

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

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c  
Владелец: Семенко Павел Васильевич  
Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ФОТОНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**  
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**  
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**  
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**  
Курс: **1**  
Семестр: **1**  
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Практические занятия	36	36	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	10	10	часов
Лабораторные занятия	8	8	часов
Самостоятельная работа	100	100	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	180	180	часов
(включая промежуточную аттестацию)	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	1

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Усвоение студентами физических основ функционирования, фундаментальных пределов и ограничений устройств интегральной фотоники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование ясной физической картины распространения оптического излучения в планарных световодах.

2. Сравнительный анализ методов модуляции излучения, ограничения накладываемые этими методами на оптико–электронные устройства и устройства интегральной фотоники.

3. Ознакомление с уровнем современного развития волноводной и интегральной фотоники, тенденциями ее дальнейшего развития.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПК-1. Способен к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи	ПК-1.1. Знает численные методы моделирования приборов квантовой электроники и фотоники	Знает базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, в том числе в основных элементах интегральной фотоники.
	ПК-1.2. Умеет определять параметры разрабатываемого оптоэлектронного прибора	Умеет подбирать средства проведения измерений, контроля и диагностики с учётом особенностей исследуемого узла и возможных диапазонов изменения параметров.
	ПК-1.3. Владеет навыками проектирования приборов квантовой электроники и фотоники	Владеет способностью использовать базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, а также математический аппарат фотоники для анализа, описания и проектирования приборов и устройств интегральной фотоники.

#### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, 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
		1 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	44	44
Практические занятия	36	36
Лабораторные занятия	8	8
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	100	100
Выполнение практического задания	48	48
Подготовка к тестированию	20	20
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	32	32
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	180	180
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	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	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции

<b>1 семестр</b>					
1 Оптические волноводы	12	-	17	29	ПК-1
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	12	8	49	69	ПК-1
3 Волноводные оптические усилители и лазеры	10	-	17	27	ПК-1
4 Оптические волокна	2	-	17	19	ПК-1
Итого за семестр	36	8	100	144	
Итого	36	8	100	144	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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
<b>1 семестр</b>			
1 Оптические волноводы	Классификация, физические основы функционирования, принципы моделирования.	-	ПК-1
	Итого	-	
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	Вводи вывод излучения в интегральной фотонике. Элементы связи. Планарные линзы. Торцевые отражатели. Методы управления излучением.	-	ПК-1
	Итого	-	
3 Волноводные оптические усилители и лазеры	Общие характеристики оптических усилителей. Эрбиевый усилитель: принцип работы и оптическая схема. Волоконные лазеры.	-	ПК-1
	Итого	-	
4 Оптические волокна	Физические основы передачи света в оптических волокнах. Характеристики оптических волокон. Волоконно-оптические кабели. Пассивные элементы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).	-	ПК-1
	Итого	-	
Итого за семестр		-	
Итого		-	

### 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
------------------------------------	---	-----------------	-------------------------

<b>1 семестр</b>			
1 Оптические волноводы	Расчет параметров планарных волноводов. Профили показателя преломления. Дисперсионные уравнения.	12	ПК-1
	Итого	12	
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	Расчет параметров и характеристик пассивных интегрально-оптических элементов. Расчет параметров оптических модуляторов.	12	ПК-1
	Итого	12	
3 Волноводные оптические усилители и лазеры	Расчет конструктивных и технологических параметров волноводных усилителей и лазеров	10	ПК-1
	Итого	10	
4 Оптические волокна	Расчет параметров оптического волокна. Числовая апертура, временная дисперсия, межмодовая дисперсия	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

#### **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
<b>1 семестр</b>			
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	Исследование планарных оптических волноводов	4	ПК-1
	Моделирование параметров градиентных оптических волноводов	4	ПК-1
	Итого	8	
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

1 семестр				
1 Оптические волноводы	Выполнение практического задания	12	ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	5	ПК-1	Тестирование
	Итого	17		
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	Выполнение практического задания	12	ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	5	ПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	32	ПК-1	Лабораторная работа
	Итого	49		
3 Волноводные оптические усилители и лазеры	Выполнение практического задания	12	ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	5	ПК-1	Тестирование
	Итого	17		
4 Оптические волокна	Выполнение практического задания	12	ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	5	ПК-1	Тестирование
	Итого	17		
Итого за семестр		100		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		136		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Лабораторная работа, Практическое задание, 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
<b>1 семестр</b>				
Лабораторная работа	0	15	15	30
Практическое задание	10	8	7	25
Тестирование	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	15	28	27	100
Нарастающим итогом	15	43	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

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	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/133479>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 12.04.03 «Фотоника и оптоинформатика» / А. С. Перин, В. М. Шандаров - 2018. 195 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10352>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование планарных оптических волноводов: Методические указания к лабораторной работе / В. М. Шандаров, Г. Г. Куц - 2011. 20 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/117>.

