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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы оптоэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	18	18	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6	Самостоятельная работа	48	48	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21180

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 2 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	В. Н. Давыдов
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

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

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	_____	С. Н. Шарангович

Эксперт:

профессор кафедра электронных приборов	_____	Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 21180

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» является

- освоение студентами основных физических принципов функционирования базовых элементов оптоэлектроники;

- формирование у студентов навыка применения полученных знаний для грамотной эксплуатации и разработки перспективных приборов и устройств оптоэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачами изучения дисциплины являются:

– - формирование у студентов структуры основных физических явлений, положенных в основу работы фотоприемных элементов, излучающих диодов и полупроводниковых лазе-ров, жидкокристаллических индикаторов;

– - умение анализировать механизмы формирования шума в полупроводниковых элементах оптоэлектроники и минимизировать их выборов условий измерения;

– - понимание студентами физического содержания основных параметров и характеристик, используемых для оценки эксплуатационных свойств приборов оптоэлектроники, и умение использовать эти параметры в расчетно-проектной и экспериментально-исследовательской деятельности.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы оптоэлектроники» (Б1.В.ДВ.5.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математический анализ, Теория электрических цепей, Физика, Электроника.

Последующими дисциплинами являются: Математические методы описания сигналов, Теория вероятностей и математическая статистика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-17 способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** - основные физические явления; фундаментальные понятия, законы и теории современной физики; современную измерительную аппаратуру; - основы физики взаимодействия света с твердым телом, физические принципы работы фотоприемных элементов на основе полупроводников, твердотельных светоизлучающих элементов, жидкокристаллических устройств отображения информации; - физические причины возникновения флуктуаций параметров твердотельных приборов, ограничивающих минимальный уровень информационных сигналов в фоторегистрационных устройствах оптоэлектроники; - основные параметры и характеристики твердотельных приборов современной оптоэлектроники; - основные законы и соотношения теории вероятностей и математической статистики, со-временного математического аппарата для описания шумов в твердотельных электронных приборах ; - метрологические принципы и владеть навыками инструментальных измерений, используемых в инфокоммуникационных технологиях и системах оптической связи;

– **уметь** - логически верно, аргументировано и ясно строить свою устную и письменную речь; - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в расчетно-проектной и экспериментально-исследовательской видах деятельности; - применять на практике известные методы экспериментального исследования опто-

Согласована на портале № 21180

электронных элементов и устройств;

– **владеть** - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; - методами теории вероятностей по расчету шумовых свойств полупроводниковых приборов оптоэлектроники; - навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптоэлектронных и устройств ; - навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных элементов и приборов и с контрольно-измерительной аппаратурой.

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
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Лекции	24	24
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	18	18
Из них в интерактивной форме	12	12
Самостоятельная работа (всего)	48	48
Оформление отчетов по лабораторным работам	17	17
Проработка лекционного материала	8	8
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	6
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	17	17
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость ч	108	108
Зачетные Единицы	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
3 семестр						
1 Введение: физические основы оптоэлектроники	2	2	0	3	7	ПК-17, ПК-7
2 Элементы зонной теории твердых тел	2	2	4	7	15	ПК-17, ПК-7
3 Взаимодействие оптического излуче-	4	2	0	3	9	ПК-17, ПК-7

Согласована на портале № 21180

ния с веществом						
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	4	2	4	10	20	ПК-17, ПК-7
5 Эмиссия излучения из твердых тел.	4	2	6	11	23	ПК-17, ПК-7
6 Флуктуационные процессы в полупроводниках	4	2	4	6	16	ПК-17, ПК-7
7 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	2	2	0	3	7	ПК-17, ПК-7
8 Перспективы развития оптоэлектроники	2	4	0	5	11	ПК-17, ПК-7
Итого за семестр	24	18	18	48	108	
Итого	24	18	18	48	108	

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
3 семестр			
1 Введение: физические основы оптоэлектроники	Вводные замечания о причинах появления научно-технического направления "Оптоэлектроника"	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
2 Элементы зонной теории твердых тел	Электропроводность кристаллов и попытки её объяснения классической электронной теорией. Зонная структура, образование зон из атомных уровней. Модель Зоммерфельда и модель Блоха. Понятие зоны проводимости, запрещённой зоны и валентной зоны, их связь с представлениями о строении кристаллических тел. Понятие квазиимпульса электрона. Плотность состояний, концентрации носителей в зонах. Распределение частиц по энергии Ферми. Положительные подвижные частицы: понятие о дырке. Движение электронов и дырок в кристалле под действием электрического поля. Энергетическое представление о токопротекании в твердом теле	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	Основные параметры и характеристики взаимодействия из-лучения с веществом: коэффициенты поглощения и	4	ПК-17, ПК-7

