

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента науки и инноваций

Документ подписан электронной подписью

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

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Оптические датчики**

Уровень образования: **высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации**

Направление подготовки / специальность: **12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии**

Направленность (профиль) / специализация: **Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **2**

Семестр: **3, 4**

Учебный план набора 2015 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	36	часов
2	Практические занятия	18	18	36	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	72	часов
4	Самостоятельная работа	72	36	108	часов
5	Всего (без экзамена)	108	72	180	часов
6	Общая трудоемкость	108	72	180	часов
		3.0	2.0	5.0	З.Е.

Зачет: 3 семестр

Дифференцированный зачет: 4 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, утвержденного 30.07.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

профессор каф. ЭП \_\_\_\_\_ Н. И. Буримов

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Эксперты:

Заведующий аспирантурой \_\_\_\_\_ Т. Ю. Коротина

Профессор кафедры электронных  
приборов (ЭП)

\_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Углубленное освоение физических основ функционирования, методов и принципов построения волоконно-оптических датчиков и их применение для создания приборов и систем, использующих электромагнитное излучение оптического диапазона для анализа параметров физических полей;

### 1.2. Задачи дисциплины

- углубление необходимых в профессиональной деятельности знаний по подходам и математическим моделям, используемым для описания физических явлений, определяющих принципы работы оптических датчиков на основе волоконно-оптических элементов;
- получение и углубление знаний по инженерным аспектам построения датчиков на основе волоконно-оптических элементов и их применения для создания приборов и систем использующих электромагнитное излучение оптического диапазона для анализа параметров физических полей

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Оптические датчики» (Б1.В.ДВ.1.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Оптические датчики, Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии.

Последующими дисциплинами являются: Оптические датчики, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-4 Способность к исследованию и разработке новых методов, приборов и систем, использующих электромагнитное излучение оптического диапазона для анализа параметров физических полей;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** методы и подходы к описанию оптических явлений, принципы построения и функционирования волоконно-оптических элементов и их применение для создания оптических датчиков параметров физических полей
- **уметь** определять и обосновывать выбор схем построения оптических датчиков различного назначения, а также методов и принципов построения приборов и систем на основе волоконно-оптических элементов в используемом спектральном диапазоне
- **владеть** методами математического моделирования оптических явлений, инженерного проектирования волоконно-оптических элементов и оптических датчиков физических полей на их основе с использованием стандартных и специализированных методик и программных средств; методиками измерений основных параметров волоконно-оптических элементов, а также основных характеристик оптических датчиков

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		3 семестр	4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	72	36	36
Лекции	36	18	18
Практические занятия	36	18	18
Самостоятельная работа (всего)	108	72	36

Проработка лекционного материала	18	12	6
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	38	20	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	52	40	12
Всего (без экзамена)	180	108	72
Общая трудоемкость, ч	180	108	72
Зачетные Единицы	5.0	3.0	2.0

## 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	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем	4	0	10	14	ПК-4
2 Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков	6	10	31	47	ПК-4
3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	8	8	31	47	ПК-4
Итого за семестр	18	18	72	108	
4 семестр					
4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	8	8	14	30	ПК-4
5 Волоконно - оптические гироскопы	6	10	14	30	ПК-4
6 Волоконные лазеры	4	0	8	12	ПК-4
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	36	36	108	180	

### 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. Классификация волоконно - оптических	Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, основная и дополнительная литература. Классификация волоконно-оптических систем.	4	ПК-4

