

## 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

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИИ (ГПО 1)

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 2 Семестр 4Учебный 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                         |           |           |           | 102       |           |           |           |           | 102   | часов   |
| 4.  | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)    |           |           |           | -         |           |           |           |           | -     | часов   |
| 5.  | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)         |           |           |           | 102       |           |           |           |           | 102   | часов   |
| 6.  | Из них в интерактивной форме                 |           |           |           | 10        |           |           |           |           | 10    | часов   |
| 7.  | Самостоятельная работа студентов (СРС)       |           |           |           | 114       |           |           |           |           | 114   | 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 4 семестр

Томск 2017

### 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 «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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» является формирование знаний в области инструментального обеспечения в нанотехнологии, усвоение фундаментальных принципов, на которых строится нанотехнологии, формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Задачей изучения дисциплины «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» являются расширение научного кругозора и эрудиции слушателей для последующего использования их при создании и исследовании объектов в нанoeлектронике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с ОПОП дисциплина «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (Б1.В.ДВ.4.2).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: информационные технологии, прикладная информация, математическое моделирование и программирование.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур (ГПО 2), электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3), технологическое оборудование микро- и нанотехнологий (ГПО 4), учебно-исследовательская работа в семестре, технология кремниевой нанoeлектроники, моделирование и проектирование микро- и наносистем.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (**ОПК-7**);
- готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (**ПК-2**);
- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (**ПК-3**).

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

**знать:**

- основы инструментального обеспечения в нанотехнологии;
- методы исследования наноструктур;
- оборудование и технологии формирования наноструктур;
- основные численные методы, используемые в математическом моделировании.

**уметь:**

- строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- применять численные методы при использовании моделей.

**иметь опыт / владеть:**

- методами использования информационных технологий в моделировании;
- построения математических моделей некоторых конкретных физических объектов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

| Вид учебной работы                    | Всего часов | Семестр    |
|---------------------------------------|-------------|------------|
|                                       |             | 4          |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>     | <b>102</b>  | <b>102</b> |
| В том числе:                          |             |            |
| Лекции                                | -           | -          |
| Практические занятия                  | 102         | 102        |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b> | <b>114</b>  | <b>114</b> |
| В том числе:                          |             |            |
| Изучение и анализ литературы          | 36          | 36         |
| Индивидуальное творческое задание     | 70          | 70         |
| Подготовка отчета по ГПО              | 8           | 8          |
| <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.           | Введение. Нанотехнологии.  | -        | 12                   | 14                      | 26         | ОПК-7; ПК-2,3                         |
| 2.           | Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование.                   | -        | 30                   | 30                      | 60         | ОПК-7; ПК-2,3                         |
| 3.           | Инструментальные средства нанотехнологий: основы технологии изготовления наноструктур. | -        | 30                   | 30                      | 60         | ОПК-7; ПК-2,3                         |
| 4.           | Инструментальные средства нанотехнологий: методы исследования наноструктур.            | -        | 30                   | 40                      | 70         | ОПК-7; ПК-2,3                         |
| <b>ИТОГО</b> |  | <b>-</b> | <b>102</b>           | <b>114</b>              | <b>216</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 |
| <b>Предшествующие дисциплины</b> |   |  |   |   |   |
| 1.                               | информационные технологии   | +  | + | + | + |
| 2.                               | прикладная информатика  | +  | + | + | + |
| 3.                               | математическое моделирование и программирование                                   | +  | + | + | + |
| <b>Последующие дисциплины</b>    |   |  |   |   |   |
| 1.                               | Технология кремниевой нанoeлектроники   | +  | + | + | + |
| 2.                               | Моделирование и проектирование микро- и наносистем                                | +  | + | + | + |
| 3.                               | Ионно-плазменные технологии изготовления микро- и наноструктур (ГПО 2)            | +  | + | + | + |
| 4.                               | Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)                        | +  | + | + | + |
| 5.                               | Технологическое оборудование микро- и нанотехнологий (ГПО 4)                      | +  | + | + | + |
| 6.                               | Учебно-исследовательская работа в семестре  | +  | + | + | + |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий |     | Формы контроля   |
|----------------------|--------------|-----|--|
|                      | ПЗ           | СРС |  |
| ОПК-7                | +            | +   | Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО |
| ПК-2                 | +            | +   | Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО |
| ПК-3                 | +            | +   | 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   | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|
| 1.    | 1                    | Введение. Нанотехнологии. Этапы развития нанотехнологий. Перспективы опасности развития нанотехнологий и наноматериалов. Российские Нобелевские лауреаты в области нанотехнологий и их достижения. Нанотехнологии и наноматериалы в России. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий. О возможных негативных последствиях нанотехнологий и наночастиц.   | 12                  | ОПК-7; ПК-2,3           |
| 2.    | 2                    | Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование. Общие сведения о наноразмерных структурах. Особенности свойств наноструктур. Термодинамические свойства. Свойства проводимости. Магнитные свойства.  | 30                  | ОПК-7; ПК-2,3           |
| 3.    | 3                    | Инструментальные средства нанотехнологий: основы технологии изготовления наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия. Нанолитография. Самоорганизация наночастиц.   | 30                  | ОПК-7; ПК-2,3           |
| 4.    | 4                    | Инструментальные средства нанотехнологий: методы исследования наноструктур. Электронная микроскопия. сканирующая зондовая микроскопия. Рентгеновский анализ. Оптическая микроскопия. Систематизация и оформление результатов, подготовка материалов в виде научного отчета. Подготовка и оформление материалов исследований в виде публикаций. Подготовка устного выступления и презентация. Публичная защита отчета. | 30                  | ОПК-7; ПК-2,3           |