Согласована на портале № 21180

	отражения, спектры поглощения и отражения. Закон Бугера - Ламберта. Параметры и характеристики, описывающие взаимодействие света и твердого тела. Типы механизмов поглощения излучения.		
	Итого	4	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Понятие скорости генерации и скорости рекомбинации носителей заряда. Основные параметры, характеризующие изменение состояние вещества при поглощении излучения: времена релаксации концентраций свободных носителей заряда, квантовый выход фотоэффекта. Основное выражение для расчета фотоэдс в полупроводниках. Роль неосновных носителей заряда в формировании фотоэффектов. Барьерная фотоэдс в p-n переходах.	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
5 Эмиссия излучения из твердых тел.	Основные понятия теории шумов: типы шумов и физические причины их появления, дисперсия и плотности вероятностей. Метод Фурье, спектральная плотность вероятности. Основные виды распределения плотности вероятности случайного процесса. Численные оценки шумов в фоторезисторных приемниках оптического излучения.	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
6 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Излучательные процессы в полупроводниках. Внутренняя и внешняя квантовые эффективности процесса генерации излучения. Разновидности люминесценций. Спонтанное и вынужденное излучение атома, связь между ними. Критерии возникновения лазерного излучения в полупроводниковых структурах. Физические процессы в полупроводниковых лазерах. Принцип работы инжекционных лазеров и светодиодов на основе p-n переходов	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
7 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Классификация жидких кристаллов. Основные физические свойства и структура нематиков, холестериков, смектиков. Ориентационные эффекты в жидких кристаллах. Переход Фредерикса и эффект “гость-хозяин”. Типы оптических ячеек, их подготовка. Основные оптические эффекты в нема-	2	ПК-17, ПК-7

Согласована на портале № 21180

	тических кристаллах. Принцип работы оптической ячейки на S-эффекте. Оптические свойства холестериков. Принципы управления свойствами жидких кристаллов и их применение в оптоэлектронике: оптические транспаранты, ЖК – дефлекторы и ЖК - модуляторы		
	Итого	2	
8 Перспективы развития оптоэлектроники	Перспективы развития оптоэлектроники : основные направления.	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
Итого за семестр		24	

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 представлены 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	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Математический анализ		+	+	+	+	+		
2 Теория электрических цепей		+	+	+	+	+	+	
3 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1 Математические методы описания сигналов		+	+	+	+	+	+	
2 Теория вероятностей и математическая статистика		+	+	+	+	+	+	

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 работы	Самостоятельная работа	

Согласована на портале № 21180

ПК-7	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Реферат, Отчет по практическому занятию
ПК-17	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Реферат, Отчет по практическому занятию

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 лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
3 семестр				
Мозговой штурм	4		4	8
Мозговой штурм		4		4
Итого за семестр:	4	4	4	12
Итого	4	4	4	12

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
3 семестр			
2 Элементы зонной теории твердых тел	Измерение ширины запрещенной зоны	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Исследование фотопроводимости	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
5 Эмиссия излучения из твердых тел.	Исследование p-n перехода в приборах оптоэлектроники (часть 1)	6	ПК-17, ПК-7
	Итого	6	
6 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Исследование p-n перехода в приборах оптоэлектроники (часть 2)	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 21180

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение: физические основы оптоэлектроники	Решение задач на тему "Элементы зонной теории твердых тел"	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
2 Элементы зонной теории твердых тел	Решение задачи на токопротекание в полупроводниках	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	Решение задач на тему "Взаимодействие оптического излучения с веществом"	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Решение задач на тему "Фотопроводимость в полупроводгниках"	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
5 Эмиссия излучения из твердых тел.	Решение задач на тему "Эмиссия излучения из твердых тел".	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
6 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Решение задачи на определение величины шумового напряжения	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
7 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Решение задач на определение параметров жидкокристаллического модулятора	2	ПК-17, ПК-7
	Итого	2	
8 Перспективы развития оптоэлектроники	Перспективы развития оптоэлектроники	4	ПК-17, ПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

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
3 семестр				

Согласована на портале № 21180

1 Введение: физические основы оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
2 Элементы зонной теории твердых тел	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Реферат
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
5 Эмиссия излучения из твердых тел.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Реферат
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	11		
6 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практиче-

Согласована на портале № 21180

	Проработка лекционного материала	1		скому занятию
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	6		
7 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
8 Перспективы развития оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-17, ПК-7	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
Итого за семестр		48		
Итого		48		

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
3 семестр				
Опрос на занятиях	3	3	3	9
Отчет по лабораторной работе	12	12	12	36
Отчет по практическому занятию	8	8	9	25
Реферат	10	10	10	30
Итого максимум за период	33	33	34	100
Нарастающим итогом	33	66	100	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

Согласована на портале № 21180

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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	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. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, дата обращения: 01.06.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Микроэлектроника: Учебное пособие / Троян П. Е. - 2007. 349 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/539, дата обращения: 01.06.2017.

