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 УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОФОТОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Элементная база квантовых технологий**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	10	10	часов
Лабораторные занятия	8	8	часов
Самостоятельная работа	92	92	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	180	180	часов
	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	8

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 78883

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка бакалавров к разработке, эксплуатации и исследованию микроволновых фотонных приборов на основе изучения студентами базовых физических принципов функционирования основных элементов радиофотоники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов и приемов реализации микроволновых оптических и оптоэлектронных приборов.
2. Рассмотрение конкретных типов устройств, методов их расчета, проектирования и применения в технологических и измерительных системах.

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.ДВ.01.01.
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		
ПК-3. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий квантовой и оптической электроники	ПК-3.1. Знает методики технологической подготовки оборудования для производства элементной базы квантовых технологий	Знает методику проведения анализа исходных требований к параметрам разрабатываемых микроволновых оптических и оптоэлектронных приборов
	ПК-3.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования, предназначенного для производства элементной базы квантовых технологий	Умеет производить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.
	ПК-3.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования производства элементной базы квантовых технологий	Владеет навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

Согласована на портале № 78883

выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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
		8 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	8	8
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	92	92
Подготовка к тестированию	36	36
Подготовка к контрольной работе	30	30
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	14	14
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	12
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

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
8 семестр						
1 Введение	2	-	-	4	6	ПК-3
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	4	5	-	18	27	ПК-3
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	4	-	4	12	20	ПК-3
4 Лазеры для радиофотонных систем	4	7	-	20	31	ПК-3
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	4	6	-	20	30	ПК-3
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	4	-	4	12	20	ПК-3
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	4	-	-	6	10	ПК-3
Итого за семестр	26	18	8	92	144	
Итого	26	18	8	92	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 78883

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
8 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Связь дисциплины с другими разделами физики и фотоники. История развития радиофотоники.	2	ПК-3
	Итого	2	
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Планарные и полосковые волноводы. Волоконные световоды для систем оптической связи и радиофотоники. Профили показателя преломления. Геометрическая оптика планарных волноводов и волоконных световодов. Электромагнитная теория планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов круглого сечения. Моды планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов.	4	ПК-3
	Итого	4	
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Наведенная электрическая поляризация. Двойное рэлеевское рассеяние. Фаза передаваемого радиочастотного сигнала. Хроматическая дисперсия. Вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна. Вынужденное комбинационное рассеяние. Фазовая кросс-модуляция. Четырехволновое смешение. Поляризационные эффекты.	4	ПК-3
	Итого	4	
4 Лазеры для радиофотонных систем	Полупроводниковые инжекционные гетеролазеры на основе GaAlAs и InGaAsP. Конструктивное исполнение диодных лазеров. Двойная гетероструктура. Полосковые лазеры. Лазеры с распределенным брэгговским отражением. Токовая модуляция излучения полупроводниковых лазеров. Ввод излучения полоскового лазера в волоконный световод. Активирующие примеси для волоконных лазеров. Фотоиндуцированные брэгговские решетки показателя преломления в световодах. Схемы накачки активных световодов. Особенности волоконных световодов как усилительной среды.	4	ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 78883

