

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

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

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Квантовая и оптическая электроника**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	10	10	часов
3	Лабораторные занятия	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	40	40	часов
5	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
6	Самостоятельная работа	32	32	часов
7	Всего (без экзамена)	72	72	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

доцент каф. ЭП

\_\_\_\_\_ Быков В. И.

Заведующий обеспечивающей каф.

ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

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

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.

ФЭ

\_\_\_\_\_ Троян П. Е.

Эксперты:

доцент кафедра физической  
электроники

\_\_\_\_\_ Чистоедова И. А.

председатель методической  
комиссии кафедры ЭП, профессор  
каф. ЭП

\_\_\_\_\_ Орликов Л. Н.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах квантовой и оптической электроники, которая является важным компонентом профессионального блока подготовки бакалавров по направлению "квантовая и оптическая электроника".

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники;
- изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники;
- изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.
- 

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» (Б1. Дисциплины (модули)) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Квантовая механика, Математика, Методы математической физики, Твердотельная электроника, Физика, Физика конденсированного состояния, Физика пленочных наноструктур, Физика полупроводников, Физико-химия наноструктурированных материалов, Физические основы микро- и нанoeлектроники, Элементы и приборы нанoeлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Технология кремниевой нанoeлектроники, Физические основы микро- и наносистемной техники.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;
- ПК-2 готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** основные приемы обработки экспериментальных данных; различные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов и устройств электроники;
- **уметь** применять основные приемы обработки экспериментальных данных в различных ситуациях; выбирать наиболее эффективную методику исследований;
- **владеть** навыками работы с программными средствами обработки информации; навыками работы с измерительным оборудованием, необходимым для проведения исследований параметров и характеристик приборов и устройств.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	40	40
Лекции	18	18
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	12	12

Из них в интерактивной форме	8	8
Самостоятельная работа (всего)	32	32
Подготовка к контрольным работам	4	4
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	14	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	6
Всего (без экзамена)	72	72
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3.0	3.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Описание квантовых ансамблей	6	6	0	10	22	ОПК-5, ПК-2
2 Общие вопросы построения лазеров	8	2	4	10	24	ОПК-5, ПК-2
3 Элементы оптоэлектроники	4	2	8	12	26	ОПК-5, ПК-2
Итого за семестр	18	10	12	32	72	
Итого	18	10	12	32	72	

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

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.	6	ОПК-5, ПК-2
	Итого	6	

2 Общие вопросы построения лазеров	Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение Спектральной линии. Твердотельный лазер. Режимы работы. Газовый лазер	8	ОПК-5, ПК-2
	Итого	8	
3 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин		
	1	2	3
Предшествующие дисциплины			
1 Квантовая механика	+	+	
2 Математика	+	+	+
3 Методы математической физики	+	+	
4 Твердотельная электроника	+	+	+
5 Физика	+	+	+
6 Физика конденсированного состояния	+	+	
7 Физика пленочных наноструктур			+
8 Физика полупроводников		+	+
9 Физико-химия наноструктурированных материалов			+
10 Физические основы микро- и наноэлектроники	+		+
11 Элементы и приборы наноэлектроники			+
Последующие дисциплины			
1 Технология кремниевой наноэлектроники	+		+
2 Физические основы микро- и наносистемной техники	+		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-5	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
7 семестр			
Решение ситуационных задач	2		2
Работа в команде	2		2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		4	4
Итого за семестр:	4	4	8
Итого	4	4	8

### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Общие вопросы построения лазеров	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
3 Элементы оптоэлектроники	Полупроводниковые детекторы	4	ОПК-5,

	оптического излучения		ПК-2
	Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		12	

### 8. Практические занятия (семинары)

Тематика практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Тематика практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Тема практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах. Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	6	ОПК-5, ПК-2
	Итого	6	
2 Общие вопросы построения лазеров	Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
3 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		10	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Описание квантовых ансамблей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-5, ПК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Подготовка к контрольным работам	2		

