методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур. |
| ПК-8 | способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | *знает* физико-химические и технологические основы процессов изготовления микро- и наноструктур, типовые технологические процессы их изготовления;<br>*умеет* осуществлять анализ технологии и выбирать требуемое оборудование для исследований и изготовления наноструктур;<br>*имеет опыт* выполнять производственные задания по технологической подготовке производства материалов и приборов микро- и наноэлектроники. |
| ПСК-2 | готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | *знает* технологические процессы изготовления изделий микроэлектроники;<br>*знает* современное технологическое оборудование для изготовления изделий микроэлектроники;<br>*умеет* выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции для производства изделий нано- и микросистем;<br>*владеет* навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании микро- и наноструктур;<br>*владеет* навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы. |



Согласована на портале № 13021

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
### 2.1 Компетенция ПК-3

**ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять 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 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знает* правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций;<br>*знает* требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций; | *умеет* применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; | *владеет* системным подходом к анализу результатов научных исследований;<br>*владеет* методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур. |
| **Виды занятий** | Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа | Самостоятельная работа |
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на практическом занятии;<br>Индивидуальное творческое задание (защита);<br>Зачет | Индивидуальное задание (выполнение, оформление);<br>Конспект самостоятельной работы | Конспект самостоятельной работы;<br>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

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | 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 |
| **Хорошо (базовый уровень)** | 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 |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | 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.



Согласована на портале № 13021

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *представляет* свои материалы в виде научных статей;<br>*знает* принципиальные отличия в правилах оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций;<br>*формулирует* требования к оформлению материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций. | *выбирает* оптимальный метод обработки экспериментальных данных, учитывая условия при которых проходил научный эксперимент. | *владеет* методами обработки данных прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники. |
| **Хорошо (базовый уровень)** | *представляет* свои труды в виде материалов докладов конференций;<br>*знает* основные требования оформления библиографических ссылок при написании научного отчета и публикаций. | *рассчитывает* погрешности результатов прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники. | *демонстрирует* системный подход к анализу результатов научных исследований материалов и компонентов, используемых для изготовления изделий нано- и микросистемной техники. |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *оформляет* свои труды в виде материалов докладов конференций и научных статей в соответствии с требованиями конференции;<br>*называет* основные правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций. | *умеет выбирать* оптимальный метод обработки экспериментальных данных, в соответствии с рекомендациями. | *классифицирует* методы обработки результатов измерений. |

## 2.2 Компетенция ПК-8

**ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.**

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

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знает* физико-химические и технологические основы процессов изготовления микро- и наноструктур, типовые технологические процессы их изготовления; | *умеет* осуществлять анализ технологии и выбирать требуемое оборудование для исследований и изготовления наноструктур; | *имеет опыт* выполнять производственные задания по технологической подготовке производства материалов и приборов микро- и наноэлектроники. |
| **Виды занятий** | Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа | Самостоятельная работа |
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на практическом занятии;<br>Индивидуальное творческое задание (защита);<br>Зачет | Индивидуальное задание (выполнение, оформление);<br>Конспект самостоятельной работы | Конспект самостоятельной работы;<br>Зачет |



Согласована на портале № 13021

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

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *знает* физико-химические основы процессов изготовления микро- и наноструктур;<br>*знает* технологические основы процессов изготовления микро- и наноструктур;<br>*знает* типовые технологические процессы их изготовления микро- и наноструктур. | *умеет* осуществлять анализ технологии для исследований и изготовления наноструктур;<br>*умеет* выбирать требуемое оборудование для исследований и изготовления наноструктур;<br>*проводит* анализ уровня технологической подготовки производства материалов и изделий электронной техники. | *имеет опыт* выполнять производственные задания по технологической подготовке производства материалов и приборов электронной техники. |
| **Хорошо (базовый уровень)** | *знает* технологические основы процессов изготовления микро- и наноструктур;<br>*знает* типовые технологические процессы их изготовления микро- и наноструктур. | *умеет* осуществлять анализ технологии для исследований и изготовления наноструктур;<br>*умеет* выбирать требуемое оборудование для исследований и изготовления наноструктур. | *имеет опыт* выполнять производственные задания по технологической подготовке производства материалов и приборов электронной техники. |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *знает* типовые технологические процессы их изготовления микро- и наноструктур. | *умеет* выбирать требуемое оборудование для исследований и изготовления наноструктур, под руководством руководителя. | *классифицирует* типовые технологические процессы для изготовления материалов и компонентов электронной техники. |

## 2.2 Компетенция ПСК-2

**ПСК-2 готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники.**

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 |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знает* технологические процессы изготовления изделий микроэлектроники;<br>*знает* современное технологическое оборудование для изготовления изделий микроэлектроники. | *умеет* выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции для производства изделий нано- и микросистем. | *владеет* навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании микро- и наноструктур;<br>*владеет* навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы. |
| **Виды занятий** | Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа | Самостоятельная работа |



Согласована на портале № 13021

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на практическом занятии;<br>Индивидуальное творческое задание (защита);<br>Зачет | Индивидуальное задание (выполнение, оформление);<br>Конспект самостоятельной работы | Конспект самостоятельной работы;<br>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** |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *знает* технологические процессы изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*знает* современное технологическое оборудование, используемое на этапах производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *умеет* выбирать оптимальные технологические процессы для изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*умеет* выбирать последовательность изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*умеет* выбирать контрольно-измерительные операции для производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *владеет* навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании микро- и наноструктур;<br>*владеет* навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. |
| **Хорошо (базовый уровень)** | *знает* основные технологические процессы изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*знает* современное технологическое оборудование, используемое на этапах производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *умеет* выбирать последовательность изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*умеет* выбирать контрольно-измерительные операции для производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *владеет* навыками реализации современных способов нанесения и удаления материалов при создании микро- и наноструктур;<br>*имеет опыт* и работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *знает* технологическое оборудование, используемое на этапах производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *выбирает* последовательность изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, под руководством руководителя. | *имеет опыт* и работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, под руководством руководителя. |



Согласована на портале № 13021

## 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

1. Технологические среды.
2. Вакуумные методы эпитаксии.
3. Газофазные методы эпитаксии.
4. Ионная имплантация.
5. Методы литографии.
6. Фотолитография.
7. Электронная литография.
8. Ионная литография.
9. Оптические методы диагностики микро- и наноструктур.
10. Аналитические методы исследования 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. Чистоедова, И. А. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. — Томск: ТУСУР, 2011. — 98 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/547

2. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 115 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4968

### 4.2 Дополнительная литература

1. Кирилловский, В.К. Современные оптические исследования и измерения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 304 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/555

2. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. **(20)**

3. Брандон Д., Капран У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учебное пособие для вузов: пер. с англ.; ред. Пер. С.Л. Баженов, доп. К гл. 3 О.В. Егоров. – М.: Техносфера, 2004. – 377 с. **(8)**

4. Брандон Д., Капран У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ.; ред. Пер.: С.Л, Баженов; авт. Дополнения: О.В. Егорова. – М.: Техносфера, 2006. – 377 с. **(5)**



Согласована на портале № 13021

### 4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Методы исследования материалов и структур электроники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104.65 "Микроэлектроника и твердотельная электроника", направления 210100.62 "Электроника и микроэлектроника", направления 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника", 210100.62 "Электроника и наноэлектроника", 210600.62 "Нанотехнология" / С. В. Смирнов, И. А. Чистоедова: Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра физической электроники. - Томск: ТУСУР, 2012. - 52 с. (**45**)

2. 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)**

### 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/



Согласована на портале № 13021