

## 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

### ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР (ГПО 3)

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 3 Семестр 6Учебный 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 6 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 «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, физико-химических, оптических и спектральных свойств наноматериалов и наносистем, усвоение фундаментальных принципов, на которых строится функционирование приборов для исследований, формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Задачей изучения дисциплины «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» являются знакомство с конструкцией исследовательской аппаратуры, условиями эксплуатации, современными методами исследований, освоение студентами основных принципов работы с приборами, получение практических навыков при проведении исследований.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

В соответствии с ОПОП дисциплина «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (Б1.В.ДВ.6.2).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: физика конденсированного состояния, материаловедение наноструктурированных материалов, физика полупроводников, методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2), технология материалов микро- и нанoeлектроники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: технологическое оборудование микро- и нанотехнологий (ГПО 4), учебно-исследовательская работа в семестре, методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем, физика пленочных наноструктур, моделирование и проектирование микро- и наносистем, процессы микро- и нанотехнологии.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

- 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);
- готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

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

**знать:**

- физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем, условия реализации и границы применения этих методов;
- тенденции развития методов характеристики материалов и наноструктур.

**уметь:**

- выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств наноструктур;

**владеть:**

- методами эффективного поиска информации по современным методам исследований, о перспективных направлениях развития устройств для изучения и анализа наноструктур.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
<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.	Электрофизические методы измерений и контроля.	-	30	40	70	ПК-2; ПК-3; ПК-9
2.	Оптические методы измерений.	-	30	30	60	ПК-2; ПК-3; ПК-9
3.	Физико-аналитические методы измерений.	-	30	30	60	ПК-2; ПК-3; ПК-9
4.	Методы межоперационного контроля в производстве сверхбольших интегральных схем.	-	12	14	26	ПК-2; ПК-3; ПК-9
<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.	физика конденсированного состояния	+	+	+	+
2.	материаловедение наноструктурированных материалов	+	+	+	+
3.	физика полупроводников	+	+	+	+
4.	методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2)	+	+	+	+
5.	технология материалов микро- и нанoeлектроники	+	+	+	+
<b>Последующие дисциплины</b>					
1.	методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	+	+	+	+
2.	физика пленочных наноструктур	+	+	+	+
3.	моделирование и проектирование микро- и наносистем	+	+	+	+
4.	процессы микро- и нанотехнологии	+	+	+	+
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	
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
ПК-9	+	+	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	Трудоёмкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Электрофизические методы измерений и контроля: методы измерения поверхностного и удельного сопротивления, методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда, методы измерения параметров неравновесных носителей заряда, методы исследования характеристик диэлектриков и границы диэлектрик-полупроводник (МДП структуры).	30	ПК-2; ПК-3; ПК-9
2.	2	Оптические методы измерений: методы измерения толщины полупроводниковых слоев, слоев металла, диэлектрических пленок, методы измерения рельефа поверхности (интерферометрия в видимом ИК-свете, ИК-Фурье спектроскопия, эллипсометрия).	30	ПК-2; ПК-3; ПК-9
3.	3	Физико-аналитические методы измерений: методы измерения концентрации примесей и топография поверхности и кристаллической структуры (ультрафиолетовая и рентгеновская спектроскопия, Оже-спектроскопия, рентгеновский микроанализ, масс-спектроскопия вторичных ионов, спектроскопия комбинационного рассеяния света, просвечивающая и растровая электронная микроскопия, дифракционные методы.)	30	ПК-2; ПК-3; ПК-9
4.	4	Методы межоперационного контроля в производстве сверхбольших интегральных схем, в том числе методы тестового контроля. Методы статистической обработки результатов измерений. 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.	12	ПК-2; ПК-3; ПК-9

## 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	ПК-2,3,9	Опрос на практических занятиях
2.	1-4	Выполнение и защита индивидуального творческого задания	60	ПК-2,3,9	Отчет по индивидуальному творческому занятию
3.	1-4	Выполнение и защита отчета по ГПО	14	ПК-2,3,9	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	60 – 64	E (посредственно)
	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

### Вопросы для подготовки к зачету:

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения

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

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

### **12.1 Основная литература**

1. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем: учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2010. - 115 с. (6)

2. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических 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 нанотехнология", 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)

### **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 E7-8 – 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 E7-20 – 1 шт., терраометр Е6-13 – 1 шт., печь лабораторная – 2 шт., прибор для исследования пробы 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 E7-20 – 1 шт.

Состав оборудования ауд. 216: Оптический УФ спектрометр USB2000 – 1 шт., ИК Фурье-спектрометр Infracam 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 E7-20 – 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  
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР  
(ГПО 3)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат \_\_\_\_\_  
Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» \_\_\_\_\_  
Направленность (профиль) Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике \_\_\_\_\_  
Форма обучения очная \_\_\_\_\_  
Факультет электронной техники (ФЭТ) \_\_\_\_\_  
Кафедра физической электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_  
Курс 3 Семестр 6

Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.