5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Тензорное описание электрооптического эффекта. Линейный электрооптический эффект. Кубические нецентросимметричные кристаллы. Кристаллы симметрии 4mm, 3m, mm2. Распространение световых волн в среде при однородном внешнем поле. Фазовый электрооптический модулятор поперечного типа. Амплитудный электрооптический модулятор. Волноводные фазовые модуляторы. Интерферометрическая модуляция интенсивности в интегрально-оптических устройствах. Поляризационные преобразования в устройствах интегральной оптики. Оптические спектральные фильтры. Поляризационно-независимые модуляторы и переключатели. Волноводные электрооптические дефлекторы, переключатели и модуляторы брэгговского типа на периодически поляризованных доменных структурах.	4	ПК-3
	Итого	4	
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Внутренний фотоэффект в однородных полупроводниках. Фотодиодные приемники p-n-типа. Фотодиодный режим. Фотогальванический режим. Фотодиодные приемники p-i-nтипа. Шумы в оптических приемниках: дробовой, тепловой, фликкер-шум. Отношение сигнал/шум. Эффективность преобразования световой мощности в фотодетекторе. Современное состояние фотодетекторов высокой мощности.	4	ПК-3
	Итого	4	
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	Линии передачи типа «точка – точка». Аналоговые волоконно-оптические линии задержки. Широкополосное формирование каналов. Измерение мгновенной частоты. Понижающее преобразование частоты. Диаграммообразование в активных фазированных антенных решетках (АФАР). Фотонные методы генерации радиосигналов. Фотоника миллиметрового диапазона. Интегральная микроволновая фотоника.	4	ПК-3
	Итого	4	
	Итого за семестр	26	
	Итого	26	

Согласована на портале № 78883

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
8 семестр			
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Распространение световых волн в световодах	5	ПК-3
	Итого	5	
4 Лазеры для радиофотонных систем	Энергетические и временные характеристики лазеров	7	ПК-3
	Итого	7	
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Характеристики электрооптических модуляторов для радиофотонных систем	6	ПК-3
	Итого	6	
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
8 семестр			
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»	4	ПК-3
	Итого	4	
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода	4	ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

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
8 семестр				

Согласована на портале № 78883

1 Введение	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Итого	4		
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	10	ПК-3	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-3	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	18		
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Подготовка к тестированию	6	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	12		
4 Лазеры для радиофотонных систем	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	10	ПК-3	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ПК-3	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	20		
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Подготовка к тестированию	6	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	10	ПК-3	Контрольная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-3	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	20		
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Подготовка к тестированию	6	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	12		
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	Подготовка к тестированию	6	ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		92		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен

Согласована на портале № 78883

Итого	128	

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.

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.	
ПК-3	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

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
8 семестр				
Контрольная работа	10	0	10	20
Лабораторная работа	0	7	7	14
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по практическому занятию (семинару)	7	7	7	21
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	19	29	100
Нарастающим итогом	22	41	70	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

Согласована на портале № 78883

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)
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. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 2001. – 574 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 147 экз.).
2. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

7.2. Дополнительная литература

1. Айхлер, Юрген. Лазеры. Исполнение, управление, применение : научно-популярное издание. - М. : Техносфера , 2012. - 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).
2. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2013. 198 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3709.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Радиофотоника: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2018. 34 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8438.
2. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений подготовки «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и наноэлектроника» / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2013. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3494.
3. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Щербина, Н. И. Буримов - 2013. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2819.

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.

Согласована на портале № 78883

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

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.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКИП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- 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:
- 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.;

Согласована на портале № 78883

- 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	ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 78883

2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	ПК-3	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Лазеры для радиофотонных систем	ПК-3	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	ПК-3	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 78883

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
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.