приборов и систем	Классификация волоконно-оптических датчиков по функциональному назначению волоконно-оптического тракта и методам модуляции оптического излучения. Краткая история вопроса.		
	Итого	4	
2 Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков	Волоконные световоды (ВС): ВС с двойным лучепреломлением; некварцевые ВС, особенности физических свойств и характеристик ВС для волоконно-оптических датчиков. Делители световых пучков, сумматоры, направленные ответвители, поляризаторы, оптические вентили, фазовые пластинки. Интегрально-оптические интерферометры, модуляторы интенсивности света и фазовые модуляторы, элементы для сдвига частоты света	6	ПК-4
	Итого	6	
3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	Датчики амплитудного типа для измерения температуры, механических величин, концентрации химических веществ. Датчики поляризационного типа для измерения магнитного поля, напряженности электрического поля, давления и ускорения. Датчики на основе сдвига частоты света для измерения скорости твердых тел, скорости сыпучих или жидких веществ. Схемы построения, основные характеристики, функции преобразования, области применения датчиков с волокном - линией передачи.	8	ПК-4
	Итого	8	
Итого за семестр		18	
4 семестр			
4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	Датчики с использованием модуляции потерь для измерения микроперемещений, датчики на основе эффектов люминесценции. Волоконно-оптические брэгговские решетки и датчики на их основе. Датчики на основе интерференции света. Интерферометрические схемы Маха - Цендера, Майкельсона, Фабри – Перо. Схемы построения, основные характеристики, функции преобразования и области применения датчиков с волокном в качестве чувствительного элемента.	8	ПК-4
	Итого	8	
5 Волоконно - оптические гироскопы	Эффект Саньяка, основные схемы лазерных и волоконно – оптических гироскопов, основные характеристики и методы их улучшения, методы повышения чувствительности и снижения шумов. Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов.	6	ПК-4
	Итого	6	
6 Волоконные лазеры	История развития волоконно-оптических лазеров.	4	ПК-4

	Особенности конструкции и основные характеристики современных волоконных лазеров средней и большой мощности. Принцип работы, особенности конструкции, основные характеристики волоконных рамановских лазеров.		
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

### 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
Предшествующие дисциплины						
1 Оптические датчики	+	+	+	+	+	+
2 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	+	+	+		+	
Последующие дисциплины						
1 Оптические датчики	+	+	+	+	+	+
2 Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	+	+	+	+	+	+
3 Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)	+	+	+	+	+	

### 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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-4	+	+	+	Опрос на занятиях, Зачет, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Дифференцированный зачет

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>3 семестр</b>			
2 Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков	Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок, оптических изоляторов	10	ПК-4
	Итого	10	
3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков.	8	ПК-4
	Итого	8	
Итого за семестр		18	
<b>4 семестр</b>			
4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	Расчет характеристик волоконных брэгговских и длиннопериодных решеток, встроенных интерферометров Фабри-Перо.	8	ПК-4
	Итого	8	
5 Волоконно - оптические гироскопы	Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов.	10	ПК-4
	Итого	10	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

## 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
<b>3 семестр</b>				
1 Введение. Классификация	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теории	6	ПК-4	Зачет, Тест

волоконно - оптических приборов и систем	тической части курса			
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	10		
2 Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	20	ПК-4	Зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	31		
3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	20	ПК-4	Зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	31		
Итого за семестр		72		
4 семестр				
4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	14		
5 Волоконно - оптические гироскопы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-4	Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	14		
6 Волоконные лазеры	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-4	Дифференцированный зачет, Тест



	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	8		
Итого за семестр		36		
Итого		108		

### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

### 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 12.1. Основная литература

1. Волоконно-оптические устройства технологического назначения [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 198 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/741> (дата обращения: 06.08.2018).

2. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : (наличие в библиотеке ТУСУР - 41 экз.)

#### 12.2. Дополнительная литература

1. Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. – 516 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

2. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 6 экз.)

3. В.И.Бусурин, Ю.Р.Носов. Волоконно - оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. - М.: Энергоатомиздат, 1990 г. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

4. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с.(используется для практических занятий) - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/750> (дата обращения: 06.08.2018).

#### 12.3. Учебно-методические пособия

##### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Е. М. Покровская - 2018. 13 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7289> (дата обращения: 06.08.2018).

2. Радиофотоника [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2018. 34 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8438> (дата обращения: 06.08.2018).

##### 12.3.2. 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.

#### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Бесплатный доступ к электронным версиям журналов РАН на платформе elibrary.ru и libnauka.ru (электронная библиотека изд-ва «Наука»). Всего журналов в референтной группе 149.
2. Научно-образовательный портал: <https://edu.tusur.ru/>
3. Дополнительно к профессиональным базам данных рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

#### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

##### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

###### **13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

УНЛ оптического материаловедения, нелинейной оптики и нанофотоники / Лаборатория ГПО

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, 008 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Столы оптические (3 шт.);
- Лазеры твердотельные LCS-DTL-317 и LCS-DTL-316, лазерный комплекс с длинами волн (510,6; 578,2; 630-700 нм, 0.05-8 Вт, лазеры He-Ne (633 нм, 1 - 20 мВт);
- Спектрофотометры СФ-2000 и Genesis 2;
- Комплекты оптических и опто-механических компонентов, автоматизированные комплексы обработки данных, ПК класса Pentium IV со специализированным ПО для каждого рабочего места;

