МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	50	50	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 53691

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины "Основы оптоэлектроники" является усвоение базовых положений и основных физических явлений и процессов в полупроводниках, которые уже положены или могут быть положены в основу работы приборов оптоэлектроники, а также получение навыков в решении типовых задач по свойствам элементов и приборов оптоэлектроники и навыков в экспериментальном измерении их параметров и характеристик с мотивированной обработкой результатов измерений.

1.2. Задачи дисциплины

1. Усвоение теоретического материала по свойствам и функциональным возможностям элементов и приборов оптоэлектроники с глубоким пониманием физических процессов, лежащих в основе их функционирования.
2. Приобретение устойчивых навыков в решении типовых задач по вычислению параметров элементов и приборов оптоэлектроники в различных условиях их работы, а также получении навыков экспериментального исследования оптоэлектронных элементов с последующей обработкой результатов измерений по извлечению полного объема информации об объекте исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.03.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 53691

ПКР-2. Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	ПКР-2.1. Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных.	Знание правил работы с различными информационными системами и базами данных.
	ПКР-2.2. Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств.	Умение работать с различными информационными системами и базами данных; обработка информации с использованием современных технических средств.
	ПКР-2.3. Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.	Владение навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.
ПКР-3. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований	ПКР-3.1. Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования.	Знание основ сетевых технологий, нормативно-технической документации, требования регламентов, международных и национальных стандартов в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования.
	ПКР-3.2. Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих.	Умение работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих.
	ПКР-3.3. Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг.	Владение навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем

Согласована на портале № 53691

и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	58	58
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	50	50
Подготовка к зачету	18	18
Подготовка к тестированию	18	18
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Написание отчета по лабораторной работе	6	6
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Введение	1	-	-	2	3	ПКР-2, ПКР-3
2 Элементы зонной теории твердых тел	4	3	4	6	17	ПКР-2, ПКР-3
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	3	2	-	4	9	ПКР-2, ПКР-3
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	4	4	4	9	21	ПКР-2, ПКР-3
5 Эмиссия излучения из твердых тел	6	2	-	8	16	ПКР-2, ПКР-3
6 Флуктуационные свойства полупроводников	3	2	-	7	12	ПКР-2, ПКР-3
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	3	2	4	10	19	ПКР-2, ПКР-3
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	4	3	-	4	11	ПКР-2, ПКР-3
Итого за семестр	28	18	12	50	108	
Итого	28	18	12	50	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 53691

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Введение	История формирования оптоэлектроники как нового научного направления, сочетающего оптику и микроэлектронику. Этапы диалектического развития.	1	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	1	
2 Элементы зонной теории твердых тел	Общие положения. Модельные представления. Зонная диаграмма полупроводника. Квазиимпульс электрона, долинный спектр. Движение частиц под действием электрического поля. Механизмы формирования тока в полупроводниках.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Основные параметры и механизмы поглощения излучения. Собственное поглощение, примесное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, решеточное поглощение.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Основные понятия и параметры фотоявлений в полупроводниках. Фотопроводимость полупроводника: механизм , свойства, описание. Частотные свойства фотопроводимости. Полевые свойства фотопроводимости. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках. Квазиуровни Ферми. Барьерная фотоэдс в полупроводниковых р-п - переходах: электронно-дырочные переходы, фотоэлектрические свойства переходов, барьерная фотоэдс. Лавинные фотодиоды.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 53691

5 Эмиссия излучения из твердых тел	Описание излучательных процессов в полупроводниках.. Спонтанное и вынужденное излучение атома. Стимулированное излучение твердых тел. Принцип создания генератора света. Линия излучения твердых тел. Светодиоды на основе гомогенного р-п - перехода. Светоизлучающие структуры с высоким квантовым выходом. Лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур с квантовыми ямами и квантовыми точками.	6	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	6	
6 Флуктуационные свойства полупроводников	Основные типы шумов в полупроводниках. шумов: параметры и характеристики шумов. Полевые и фоновые свойства шумов в полупроводниках. Частотны свойства шумов.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	Общие сведения об электрооптических эффектах. Эффект Франца - Келдыша. в оптоэлектронике. Квантово-размерный эффект Штарка. Двулучепреломление в анизотропных 3D кристаллах.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	ОЛбщие сведения о жидких кристаллах. Основные свойства жидких кристаллов. Типы и структура жидких кристаллов. Ориентационные эффекты в жидких кристаллах. Оптические свойства жидких кристаллов. Применение жидких кристаллов в оптоэлектронике.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			