2. Моделирование параметров градиентных оптических волноводов: Методические указания к лабораторной работе / М. В. Бородин, А. И. Башкиров - 2021. 7 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9379>.

3. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания по организации самостоятельной работы и практических занятий / А. И. Башкиров - 2022. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9830>.

#### 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

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 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.

#### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория СВЧ микроэлектроники: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 101 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

1. Лабораторный интерферометрический стол СИН:



- Лабораторная установка адаптивного голографического интерферометра - 2 шт.;
- He-Ne-лазер с длиной волны 633 нм - 2 шт.;
- Лабораторный источник питания;
- Генератор сигналов низкочастотный;
- Генератор сигналов высокочастотный;
- Цифровой осциллограф - 2 шт.;
- Селективный нановольтметр Unipan;
- Вольтметр/амперметр - 2 шт.;
- Набор оптических элементов (линзы, светофильтры, поляризаторы, рейтеры).

#### 2. Лабораторный интерферометрический стол СИН:

- Генератор сигналов низкочастотный;
- Генератор сигналов высокочастотный - 2 шт.;
- Лабораторный источник питания;
- He-Ne-лазер с длиной волны 633 нм;
- Твердотельный лазер с длиной волны 532 нм;
- Полупроводниковый лазер с длиной волны 650 нм;
- Цифровой осциллограф;
- Измеритель мощности лазерного излучения;
- Оптический теодолит;
- Лабораторный стенд по исследованию дифракции;
- Набор оптических элементов (линзы, светофильтры, поляризаторы, рейтеры).

#### 3. Лабораторный интерферометрический стол СИН:

- Измеритель мощности лазерного излучения;
- He-Ne-лазер с длиной волны 633 нм - 2 шт.;
- Вольтметр/амперметр - 2 шт.;
- Лабораторный источник питания;
- Генератор сигналов низкочастотный;
- Оптический теодолит;
- Измеритель мощности лазерного излучения;
- Цифровой осциллограф;
- Лабораторный стенд по исследованию генерации второй гармоники;
- Набор оптических элементов (линзы, светофильтры, поляризаторы).

#### 4. Лабораторная мебель:

- Шкаф - 4 шт.;
- Тумба - 5 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.3. 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, 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.

#### 8.4. 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 Оптические волноводы	ПК-1	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Пассивные интегрально-оптические элементы. Управление излучением в оптических волноводах	ПК-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Волноводные оптические усилители и лазеры	ПК-1	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

4 Оптические волокна	ПК-1	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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 <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.

4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- В поперечно-электрической моде ТЕ, распространяющейся вдоль оси z по планарному волноводу, нормально к поверхности которого является ось x, отличны от нуля компоненты электромагнитного поля ...
  - $E_x$ ,  $E_y$  и  $H_z$
  - $E_x$ ,  $E_z$  и  $H_y$
  - $H_x$ ,  $H_y$  и  $E_z$
  - $H_x$ ,  $H_z$  и  $E_y$
- При падении на плоскую границу раздела двух прозрачных сред плоской световой волны под углом Брюстера ...
  - модуль коэффициента отражения R для составляющей вектора поляризации, перпендикулярной плоскости падения, стремится к единице
  - модуль коэффициента отражения R для составляющей вектора поляризации в плоскости падения стремится к единице
  - модуль коэффициента отражения R для составляющей вектора поляризации в плоскости падения обращается в нуль
  - модуль коэффициента отражения R для составляющей вектора поляризации, перпендикулярной плоскости падения, обращается в нуль
- Полное внутреннее отражение плоских световых волн на границе раздела сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  ...
  - наблюдается только для волн, поляризованных нормально к плоскости падения
  - наблюдается при их падении из оптически более плотной среды на менее плотную под углом равным  $\arcsin(n_2/n_1)$
  - наблюдается только для волн, поляризованных в плоскости падения
  - наблюдается при их падении из оптически менее плотной среды на более плотную под углом равным  $\arcsin(n_2/n_1)$
- Нелинейно-оптические эффекты обнаруживаются по ...
  - влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений
  - влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов
  - влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах
  - влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины
- Распределение светового поля в планарном волноводe, когда полное внутреннее отражение отсутствует, и свет частично проходит через волноводный слой в подложку и в покровную среду, называется ...
  - излучательной модой
  - излучательной модой подложки
  - волноводной модой
  - модой свободного пространства
- Распределение светового поля в пленочном планарном волноводe, когда распространяющаяся в подложке волна преломляется на границе раздела пленка-подложка, испытывает полное внутреннее отражение на границе пленка-покровный слой и преломляется снова в подложку, называется ...
  - модой свободного пространства
  - излучательной модой подложки