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы (детализация)           | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы                   |
|-------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|--|
| 1.    | 1-4                  | Изучение и анализ литературы                            | 40                  | ОПК-7; ПК-2,3           | Опрос на практических занятиях               |
| 2.    | 1-4                  | Выполнение и защита индивидуального творческого задания | 60                  | ОПК-7; ПК-2,3           | Отчет по индивидуальному творческому занятию |
| 3.    | 1-4                  | Выполнение и защита отчета по ГПО                       | 14                  | ОПК-7; ПК-2,3           | 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                |
| <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)   |
| 65 – 69                               |  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)       | 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>.

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

### **12.1 Основная литература**

1. Марголин, В.И. Введение в нанотехнологию. [Электронный ресурс] / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 464 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4310>

2. Нанoeлектроника: учеб. пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 88 с. <https://edu.tusur.ru/training/publications/537>

### **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. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4607>

### **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: температурные 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., терраметр 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 Infracalor FT-801 с приставкой на отражение – 1 шт., монохроматор МДР-23 – 1 шт., спектральный лазерный эллипсомерт 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.

### **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.

## **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.

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  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИИ (ГПО 1)**

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 2 Семестр 4

Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.

Диф. зачет 4 семестр

**Разработчик:**

Ассистент кафедры ФЭ

\_\_\_\_\_ / В.В. Каранский

Томск 2017

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» 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 «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов. Перечень закрепленных за дисциплиной «Инструментальное обеспечение в нанотехнологии (ГПО 1)» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код   | Формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции  |
|-------|---|---|
| ОПК-7 | способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; | <i>знает</i> основы инструментального обеспечения в нанотехнологии;<br><i>знает</i> оборудование и технологии формирования наноструктур;<br><i>умеет</i> использовать современное оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет</i> учитывать современные тенденции развития электроники;<br><i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.  |
| ПК-2  | готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;  | <i>знает</i> методы исследования наноструктур;<br><i>знает</i> численные методы при использовании моделей;<br><i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей;<br><i>владеет</i> методами использования информационных технологий в моделировании;<br><i>иметь опыт</i> построения математических моделей некоторых конкретных физических объектов. |
| ПК-3  | готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.                              | <i>знает</i> правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.<br><i>знает</i> основные численные методы, используемые в математическом моделировании;<br><i>умеет</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;<br><i>владеет</i> системным подходом к анализу результатов научных исследований;<br><i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.   |

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 Компетенция ОПК-7

**ОПК-7** способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

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   |
|---|--|---|---|
| <b>Содержание этапов</b>                | <i>знает</i> основы инструментального обеспечения в нанотехнологии;<br><i>знает</i> оборудование и технологии формирования наноструктур; | <i>умеет</i> использовать современное оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет</i> учитывать современные тенденции развития электроники; | <i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники. |
| <b>Виды занятий</b>                     | Практические занятия;<br>Групповые консультации  | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа   | Самостоятельная работа  |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | 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  |
|--|---|---|--|
| <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

