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
_____ В. М. Рулевский
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Интегральная и волноводная фотоника

Уровень образования: **высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации**
Направление подготовки / специальность: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль) / специализация: **Оптика**
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

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.06.2015
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 46693

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 68 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного 30.07.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

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

Согласована на портале № 46693

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

освоение на базе широких, целостных и глубоких знаний в области физических основ квантовой электроники, интегральной и волноводной фотоники теоретических, экспериментальных и технологических подходов к разработке и реализации интегрально-оптических устройств и систем волноводной фотоники

1.2. Задачи дисциплины

– углубление необходимых в профессиональной деятельности знаний по физическим основам квантовой электроники, интегральной и волноводной фотоники и по подходам к математическим моделям, используемым для описания генерации, распространения, преобразования и детектирования оптического излучения в интегрально-оптических устройствах и системах волноводной фотоники

– освоение теоретических, экспериментальных и технологических подходов к разработке и реализации интегрально-оптических устройств и систем интегральной и волноводной фотоники

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Интегральная и волноводная фотоника» (Б1.В.ДВ.1.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Интегральная и волноводная фотоника, Иностранный язык, Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований, Физика и астрономия.

Последующими дисциплинами являются: Интегральная и волноводная фотоника, Оптика, 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-3 готовность к разработке и реализации устройств и систем нелинейной и волноводной фотоники, квантовой электроники и оптической голографии;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические основы квантовой электроники, интегральной и волноводной фотоники; подходы к описанию оптических явлений в устройствах и системах квантовой электроники, интегральной и волноводной фотоники; принципы построения и функционирования интегрально-оптических и волноводных устройств, систем и приборов; основные методы расчета и технологические процессы, используемые при разработке и реализации устройств интегральной и волноводной фотоники;

– **уметь** определять и обосновывать выбор схемы построения элементов, устройств и систем интегральной и волноводной фотоники различного назначения, а также методов и технологии реализации интегрально-оптических и волноводных элементов, соответствующих функциональному назначению разрабатываемых устройств и систем и используемому спектральному диапазону;

– **владеть** методами математического моделирования физических явлений в устройствах и системах интегральной и волноводной фотоники, а также инженерного проектирования элементов, устройств и систем интегральной и волноводной фотоники; методами реализации интегрально-оптических элементов, волноводных устройств и систем, с использованием стандартных и специализированных технологических и экспериментальных методик и программных средств; методиками измерений основных параметров интегрально-оптических элементов, устройств и систем, а также основных характеристик оптических материалов, используемых в устройствах и системах интегральной и волноводной фотоники.

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

Согласована на портале № 46693

		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	12	6	6
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	60	48	12
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	36	18	18
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	2	0	11	13	ПК-3
2 Планарные волноводы	6	6	16	28	ПК-3
3 Полосковые оптические волноводы	3	2	11	16	ПК-3
4 Потери в оптических волноводах	3	4	17	24	ПК-3
5 Интегрально-оптические элементы связи	4	6	17	27	ПК-3
Итого за семестр	18	18	72	108	
4 семестр					
6 Измерение параметров оптических волноводов	4	3	7	14	ПК-3
7 Пассивные интегрально – оптические элементы	4	2	7	13	ПК-3
8 Управление излучением в оптических волноводах	4	4	5	13	ПК-3
9 Нелинейные явления в оптических волноводах	2	6	9	17	ПК-3
10 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	4	3	8	15	ПК-3
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	36	36	108	180	

Согласована на портале № 46693

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	Предмет интегральной и волноводной фотоники. История развития. Основные физические принципы построения элементов волноводной фотоники. Классификация оптических волноводов. Достижения и перспективы развития.	2	ПК-3
	Итого	2	
2 Планарные волноводы	Физические принципы волноводного распространения света в планарных волноводных структурах ступенчатого вида. Геометрическая оптика планарных волноводов. Дисперсионное уравнение TE и TM мод пленочного планарного волновода. Электромагнитная теория планарных волноводов. Свойства мод пленочного и градиентных планарных волноводов. Нормированные параметры планарных волноводов.	6	ПК-3
	Итого	6	
3 Полосковые оптические волноводы	Технология изготовления полосковых волноводов. Расчет параметров полосковых волноводов. Области использования в интегральной оптоэлектронике и волноводной фотонике.	3	ПК-3
	Итого	3	
4 Потери в оптических волноводах	Механизмы потерь в оптических волноводах. Поглощение света. Рассеяние света в другие моды волновода. Потери на изгибах. Методы определения потерь в оптических волноводах.	3	ПК-3
	Итого	3	
5 Интегрально-оптические элементы связи	Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Суживающийся край. Призменный ввод. Решеточный элемент связи. Эффективность ввода излучения в планарный волновод. Элементы связи между оптическими волноводами (планарными и полосковыми). Стыковка планарных волноводов с оптическими волноводами.	4	ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
4 семестр			