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. (для практических занятий и самостоятельной работе) [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, дата обращения: 01.06.2017.
2. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Учебное - методическое пособие к лабораторной работе по дисциплине «Физические основы оптоэлектроники» / Давыдов В. Н. - 2013. 10 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3559, дата обращения: 01.06.2017.
3. Исследование фотопроводимости в полупроводниках: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов направлений подготовки 200100.62 «Электроника и наноэлектроника» / Давыдов В. Н. - 2013. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3564, дата обращения: 01.06.2017.
4. Исследование свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе для студентов направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Давыдов В. Н. - 2013. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3560, дата обращения: 01.06.2017.

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

Согласована на портале № 21180

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. Учебная лаборатория (313 каб. и 215 каб. корпуса ФЭТ) оборудованы необходимыми ус-тановками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой ЭП.
2. Вычислительная лаборатория (ауд.511 корпуса РК) кафедры ЭП оснащена необходимым количеством персональных компьютеров, объединенных в локальную вычислительную сеть каф. ЭП с выходом в Internet.

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.; Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

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, 2 этаж, ауд. 215. Состав оборудования: Учебная мебель; Лабораторная установка для исследования фотоэлектрических свойств полупроводников: полевые и частотные свойства фотопроводимости и фотоэдс, а также лабораторная установка для измерения ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования.

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. - 4 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 ауди-

Согласована на портале № 21180

тория, 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, 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:

- 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.

Согласована на портале № 21180

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

Согласована на портале № 21180

Приложение 1

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

Физические основы оптоэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:
- профессор каф. ЭП В. Н. Давыдов

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21180

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
ПК-17	способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Должен знать - основные физические явления; фундаментальные понятия, законы и теории современной физики; современную измерительную аппаратуру; - основы физики взаимодействия света с твердым телом, физические принципы работы фотоприемных элементов на основе полупроводников, твердотельных светоизлучающих элементов, жидкокристаллических устройств отображения информации; - физические причины возникновения флуктуаций параметров твердотельных приборов, ограничивающих минимальный уровень информационных сигналов в фоторегистрационных устройствах оптоэлектроники; - основные параметры и характеристики твердотельных приборов современной оптоэлектроники; - основные законы и соотношения теории вероятностей и математической статистики, со-временного математического аппарата для описания шумов в твердотельных электронных приборах ; - метрологические принципы и владеть навыками инструментальных измерений, используемых в инфокоммуникационных технологиях и системах оптической связи; ; Должен уметь - логически верно, аргументировано и ясно строить свою устную и письменную речь; - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в расчетно-проектной и экспериментально-исследовательской видах деятельности; - применять на практике известные методы экспериментального исследования оптоэлектронных элементов и устройств; ;
ПК-7	готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	

Согласована на портале № 21180

		Должен владеть - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; - методами теории вероятностей по расчету шумовых свойств полупроводниковых приборов оптоэлектроники; - навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптоэлектронных и устройств ; - навыками практической работы с лабораторными образцами оптоэлектронных элементов и приборов и с контрольно-измерительной аппаратурой. ;

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, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-17

ПК-17: способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.

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	современные теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью создания новых перспективных средств	рационально применять в своей профессиональной деятельности современные теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи как в отечественном приборостроении, так и в за-	современными теоретическими и экспериментальными методами исследования систем оптической связи, используемых как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью создания новых перспек-

Согласована на портале № 21180

	электросвязи и информатики..	рубежном, с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.	тивных средств электросвязи и информатики.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;

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)	• современные теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.;	• рационально применять в своей профессиональной деятельности современные теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.;	• современными теоретическими и экспериментальными методами исследования систем оптической связи, используемых как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.;
Хорошо (базовый уровень)	• современные теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи в отечественном приборостроении с целью создания новых перспективных средств электросвязи. ;	• применять в своей деятельности теоретические и экспериментальные методы исследования систем оптической связи как в отечественном приборостроении, так и в зарубежном, с целью созда-	• современными теоретическими методами исследования систем связи, используемых в отечественном приборостроении, с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информати-