- Весы электронные лабораторные ET-200П;
- Вольтметр GDM-78261;
- Генератор сигналов АНР-3121;
- Источник питания линейный многоканальный АТН-2335;
- Нановольтметр селективный Unipan-232В;
- Установка УМОГ-3;
- Цифровой вольтметр В7-78/1;
- Вольтметр универсальный В7-40;
- Компьютер (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- OpenOffice

Лекционная аудитория с интерактивным проектором и маркерной доской  
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа,

помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 237 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер;
- Проектор;
- Экран для проектора;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

### **13.1.3. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. 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 зрениями** 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/пере-

дачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. 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
2. 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.
3. Основная мода волоконного световода HE<sub>11</sub>:
  - 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.
4. 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.
5. 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
6. Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера используются:
  - а) столкновения 1-го рода;
  - б) накачка электронным пучком;
  - в) оптическая накачка;
  - г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры
7. 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.
8. В схемах накачки активных световодов используется:
  - а) точечное облучение сфокусированным излучением через цилиндрическую боковую поверхность;
  - б) сканирование пучка накачки по боковой поверхности световода;
  - в) принцип распределения вводимого излучения накачки по длине активного световода с ис-

пользованием набора V-образных канавок или двойного волоконного световода с общим полимерным покрытием;

г) генерация излучения накачки в световоде за счет катодолюминесценции.

9. Пространственный период брэгговской решетки, обеспечивающей селективное отражение:

а) пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды;

б) прямо пропорционален половине длины волны генерируемого излучения и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной моды;

в) прямо пропорционален половине длины волны излучения накачки и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной моды;

г) обратно пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды.

10. Использование брэгговских зеркал в волоконных лазерах обеспечивает:

а) многомодовую генерацию в широкой области спектра;

б) эффективное использование излучения накачки;

в) одномодовую генерацию излучения с высокой степенью монохроматичности и большой длиной когерентности;

г) импульсный режим генерации.

11. Достоинством технологических волоконных лазеров является:

а) доставка излучения с использованием коллимирующих устройств;

б) доставки излучения с помощью волоконного кабеля необходимой длины (50 м и более);

в) доставка излучения с использованием фокусирующих устройств;

г) доставка излучения через атмосферный канал.

12. В волоконных световодах восприимчивостью третьего порядка определяется:

а) параметрическое четырехволновое смешение;

б) линейное распространение света в волокне;

в) генерация второй гармоники;

г) эффект оптического выпрямления.

13. Для обеспечения минимальной интенсивности света на выходе интерферометрического волноводного модулятора Маха-Цендера на его плечи нужно подать напряжение:

а) равное полуволновому напряжению;

б) равное удвоенному значению полуволнового напряжения;

в) равное значению, превышающему полуволновое напряжение в 1,41 раза;

г) равное половине полуволнового напряжения.

14. В p-i-n-фотодиоде i-слой собственного полупроводника:

а) обеспечивает увеличение емкости фотоприемного устройства и уменьшение поглощения регистрируемого светового излучения;

б) обеспечивает увеличение емкости фотоприемного устройства и увеличение поглощения регистрируемого светового излучения;

в) обеспечивает уменьшение емкости фотоприемного устройства и увеличение поглощения регистрируемого светового излучения;

г) обеспечивает уменьшение предельного обратного напряжения смещения при фотодиодном режиме.

15. В фотоприемных устройствах граничная частота демодуляции:

а) прямо пропорциональна собственной постоянной времени фотодиода;

б) обратно пропорциональна собственной постоянной времени фотодиода;

в) обратно пропорциональна квадрату собственной постоянной времени фотодиода;

г) прямо пропорциональна корню квадратному из собственной постоянной времени фотодиода

16. Для лазерных интерферометрических систем целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:

а) вследствие высокой степени монохроматичности и большой длины когерентности излучения;

- б) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;
- в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;
- г) вследствие большой длины лазерного резонатора.

17. Для систем лазерной спектроскопии целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:

- а) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;
- б) вследствие высокой степени монохроматичности генерируемого излучения;
- в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;
- г) вследствие большой длины лазерного резонатора.

18. 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.

19. Частотная дисперсия света это:

- а) зависимость фазовой скорости световых волн в световодах от их поляризации;
- б) вращение плоскости поляризации световой волны;
- в) перераспределение интенсивности света в результате наложения (суперпозиции) нескольких световых волн;
- г) совокупность явлений, обусловленных зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света.