Диф. зачет 6 семестр

Разработчик:

Ассистент кафедры ФЭ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ / В.В. Каранский

Томск 2017

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» 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 «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов. Перечень закрепленных за дисциплиной «Электрофизические методы исследования наноструктур (ГПО 3)» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-2	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	<i>знает</i> физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем, условия реализации и границы применения этих методов; <i>знает</i> тенденции развития методов характеристики материалов и наноструктур; <i>умеет</i> выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств наноструктур; <i>владеет</i> методами эффективного поиска информации по современным методам исследований, о перспективных направлениях развития устройств для изучения и анализа наноструктур.
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. <i>умеет</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; <i>владеет</i> системным подходом к анализу результатов научных исследований; <i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.
ПК-9	готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	<i>знает</i> базовое контрольно-измерительное оборудование; <i>умеет</i> использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для исследования материалов нано- и микросистемной техники; <i>иметь опыт</i> работы с базовым контрольно-измерительным оборудованием для исследования материалов нано- и микросистемной техники.

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 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 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	<i>знает</i> физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем, условия реализации и границы применения этих методов; <i>знает</i> тенденции развития методов характеристики материалов и наноструктур.	<i>умеет</i> выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств наноструктур;	<i>владеет</i> методами эффективного поиска информации по современным методам исследований, о перспективных направлениях развития устройств для изучения и анализа наноструктур.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

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

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> физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем; <i>знает</i> условия реализации основных эксперименталь-	<i>умеет</i> выбирать оптимальные методы исследования необходимых свойств наноструктур; <i>умеет</i> выбирать оптимальные методы диагностики необходимых свойств наноструктур; <i>умеет</i> проводить экспери-	<i>владеет</i> методами эффективного поиска информации по современным методам исследований компонентов и материалов нано- и микросистемной техники; <i>владеет</i> методиками экспериментального исследования материалов и компо-

	ных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем; <i>знает</i> границы применения методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем; <i>знает</i> современные тенденции развития методов характеристики материалов и наноструктур.	ментальные исследования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	нентов нано- и микросистемной техники.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>знает</i> физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем; <i>знает</i> условия реализации основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем.	<i>умеет</i> выбирать оптимальные методы исследования необходимых свойств наноструктур; <i>умеет</i> проводить экспериментальные исследования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	<i>владеет</i> основными методами эффективного поиска информации по современным методам исследований компонентов и материалов нано- и микросистемной техники; <i>владеет</i> основными методиками экспериментального исследования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>знает</i> физические принципы базовых экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем.	<i>умеет</i> проводить экспериментальные исследования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники под руководством руководителя.	<i>имеет опыт</i> экспериментального исследования материалов и компонентов 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 2.4.

Таблица 2.4 – 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. <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; <i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые</b>	Опрос на практическом заня-	Индивидуальное задание	Конспект самостоятельной

<b>средства оценивания</b>	тии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	(выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	работы; Зачет
----------------------------	--	--	------------------

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

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

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

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

## 2.2 Компетенция ПК-9

**ПК-9** готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства 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 2.6.

Таблица 2.6 – 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> базовое контрольно-измерительное оборудование;	<i>умеет</i> использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для исследования материалов нано- и микросистемной техники;	<i>иметь опыт</i> работы с базовым контрольно-измерительным оборудованием для исследования материалов нано- и микросистем-

			ной техники.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

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

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

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>знает</i> современное базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> современное базовое контрольно-измерительное оборудование для промышленного производства материалов нано- и микросистемной техники.	<i>умеет использовать</i> современное базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники; <i>умеет подготавливать</i> базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники.	<i>иметь опыт</i> работы с современным базовым контрольно-измерительным оборудованием для исследований материалов нано- и микросистемной техники.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>знает</i> современное базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники.	<i>умеет использовать</i> базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники; <i>умеет подготавливать</i> базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники.	<i>иметь опыт</i> работы с базовым контрольно-измерительным оборудованием для исследований материалов нано- и микросистемной техники.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>знает</i> базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники.	<i>подготавливает</i> базовое контрольно-измерительное оборудование для исследований материалов нано- и микросистемной техники под руководством руководителя.	<i>иметь опыт</i> работы с базовым контрольно-измерительным оборудованием для исследований материалов нано- и микросистемной техники под руководством руководителя.

### 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. Электрофизические методы измерения и контроля наноструктур.
2. Методы измерения поверхностного и удельного сопротивления.
3. Оптические методы измерений наноструктур.
4. ИК-Фурье спектроскопия.
5. Эллипсометрия.
6. Оже-спектроскопия.
7. Рентгеновский микроанализ.
8. Просвечивающая электронная микроскопия.
9. Растровая электронная микроскопия.
10. Дифракционные методы исследования 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. Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2010. - 115 с. (6)
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)

### **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)

### **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/>