	Итого	10		
2 Общие вопросы построения лазеров	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	10		
3 Элементы оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	12		
Итого за семестр		32		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		68		

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

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
7 семестр				
Конспект самоподготовки	8	8	4	20
Контрольная работа	6	6	8	20
Опрос на занятиях	3	6	1	10
Отчет по лабораторной работе	10	10		20
Итого максимум за период	27	30	13	70
Экзамен				30



Нарастающим итогом	27	57	70	100
--------------------	----	----	----	-----

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

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)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

3. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1578>, дата обращения: 07.02.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/713>, дата обращения: 07.02.2017.

## 12.3 Учебно-методические пособия

### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3984>, дата обращения: 07.02.2017.

2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3985>, дата обращения: 07.02.2017.

3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3986>, дата обращения: 07.02.2017.

4. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3987>, дата обращения: 07.02.2017.

5. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3988>, дата обращения: 07.02.2017.

6. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. - 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3483>, дата обращения: 07.02.2017.

7. Квантовая и оптическая электроника : Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Шангина Л. И. - 2012. 228 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/714>, дата обращения: 07.02.2017.

### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются 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.

## 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Библиотека университета

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций,

текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

### **13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий**

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 110. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.;

### **13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ**

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 111. Состав оборудования: Учебная мебель; лабораторные стенды.

### **13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 5 этаж, ауд. 511. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 10 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

## **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 видеоувеличителей 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,	Преимущественно письменная проверка

	контрольные работы	
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:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- 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:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- 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.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Квантовая и оптическая электроника**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

– доцент каф. ЭП Быков В. И.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Должен знать основные приемы обработки экспериментальных данных; различные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов и устройств электроники;
ПК-2	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Должен уметь применять основные приемы обработки экспериментальных данных в различных ситуациях; выбирать наиболее эффективную методику исследований;; Должен владеть навыками работы с программными средствами обработки информации; навыками работы с измерительным оборудованием, необходимым для проведения исследований параметров и характеристик приборов и устройств.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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, приспособливает 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

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-5

ОПК-5: способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные приемы обработки экспериментальных данных для задач квантовой и оптической электроники	применять основные приемы обработки экспериментальных данных в различных ситуациях квантовой и оптической электроники;	навыками работы с программными средствами обработки информации
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные практические занятия;</li><li>• Интерактивные лекции;</li><li>• Практические занятия;</li><li>• Лабораторные занятия;</li><li>• Лекции;</li><li>• Самостоятельная работа;</li><li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные практические занятия;</li><li>• Интерактивные лекции;</li><li>• Практические занятия;</li><li>• Лабораторные занятия;</li><li>• Лекции;</li><li>• Самостоятельная работа;</li><li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные практические занятия;</li><li>• Лабораторные занятия;</li><li>• Самостоятельная работа;</li></ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"><li>• Контрольная работа;</li><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Опрос на занятиях;</li><li>• Конспект самоподготовки;</li><li>• Экзамен;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Контрольная работа;</li><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Опрос на занятиях;</li><li>• Конспект самоподготовки;</li><li>• Экзамен;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Экзамен;</li></ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"><li>• основные приемы обработки экспериментальных данных и условия их применения для задач квантовой и оптической электроники;;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• умеет выбрать и реализовать способ обработки результатов в зависимости от ситуации и задачи квантовой и оптической электроники;;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• способен корректно оценить проделанную работу; свободно владеет программными средствами обработки данных; владеет приемами использования оптоэлектроники для решения различных экспериментальных</li></ul>

			задач;;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основные приемы обработки результатов эксперимента с использованием понятий и принципов квантовой и оптической электроники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• умеет применять основные приемы обработки экспериментальных данных для задач квантовой и оптической электроники;;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уверенно применяет программные средства обработки данных;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• некоторые приемы обработки информации с использованием оптоэлектроники;;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• умеет применять несложные приемы обработки данных в типичных ситуациях;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• применяет стандартные программные средства в простых случаях;</li> </ul>