20. В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя:

- а) не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды;
- б) должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки;
- в) должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды;
- г) должен превышать показатели преломления подложки и покровной среды

#### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Волоконные световоды (ВС): ВС с двойным лучепреломлением; некварцевые ВС, особенности физических свойств и характеристик ВС для волоконно-оптических датчиков. Делители световых пучков, сумматоры, направленные ответвители, поляризаторы, оптические вентили, фазовые пластинки. Интегрально-оптические интерферометры, модуляторы интенсивности света и фазовые модуляторы, элементы для сдвига частоты света

Датчики амплитудного типа для измерения температуры, механических величин, концентрации химических веществ. Датчики поляризационного типа для измерения магнитного поля, напряженности электрического поля, давления и ускорения. Датчики на основе сдвига частоты света для измерения скорости твердых тел, скорости сыпучих или жидких веществ. Схемы построения, основные характеристики, функции преобразования, области применения датчиков с волокном - линией передачи.

Датчики с использованием модуляции потерь для измерения микроперемещений, датчики на основе эффектов люминесценции. Волоконно-оптические брэгговские решетки и датчики на их основе. Датчики на основе интерференции света. Интерферометрические схемы Маха - Цендера, Майкельсона, Фабри – Перо. Схемы построения, основные характеристики, функции преобразования и области применения датчиков с волокном в качестве чувствительного элемента.

Эффект Саньяка, основные схемы лазерных и волоконно – оптических гироскопов, основные характеристики и методы их улучшения, методы повышения чувствительности и снижения шумов. Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов.

#### 14.1.3. Зачёт

1. Структурная схема преобразования физической величины в волоконно – оптических датчиках.
2. Основные параметры ВОД.

3. Механизмы потерь света в волоконных световодах.
4. Неволоконные компоненты волоконно – оптических устройств: фазовые пластинки.
5. Оптические изоляторы: пример реализации.
6. Пример электрооптического модулятора интенсивности света.
7. Принцип работы волоконно – оптического лазера, использующего эффект комбинационного рассеяния.
8. Структурная схема распределенной ВО измерительной системы, принцип ее работы
9. Принцип построения датчика температуры с измерением теплового излучения в ВОД с волокном - линией передачи.
10. Схема оптического зонда для измерения смещений и колебаний.
11. Принцип действия и схема ВОД поляризационно - вращательного типа.
12. Схема датчика магнитного поля на основе эффекта Фарадея (волокно - линия передачи).

#### 14.1.4. Темы докладов

Активные оптические компоненты волоконно-оптических датчиков.

Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи и их применение в измерительных системах

Принципы построения волоконно-оптических гироскопов

Волоконные лазеры и их применение в измерительных системах

Характеристики волоконно-оптических датчиков с волокном - чувствительным элементом

20.

#### 14.1.5. Вопросы дифференцированного зачета

1. Типы волоконно - оптических интерферометров.
2. Базовая схема гомодинного интерферометра Маха - Цендера.
3. Выражение для интенсивности света на выходе интерферометра Маха - Цендера.
4. Как выбирают рабочую точку в интерферометре Маха - Цендера?
5. Схема и принцип работы интерферометра Фабри - Перо. Пример ВОД на основе интерферометра Фабри - Перо.
6. Суть эффекта Саньяка. Классическая схема волоконно - оптического гироскопа.
7. Схема волоконно - оптического гироскопа с кольцевым резонатором пассивного типа.
8. Волоконно-оптические брэгговские решетки и длинно-периодные волоконные решетки – что это такое и в чем их различия?
9. Соотношение между периодом волоконно-оптической брэгговской решетки и длиной волны света, на которой решетка является брэгговской.
10. Принцип работы чувствительного элемента датчика упругих деформаций на основе волоконно-оптической брэгговской решетки.
11. Методы формирования ВОБР. Пример схемы формирования ВОБР.
12. Пример схемы обработки сигнала датчика на основе ВОБР.
13. Схема волоконно-оптического лазера. Основные компоненты. Пути достижения высокой выходной мощности в таких лазерах.
14. Суть эффекта комбинационного рассеяния света. Принцип работы волоконно – оптического лазера, использующего эффект комбинационного рассеяния.

#### 14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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)
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 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.