Согласована на портале № 78883

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. При полном внутреннем отражении:
   а) отраженная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   б) отраженная волна в оптически менее плотной среде отсутствует;
   в) преломленная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   г) преломленная волна в оптически менее плотной среде отсутствует.
2. В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя:
   а) должен превышать показатели преломления подложки и покровной среды;
   б) должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды; в) должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки;
   г) не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды.
3. В волоконном световоде показатель преломления сердцевины:
   а) должен быть равен показателю преломления внутренней оболочки;
   б) должен быть меньше показателя преломления внутренней оболочки;
   в) должен быть больше показателя преломления внутренней оболочки;
   г) должен быть меньше показателя преломления внешней оболочки.
4. В градиентном волоконном световоде показатель преломления:
   а) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
   б) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
   г) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям;
   д) плавно изменяется вдоль оси световода.
5. Основная мода волоконного световода HE11:
   а) характеризуется нулевым значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   б) максимальным значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   в) постоянным значением напряженности электрического поля в сердцевине;
   г) постоянным значением напряженности магнитного поля в сердцевине.
6. В цилиндрическом волоконном световоде не имеют отсечки:
   а) моды TM01 и TE01;
   б) моды HE21 и EH21;
   в) мода HE11;
   г) мода EH11.
7. Волноводная дисперсия в волоконных световодах заключается:
   а) в зависимости магнитной проницаемости сердцевины от длины волны излучения;
   б) в зависимости показателя преломления сердцевины от длины волны излучения;
   в) в зависимости показателя преломления внутренней оболочки от длины волны излучения;
   г) в зависимости постоянной распространения моды от длины волны излучения.
8. В активирующих примесях волоконных световодов для получения лазерной генерации используются:
   а) электронные переходы между уровнями незаполненной внутренней f-оболочки ионов редкоземельных элементов; б) колебательно-вращательные переходы;
   в) только безызлучательные переходы;
   г) только спонтанные переходы.
9. Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера используются:

Согласована на портале № 78883

а) столкновения 1-го рода;
б) накачка электронным пучком;
в) оптическая накачка;
г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры.

10. Брэгговские зеркала в волоконных световодах реализуются:
а) за счет отражения от атомных плоскостей кристаллов;
б) за счет сколов торцов волокон, ортогональных их оси;
в) за счет периодических возмущений магнитной проницаемости волокна;
г) за счет фотоиндуцированных решеток показателя преломления в волоконном световоде.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной гравировки.
2. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микрообработки. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микропайки и микросварки.
3. Какие особенности конструкции волоконных лазеров обеспечивают большое значение длины когерентности их излучения?
4. Какой вид когерентности играет наиболее важную роль в лазерных интерферометрических системах?
5. По каким причинам свойство временной когерентности лазерного излучения очень важно для голографии?
6. Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Дайте определение понятию «критический угол»
2. Сформулируйте условия существования направляемых мод в световоде в приближениях геометрической оптики и в рамках электромагнитной теории
3. Чем отличаются ТЕ- и ТМ-моды?
4. Чем отличаются световоды со ступенчатым и с градиентным профилями показателя преломления?
5. Что означает понятие отсечки моды? Все ли моды имеют отсечку?
6. Какие моды называются меридиональными? Моды каких порядков (в соответствии с электромагнитной теорией) цилиндрического световода являются меридиональными?
7. Что представляют собой гибридные моды цилиндрического световода?
8. Какие физические явления обусловлены дисперсией, присущей волоконным световодам?
9. В чем преимущество использования градиентных волоконных световодов?
10. Какими физическими факторами обусловлены оптические потери в волоконных световодах?
11. Какие материалы используются в качестве основы для лазерных волоконных световодов?
12. Какие химические элементы используются для создания активных волоконных световодов, позволяющих создать в них оптической накачкой состояние инверсии населенностей?
13. Между уровнями какой оболочки примесных ионов необходимо инициировать для этого электронные переходы? Какие источники оптического излучения используются для накачки волоконных лазеров?
14. Какова цель использования двойной оболочки в лазерных волоконных световодах? Почему любая некруглая форма поперечного сечения внутренней оболочки предпочтительней, чем круглая?
15. Как можно реализовать зеркала в волоконных лазерах?
16. На какой длине волны происходит отражение от волоконных брэгговских решеток?
17. Как создаются волоконные брэгговские решетки? От каких параметров решетки зависит коэффициент отражения излучения?
18. Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при трехуровневой схеме накачки.
19. Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при четырехуровневой схеме накачки.

Согласована на портале № 78883

20. Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

9.1.4. Темы практических занятий

1. Распространение световых волн в световодах
2. Энергетические и временные характеристики лазеров
3. Характеристики электрооптических модуляторов для радиофотонных систем

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»
2. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода

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.

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
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)

Согласована на портале № 78883

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 № 78883

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	С.М. Шандаров	Разработано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349

Согласована на портале № 78883