Согласована на портале № 53691

2 Элементы зонной теории твердых тел	Составление энергетической диаграммы полупроводника. Ширина запрещенной зоны. Решение задач на определение положения уровня Ферми. Вычисление концентраций носителей заряда в зонах разрешенных значений энергий. Решение задач на определение удельной проводимости полупроводника и тока проводимости через полупроводник.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Решение зада на использование закона Бугера-Ламберта для нахождения параметров вещества: концентрации и сечения захвата, интерсивности в глубине твердого тела.	2	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	2	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Решение задач на вычисление фотопроводимости и барьерной фотоэдс в различных полупроводника и при различных условиях освещения.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
5 Эмиссия излучения из твердых тел	Решение задач на определение внутренней и внешней квантовой эффективности эмиссии излучения в полупроводниках различного физико-хического состава.	2	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	2	
6 Флуктуационные свойства полупроводников	Решение задач по нахождению величин дисперсии шумов различной природы в полупроводниках различного состава.	2	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	2	
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	Вычисление фазовых скоростей электромагнитной волны в анизотропном кристалле ниобата лития. Нахождение набега фазы при различных углах вхождение в кристалл.	2	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	2	
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Вычисление когерентной длины в различных жидких кристаллах, решение задач по нахождению напряжения перехода Фредерикса. Решение задач по определению шага холнестерической спирали для получения различных цветов пленки.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	

Согласована на портале № 53691

Итого за семестр	18	
Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Элементы зонной теории твердых тел	Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Параметры и свойства фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторах	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Введение	Подготовка к зачету	1	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	2		
2 Элементы зонной теории твердых тел	Подготовка к зачету	2	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 53691

3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Подготовка к зачету	2	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	4		
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Подготовка к зачету	3	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-2, ПКР-3	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	9		
5 Эмиссия излучения из твердых тел	Подготовка к зачету	2	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-2, ПКР-3	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	8		
6 Флуктуационные свойства полупроводников	Подготовка к зачету	4	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	3	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	7		
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	Подготовка к зачету	2	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-2, ПКР-3	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	10		
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Подготовка к зачету	2	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		50		
Итого		50		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Согласована на портале № 53691

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПКР-2	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование
ПКР-3	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
4 семестр				
Зачёт	10	10	10	30
Лабораторная работа	10	10	10	30
Тестирование	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	2	3	5	10
Итого максимум за период	32	33	35	100
Нарастающим итогом	32	65	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

Согласована на портале № 53691

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2016. 139 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963.
2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие для вузов/ А.Н. Игнатов. - СПб.: Лань, 2011, - 539 с. ISBN 978-5-8114-1136-8. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Учебное пособие «Микроэлектроника» : Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» / Н. С. Легостаев - 2013. 172 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4280.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8701.
2. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8691.
3. Исследование конденсаторного элемента на основе анизотропии диэлектрической проницаемости кристаллов: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6870.
4. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / В. Н. Давыдов - 2016. 92 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 53691

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

Согласована на портале № 53691

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Элементы зонной теории твердых тел	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 53691

3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
5 Эмиссия излучения из твердых тел	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
6 Флуктуационные свойства полупроводников	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Электрооптические эффекты по управлению излучением	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

Согласована на портале № 53691

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Для чего используется зонная диаграмма полупроводника?
   а) Зонная диаграмма используется для демонстрации зависимости энергетического положения свободных электронов только в объеме полупроводника.

Согласована на портале № 53691

б) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике в отсутствие электрического поля.

в) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике при наличие внешнего электрического поля.

г) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике вне зависимости от наличия или отсутствия электрического поля.

2. Каковы основные механизмы поглощения излучения твердым телом?

а) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: собственное поглощение, примесное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.

б) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: собственное поглощение, решеточное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.

в) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: примесное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.

г) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: примесное поглощение, решеточное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.

3. Что из себя представляют свободные носители заряда дырки?

а) Это вакансии на валентной оболочке атома, которая способна перемещаться от атома к атому вдоль направления электрического поля.

б) Это вакансии на валентной оболочке атома, которая способна перемещаться от атома к атому навстречу направления электрического поля.

в) Это положительно заряженный ион донорной примеси, который способен перемещаться в направлении электрического поля.

г) Это положительно заряженный протон, который способен перемещаться в направлении электрического поля.

4. Что такое барьерная фотоэдс и как она используется в оптоэлектронике?

а) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при освещении за счет снижения барьера перехода и используется для изготовления фотоприемных устройств оптического диапазона.

б) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при нагревании и используется для изготовления тепловых приемников.

в) Барьерная фотоэдс представляет собой напряжение на однородном полупроводнике при его освещении и используется изготовления фотоприемных устройств оптического диапазона.

г) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при освещении за счет различия подвижностей носителей заряда. Оно используется для изготовления фотоприемных устройств инфракрасного диапазона.

5. В чем заключается суть вынужденного излучения атомной системы?

а) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, равной энергии возбужденного состояния атома.

б) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, большей энергии возбужденного состояния атома.

в) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, меньшей энергии возбужденного состояния атома.

г) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него фонона с энергией, равной энергии возбужденного состояния атома.

6. Как понимать термин "инверсия населенности" в лазерных системах?

а) Это означает, что количество атомов в возбужденном состоянии больше числа атомов в основном состоянии.

б) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода больше числа атомов на нижнем уровне излучательного перехода.

в) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода равно числу атомов на нижнем уровне излучательного перехода.

г) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода меньше числа атомов на нижнем уровне излучательного перехода.

Согласована на портале № 53691

7. Какие основные типы шумов в полупроводника?
   а) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: токовые, дробовые и генерационно-рекомбинационные.
   б) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, дробовые и генерационно-рекомбинационные.
   в) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, дробовые, генерационно-рекомбинационные и избыточные шумы.
   г) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, генерационно-рекомбинационные и импульсные шумы.
8. Как осуществить модуляцию оптического излучения с помощью эффекта Франца - Келддыша?
   а) Модулируемое излучение должно иметь длину волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
   б) Модулируемое излучение должно иметь длину волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник. смещение границы фотоэффекта не должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
   в) Модулируемое излучение должно иметь дли волны меньше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник. смещение границы фотоэффекта должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
   г) Модулируемое излучение должно иметь дли волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта должно захватывать весь спектр частот модуляции излучения.
9. В чем заключается суть перехода Фредерикса в жидких кристаллах?
   а) Он заключается в упорядочении ориентации длинных осей молекул нематика параллельно друг другу при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
   б) Он заключается в изменении ориентации длинных осей молекул нематика на 90 градусов при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
   в) Он заключается в хаотической разориентации длинных осей молекул нематика отоносительно друг другу при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
   г) Он заключается в упорядочении ориентации длинных осей молекул нематика параллельно друг другу при напряжения на жидком кристалле ниже напряжения перехода Фредерикса.
10. Какой оптический эффект испольбзуется для отображения информации оптической ячейкой с нематиком?
    а) Используется В-эффект с переходом Фредерикса: гомеотропная оптическая ячейка с нематиком, имеющим отрицательную анизотропию диэлектрической проницаемости.
    б) Используется S - эффект с переходом Фредерикса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрическую проницаемость, структура молекул в объеме ячейки незакрученная.
    в) Используется Т-эффект с переходом Фредериикса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрическую проницаемость, опорные поверхности ориентированы друг к другу под 90 градусов.
    г) Используется S - эффект с переходом Капустина-Вильямса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрическую проницаемость, структура молекул в объеме ячейки незакрученная.
    Как осуществить модуляцию оптического излучения с помощью эффекта Франца-Кедлыша?
11. Как можно использовать холестерический жидкий кристалл для отображения цветовой картинки?
    а) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать электрическим полем, меньшим поля распрямления спирали.
    б) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать электрическим полем, по величине большим поля распрямления спирали.

Согласована на портале № 53691

в) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать упругим напряжением.
г) Оптическую ячейку с холестериком подвергнуть освещению большой мощности.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Как по положению уровня Ферми в зонной диаграмме определить тип проводимости полупроводника?
2. Какой механизм поглощения излучения самый сильный в полупроводнике?
3. Как используется барьерная фотоэдс в приборах оптоэлектроники?
4. Почему в лазерах используют резонаторы открытого типа?
5. Какое основное свойство нематического жидкого кристалла используется для модуляции оптического излучения?

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования
2. Параметры и свойства фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторах
3. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

Регулярное посещение лекций, практик и лабораторных занятий является ключевым в освоении дисциплины.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения

Согласована на портале № 53691

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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 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.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 53691

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	В.Н. Давыдов	Разработано, 0a70921e-3a8f-4010-94a3-71f1447ec6f2

Согласована на портале № 53691