Согласована на портале № 21180

		ния новых перспективных средств электросвязи и информатики.;	ки.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• теоретические методы исследования систем связи в отечественном приборостроении с целью создания перспективных средств электросвязи.;	• применять в своей деятельности теоретические методы исследования систем оптической связи в отечественном приборостроении с целью создания новых средств электросвязи.;	• теоретическими методами исследования систем связи, используемых в отечественном приборостроении, с целью создания перспективных средств электросвязи.;

2.2 Компетенция ПК-7

ПК-7: готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

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	основные тенденции развития волоконно-оптических сетей в области телевидения и систем связи; Анализирует на основе информационного поиска связи между различными компонентами ВОЛС и понятиями в этой области; Знает основные основные возможности поисковых систем для реализации конкурентно-способных технических решений. объяснять принципы работы и физические эффекты, используемые для проектирования и создания оптических приёмных устройств преобразования и усиления оптических и электрических колебаний отечественного и зарубежного производства; Свободно владеет специальной терминологией, способами описания свойств сигналов и помех, а также общей методологией статистического анализа устройств обработки	объяснять и использовать в своей профессиональной деятельности принципы работы и физические эффекты, используемые для проектирования и создания оптических приёмных устройств преобразования и усиления оптических и электрических колебаний отечественного и зарубежного производства;	специальной терминологией, способами описания свойств сигналов и помех, а также общей методологией анализа устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах для обеспечения возможности изучения научно-технической информации, применения отечественного и зарубежного опыта в исследованиях, связанных со статистической теорией инфокоммуникационных систем.

Согласована на портале № 21180

	сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах для обеспечения возможности изучения научно-технической информации, применения отечественного и зарубежного опыта в исследованиях, связанных со статистической теорией инфокоммуникационных систем.		
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;

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)	• Знает основные тенденции развития волоконно-оптических сетей в области телевидения и систем связи; Анализирует на основе информационного поиска связи между различными компонентами ВОЛС и понятиями в этой области; Знает основные основные возможности поис-	• объяснять принципы работы и физические эффекты, используемые для проектирования и создания оптических приёмных устройств преобразования и усиления оптических и электрических колебаний отечественного и зарубежного производства;;	• специальной терминологией, способами описания свойств сигналов и помех, а также общей методологией статистического анализа устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах для обеспечения возможности изуче-

Согласована на портале № 21180

	ковых систем для реализации конкурентноспособных технических решений.;		ния научно-технической информации, применения отечественного и зарубежного опыта в исследованиях, связанных со статистической теорией инфокоммуникационных систем.;
Хорошо (базовый уровень)	• принципы построения и принципы работы блоков и устройств оптических приемников систем и сетей связи; знает направления модернизации аппаратной части систем связи. ;	• объяснять физические эффекты, используемые для проектирования и создания оптических приёмных устройств преобразования и усиления оптических и электрических колебаний отечественного производства;;	• частично владеть общей терминологией, способами описания свойств сигналов и помех, а также общей методологией анализа устройств приема и передачи сигналов в инфокоммуникационных системах для изучения научно-технической информации, применения отечественного и зарубежного опыта в исследованиях, связанных со статистической теорией инфокоммуникационных систем.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные принципы построения оптических приемников устройств систем и сетей связи, а также условия их применения на практике.;	• объяснять физические эффекты, используемые для создания оптических приёмных устройств преобразования.;	• частично владеет способами описания свойств сигналов и помех, а также методологией анализа устройств передачи сигналов в инфокоммуникационных системах для изучения научно-технической информации, применения отечественного опыта в разработках инфокоммуникационных систем.;

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 Темы рефератов

- Механизм возникновения примесной фотопроводимости
- Механизм возникновения фотоэдс Дембера
- Механизм возникновения барьерной фотоэдс
- Механизм возникновения теплового шума
- Условия возникновения когерентного светового излучения

Согласована на портале № 21180

3.2 Темы опросов на занятиях

– Вводные замечания о причинах появления научно-технического направления "Оптоэлектроника"

– Электропроводность кристаллов и попытки её объяснения классической электронной теорией. Зонная структура, образование зон из атомных уровней. Модель Зоммерфельда и модель Блоха. Понятие зоны проводимости, запрещённой зоны и валентной зоны, их связь с представлениями о строении кристаллических тел. Понятие квазиимпульса электрона. Плотность состояний, концентрации носителей в зонах. Распределение частиц по энергии Ферми. Положительные подвижные частицы: понятие о дырке. Движение электронов и дырок в кристалле под действием электрического поля. Энергетическое представление о токопротекании в твердом теле

– Основные параметры и характеристики взаимодействия из-лучения с веществом: коэффициенты поглощения и отражения, спектры поглощения и отражения. Закон Бугера - Ламберта. Параметры и характеристики, описывающие взаимодействие света и твердого тела. Типы механизмов поглощения излучения.