| Показатели и критерии            | Знать   | Уметь   | Владеть   |
|----------------------------------|---|---|---|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b> | <i>знает</i> современные тенденции развития электроники;<br><i>знает</i> основы инструментального обеспечения в нанотехнологии;<br><i>знает</i> оборудование для формирования наноструктур. | <i>умеет использовать</i> современное оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет выбирать</i> оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет подготавливать</i> оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет учитывать</i> современные тенденции развития электроники при формировании наноструктур. | <i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники. |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Хорошо<br/>(базовый уровень)</b>              | <i>знает</i> современные тенденции развития электроники;<br><i>знает</i> основы инструментального обеспечения в нанотехнологии;<br><i>знает</i> базовое оборудование для формирования наноструктур. | <i>умеет использовать</i> современное оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет выбирать</i> оборудование для формирования наноструктур;<br><i>умеет подготавливать</i> базовое оборудование для формирования наноструктур. | <i>иметь опыт</i> работы базовым оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.                               |
| <b>Удовлетворительно<br/>(пороговый уровень)</b> | <i>знает</i> современные тенденции развития электроники;<br><i>знает</i> базовое оборудование для формирования наноструктур.  | <i>выбирает</i> оборудование для формирования наноструктур под руководством руководителя.   | <i>иметь опыт</i> работы базовым оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники под руководством руководителя. |

## 2.2 Компетенция ПК-2

**ПК-2** готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу 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 2.4.

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> методы исследования наноструктур;<br><i>знает</i> численные методы при использовании моделей. | <i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей. | <i>владеет</i> методами использования информационных технологий в моделировании;<br><i>иметь опыт</i> построения математических моделей некоторых конкретных физических объектов. |
| <b>Виды занятий</b>                     | Практические занятия;<br>Групповые консультации  | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа  | Самостоятельная работа  |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | 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 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии                            | Знать   | Уметь  | Владеть   |
|--|---|--|---|
| <b>Отлично<br/>(высокий уровень)</b>             | <i>знает</i> методы исследования наноструктур;<br><i>знает</i> численные методы при использовании моделей нано- и микросистемной техники;<br><i>знает</i> технологию формирования наноструктур. | <i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных объектов нано- и микросистемной техники;<br><i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов нано- и микросистемной техники на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> выбирать численный метод при использовании модели. | <i>владеет</i> методами использования информационных технологий в моделировании;<br><i>иметь опыт</i> построения математических моделей объектов нано- и микросистемной техники;<br>классифицирует численные методы при использовании моделей нано- и микросистемной техники. |
| <b>Хорошо<br/>(базовый уровень)</b>              | <i>знает</i> основные группы численных методов;<br><i>знает</i> технологию формирования наноструктур.   | <i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов нано- и микросистемной техники на основе экспериментального исследования их характеристик;<br><i>умеет</i> выбирать численный метод при использовании модели.  | <i>владеет</i> методами использования информационных технологий в моделировании;<br><i>иметь опыт</i> построения математических моделей базовых объектов нано- и микросистемной техники;  |
| <b>Удовлетворительно<br/>(пороговый уровень)</b> | <i>знает</i> основные группы численных методов при использовании моделей нано- и микросистемной техники.  | <i>умеет</i> определять основные параметры физических моделей объектов нано- и микросистемной техники на основе экспериментального исследования их характеристик под руководством руководителя.  | <i>иметь опыт</i> построения математических моделей базовых объектов нано- и микросистемной техники под руководством руководителя.  |

## 2.2 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 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

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

|  |                            |        |  |
|--|----------------------------|--------|--|
|  | задание (защита);<br>Зачет | работы |  |
|--|----------------------------|--------|--|

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<br/>(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 прямыми и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники. |
| <b>Хорошо<br/>(базовый уровень)</b>              | <i>представляет</i> свои труды в виде материалов докладов конференций; <i>знает</i> основные требования оформления библиографических ссылок при написании научного отчета и публикаций.  | <i>рассчитывает</i> погрешности результатов прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники. | <i>демонстрирует</i> системный подход к анализу результатов научных исследований материалов и компонентов, используемых для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.    |
| <b>Удовлетворительно<br/>(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.   |

### 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. Этапы развития нанотехнологий.
2. Нанотехнологии и наноматериалы в России.
3. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование
4. Особенности свойств наноструктур.
5. Инструментальные средства нанотехнологий: основы технологии изготовления наноструктур.
6. Инструментальные средства нанотехнологий: методы исследования наноструктур.



7. Электронная микроскопия.
8. Сканирующая зондовая микроскопия.
9. Рентгеновский анализ.
10. Оптическая микроскопия.

### **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. Марголин, В.И. Введение в нанотехнологию. [Электронный ресурс] / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 464 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4310>
2. Нанoeлектроника: учеб. пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 88 с. <https://edu.tusur.ru/training/publications/537>

### **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. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4607>

### **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/>