## 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. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	различные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов и устройств электроники	выбирать наиболее эффективную методику исследований	навыками работы с измерительным оборудованием, необходимым для проведения исследований параметров и характеристик приборов и устройств
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в



таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>различные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов и устройств, а также условия их применения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>усовершенствовать методику исследования в нестандартной ситуации;</li> <li>самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>критически осмысливает полученные результаты;</li> <li>способен разработать план эксперимента и организовать работу команды;</li> <li>уверенно работает с измерительным оборудованием;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>основные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>выбрать методику исследований в незнакомых ситуациях;</li> <li>умеет сформулировать требования к оборудованию для выполнения эксперимента;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>способен организовать работу команды;</li> <li>владеет навыками работы с измерительным оборудованием;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>простейшие экспериментальные методики исследования различных параметров приборов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>выполнять стандартные исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>работает с оборудованием в стандартных ситуациях;</li> </ul>

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Вопросы на самоподготовку

– Укажите диапазоны длин волн ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов оптического излучения. Назовите основные световые и энергетические характеристики оптического излучения. Охарактеризуйте основные типы переходов между энергетическими уровнями в квантовой системе и назовите виды вынужденных переходов. Напишите условие инверсионной населенности и проведите классификацию методов энергетической накачки активных среде. Объясните работу оптического резонатора и напишите условие самовозбуждения лазера. Приведите структурную схему лазера, объясните назначение элементов и приведите основные оптические и электрические параметры лазеров. Объясните принцип работы твердотельного рубинового лазера, укажите его основные параметры. Приведите энергетическую диаграмму газового He-Ne лазера и объясните принцип его работы. Объясните принцип работы молекулярного CO<sub>2</sub> - лазера и ионного лазеров, назовите их основные параметры и области использования.

– Принцип усиления ЭМИ Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Гармонические волны Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении ЭМ плоские волны Поляризация плоских волн Закон сохранения энергии. Вектор Пойнтинга Волновой пакет. Групповая скорость

#### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах. Описание

квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения. Планарные оптические волноводы

### 3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Принцип усиления ЭМИ 2. Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния. 3. Схемы функционирования твердотельных лазеров. 1. Лазер с синхронизацией мод генерирует периодическую последовательность импульсов с длительностью 10-10с и частотой повторения 100 МГц и имеет среднюю мощность 100 мВт. Определите мощность излучения и энергию в импульсе. 2. Вывести систему уравнений баланса, соответствующую термостатированному ансамблю частиц с тремя энергетическими уровнями. Принять, что поле накачки индуцирует переходы между уровнями 1 и 3 с вероятностью  $W_{13}$  для одной частицы в единицу времени; учесть спонтанные переходы. 3. Плоская монохроматическая электромагнитная волна, распространяющаяся вдоль оси z, имеет равные по амплитуде и сдвинутые по фазе на  $-\pi/2$  проекции вектора электрической напряженности на оси x и y. Определите вид поляризации данной волны.

### 3.4 Темы контрольных работ

– Для термостатированного ансамбля, находящегося в состоянии релаксации, запишите уравнение, описывающее эволюцию недиагонального элемента  $\rho_{12}(t)$  и найдите его общее решение.

### 3.5 Темы лабораторных работ

- Исследование основных параметров полупроводникового лазера
- Полупроводниковые детекторы оптического излучения
- Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.

## 4 Методические материалы

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

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

3. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1578>, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Мальшев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/713>, свободный.

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И.,

Щербина В. В. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3984>, свободный.

2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3985>, свободный.

3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3986>, свободный.

4. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3987>, свободный.

5. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3988>, свободный.

6. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. - 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3483>, свободный.

7. Квантовая и оптическая электроника : Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Шангина Л. И. - 2012. 228 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/714>, свободный.

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

1. Библиотека университета