– Понятие скорости генерации и скорости рекомбинации носителей заряда. Основные параметры, характеризующие изменение состояние вещества при поглощении излучения: времена релаксации концентраций свободных носителей заряда, квантовый выход фотоэффекта. Основное выражение для расчета фотоэдс в полупроводниках. Роль неосновных носителей заряда в формировании фотоэффектов. Барьерная фотоэдс в p-n переходах.

– Основные понятия теории шумов: типы шумов и физические причины их появления, дисперсия и плотности вероятностей. Метод Фурье, спектральная плотность вероятности. Основные виды распределения плотности вероятности случайного процесса. Численные оценки шумов в фоторезисторных приемниках оптического излучения.

– Излучательные процессы в полупроводниках. Внутренняя и внешняя квантовые эффективности процесса генерации излучения. Разновидности люминесценций. Спонтанное и вынужденное излучение атома, связь между ними. Критерии возникновения лазерного излучения в полупроводниковых структурах. Физические процессы в полупроводниковых лазерах. Принцип работы инжекционных лазеров и светодиодов на основе p-n переходов

– Классификация жидких кристаллов. Основные физические свойства и структура нематиков, холестериков, смектиков. Ориентационные эффекты в жидких кристаллах. Переход Фредерикса и эффект “гость-хозяин”. Типы оптических ячеек, их подготовка. Основные оптические эффекты в нематических кристаллах. Принцип работы оптической ячейки на S-эффекте. Оптические свойства холестериков. Принципы управления свойствами жидких кристаллов и их применение в оптоэлектронике: оптические транспаранты, ЖК – дефлекторы и ЖК - модуляторы

– Перспективы развития оптоэлектроники : основные направления.

3.3 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Решение задач на тему "Элементы зонной теории твердых тел"
– Решение задачи на токопротекание в полупроводниках
– Решение задач на тему "Взаимодействие оптического излучения с веществом"
– Решение задач на тему "Фотопроводимость в полупроводгниках"
– Решение задач на тему "Эмиссия излучения из твердых тел".
– Решение задачи на определение величины шумового напряжения
– Решение задач на определение параметров жидкокристаллического модулятора

3.4 Темы лабораторных работ

– Измерение ширины запрещенной зоны
– Исследование фотопроводимости
– Исследование p-n перехода в приборах оптоэлектроники (часть 1)
– Исследование p-n перехода в приборах оптоэлектроники (часть 2)

3.5 Зачёт

– Механизм возникновения собственной фотопроводимости
– Механизм возникновения примесной фотопроводимости

Согласована на портале № 21180

- Механизм возникновения фотоэдс Дембера
- Механизм возникновения барьерной фотоэдс
- Механизм возникновения теплового шума
- Механизм возникновения дробового шума
- Механизм возникновения генерационно-рекомбинационного шума
- Условия возникновения некогерентного светового излучения
- Условия возникновения когерентного оптического излучения

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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Микроэлектроника: Учебное пособие / Троян П. Е. - 2007. 349 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/539, свободный.

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. (для практических занятий и самостоятельной работе) [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, свободный.
2. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Учебное - методическое пособие к лабораторной работе по дисциплине «Физические основы оптоэлектроники» / Давыдов В. Н. - 2013. 10 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3559, свободный.
3. Исследование фотопроводимости в полупроводниках: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов направлений подготовки 200100.62 «Электроника и наноэлектроника» / Давыдов В. Н. - 2013. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3564, свободный.
4. Исследование свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе для студентов направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Давыдов В. Н. - 2013. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3560, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Учебная лаборатория (313 каб. и 215 каб. корпуса ФЭТ) оборудованы необходимыми ус-тановками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой ЭП.
2. Вычислительная лаборатория (ауд.511 корпуса РК) кафедры ЭП оснащена необходимым количеством персональных компьютеров, объединенных в локальную вычислительную сеть каф. ЭП с выходом в Internet.

Согласована на портале № 21180