- в) излучательной модой
  - г) волноводной модой
7. Распределение светового поля в пленочном планарном волноводе, когда свет на обеих границах пленки испытывает полное внутреннее отражение, и при некоторых дискретных углах падения на границы раздела пленки с подложкой и покровной средой распространяется в пленке без потерь мощности, называется ...
- а) излучательной модой
  - б) излучательной модой подложки
  - в) волноводной модой
  - г) модой свободного пространства
8. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от:
- а) напряженности светового поля
  - б) длины волны света
  - в) поляризации светового излучения
  - г) начальной фазы световой волны
9. Эффективный показатель преломления волноводной моды определяется, как ...
- а) отношение постоянной распространения света в вакууме к постоянной распространения в оптическом волноводе
  - б) отношение постоянной распространения света в оптическом волноводе к постоянной распространения в вакууме
  - в) отношение постоянной распространения света в волноводном слое к постоянной распространения в подложке
  - г) отношение постоянной распространения света в подложке к постоянной распространения света в волноводном слое
10. Эффективный показатель преломления волноводной моды в пленочном волноводе изменяется в пределах ...
- а) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления подложки
  - б) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления волноводного слоя
  - в) от показателя преломления подложки до показателя преломления волноводного слоя
  - г) от нуля до показателя преломления покровной среды
11. Критическая толщина волноводного слоя  $h$ , при которой для данной волноводной моды наступает отсечка ...
- а) уменьшается с ростом длины световой волны  $\lambda$  и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления подложки
  - б) увеличивается с ростом длины световой волны  $\lambda$  и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления подложки
  - в) увеличивается с ростом длины световой волны  $\lambda$  и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления волноводного слоя
  - г) уменьшается с ростом длины световой волны  $\lambda$  и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления покровной среды
12. Эффективный показатель преломления излучательной моды подложки в пленочном волноводе изменяется в пределах ...
- а) от нуля до показателя преломления покровной среды
  - б) от показателя преломления подложки до показателя преломления волноводного слоя
  - в) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления волноводного слоя
  - г) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления подложки

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Система уравнений электромагнитного поля для диэлектрической среды.
2. Отражение света от плоской границы.

3. Полное внутреннее отражение света.
4. Планарный оптический волновод: моды волновода - направляемые, вытекающие, излучательные; ТЕ и ТМ моды.
5. Формирование направляемых мод с позиций геометрической оптики и дисперсионное уравнение планарного волновода.
6. Электромагнитная теория планарного диэлектрического волновода.
7. Вывод дисперсионного уравнения и дисперсионные кривые; нормированные параметры и обобщенные дисперсионные кривые.
8. Планарные волноводы со ступенчатым и градиентным профилями показателя преломления.
9. Дисперсионное уравнение для градиентного планарного волновода.
10. Механизмы потерь света в оптических волноводах.
11. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волнопроводов; моды канальных оптических волнопроводов.
12. Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы.
13. Методы эпитаксии в формировании полупроводниковых волноводно-оптических элементов.
14. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводнооптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах.
15. Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных методов формирования
16. Пассивные интегрально-оптические компоненты: линзы, призмы, зеркала, расщепители пучков, направленные ответвители, поляризаторы. Методы формирования, характеристики.
17. Управляющие элементы интегральной оптики на основе электрооптического и акустооптического эффектов: модуляторы, дефлекторы, преобразователи частоты и поляризации света.
18. Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин.

### **9.1.3. Темы практических заданий**

1. Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн
2. Расчет параметров и дисперсионных характеристик пленочных планарных оптических волнопроводов
3. Расчет параметров и дисперсионных характеристик градиентных планарных оптических волнопроводов
4. Расчет конструктивных и технологических параметров волноводных элементов
5. Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волнопроводов

### **9.1.4. Темы лабораторных работ**

1. Исследование планарных оптических волнопроводов
2. Моделирование параметров градиентных оптических волнопроводов

## **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)
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.



## 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:

Старший преподаватель, каф. ЭП	М.В. Бородин	Разработано, 4bab9e2d-1d70-4531- 8ac1-b921b013421a
--------------------------------	--------------	--