Согласована на портале № 46693

6 Измерение параметров оптических волноводов	Измерение эффективных показателей преломления волноводных мод. Измерение показателя преломления материала пленки и толщины тонкопленочных волноводов. Измерение затухания в волноводе.	4	ПК-3
	Итого	4	
7 Пассивные интегрально – оптические элементы	Планарные линзы: геодезические линзы, линзы с изменением эффективного показателя преломления, линзы Люнеберга. Торцевые отражатели. Планарные призмы. Планарные отражатели.	4	ПК-3
	Итого	4	
8 Управление излучением в оптических волноводах	Акустооптические методы управления светом в оптических волноводах. Дифракция волноводных оптических волн (ВОВ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Электрооптические (ЭО) методы управления излучением в волноводных структурах. Фазовые ЭО модуляторы. Электрооптические призмы. Полупроводниковые фотоприемники.	4	ПК-3
	Итого	4	
9 Нелинейные явления в оптических волноводах	Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах. Фоторефрактивные эффекты в элементах интегральной и волноводной фотоники.	2	ПК-3
	Итого	2	
10 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	Топология оптической сети. Волоконные световоды. Волоконно-оптические датчики. Полупроводниковые лазеры. Общие характеристики усилителей. Принцип работы эрбиевого усилителя. Оптическая схема эрбиевого волоконного усилителя. Теоретическое описание работы усилителя и его основные параметры.	4	ПК-3
	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

Согласована на портале № 46693

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Интегральная и волноводная фотоника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Иностранный язык	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Физика и астрономия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины										
1 Интегральная и волноводная фотоника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Оптика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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-3	+	+	+	Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию

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
3 семестр			
2 Планарные волноводы	Волноводные моды пленочного волновода. Эффективная толщина волновода. Градиентные планарные волноводы. Волновые уравнения для планарных волноводов. Моды пленочного волновода. Свойства мод пленочного волновода. Волновые уравнения для градиентных планарных	6	ПК-3

Согласована на портале № 46693

	волноводов.		
	Итого	6	
3 Полосковые оптические волноводы	Метод эффективного показателя преломления для анализа полоскового волновода гребневого типа.	2	ПК-3
	Итого	2	
4 Потери в оптических волноводах	Потери в материалах волноводной структуры. Рассеяние света в другие моды волновода. Потери на изгибе.	4	ПК-3
	Итого	4	
5 Интегрально-оптические элементы связи	Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Тонкопленочный волновод с суживающимся краем. Призменный элемент связи. Решеточный элемент связи. Элементы связи между планарными волноводами. Элементы связи между полосковыми и планарными волноводами. Элементы связи между полосковыми волноводами. Элементы связи между волноводами и оптическими волокнами.	6	ПК-3
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
4 семестр			
6 Измерение параметров оптических волноводов	Измерение эффективных показателей преломления волноводных мод. Измерение показателя преломления материала пленки и толщины пленочных волноводов. Измерение затухания в волноводе.	3	ПК-3
	Итого	3	
7 Пассивные интегрально – оптические элементы	Геодезические планарные линзы. Линзы с изменением эффективного показателя преломления волновода. Планарные линзы Люнеберга. Торцевые отражатели. Планарные призмы,	2	ПК-3
	Итого	2	
8 Управление излучением в оптических волноводах	Акустооптические методы управления в планарных структурах. Фазовые электрооптические модуляторы. Модуляторы и переключатели решеточного типа. Электрооптические устройства управления на связанных полосковых волноводах. Электрооптические призмы. Амплитудные волноводные модуляторы Маха - Цендера.	4	ПК-3
	Итого	4	
9 Нелинейные явления в оптических волноводах	Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волново-	6	ПК-3

Согласована на портале № 46693

	дах. Методы формирования фоторефрактивных волноводов. Пространственные солитоны в планарных фоторефрактивных волноводах.		
	Итого	6	
10 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	Волоконные световоды. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Волоконные эрбиевые лазеры с брэгговскими зеркалами. Фотоприемники для интегрально-оптических и радиофотонных систем.	3	ПК-3
	Итого	3	
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
3 семестр				
1 Введение	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10	ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	11		
2 Планарные волноводы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	16		
3 Полосковые оптические волноводы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	11		
4 Потери в оптических	Подготовка к практическим занятиям, семина-	4	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практиче-

Согласована на портале № 46693

волноводах	рам			скому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	17		
5 Интегрально-оптические элементы связи	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	17		
Итого за семестр		72		
4 семестр				
6 Измерение параметров оптических волноводов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
7 Пассивные интегрально – оптические элементы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-3	Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
8 Управление излучением в оптических волноводах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
9 Нелинейные явления в оптических	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по практическому за-

Согласована на портале № 46693

волноводах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2		нятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	9		
10 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	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. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Оптическая и квантовая электроника : Учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Высшая школа, 2001. - 574[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 147 экз.)

3. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации : Монография / А. С. Семенов, В. Л. Смирнов, А. В. Шмалько. - М. : Радио и связь, 1990. - 225 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 12 экз.)

4. Информационная оптика : Учебное пособие для вузов / Николай Николаевич Евтихиев, Ольга Анатольевна Евтихиева, Игорь Николаевич Компанец ; ред. Н. Н. Евтихиев ; Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы". - М. : Издательство МЭИ, 2000. - 612 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

5. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750 (дата обращения: 04.11.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Оптические волны в кристаллах : Пер. с англ. / А. Ярив, П. Юх ; пер. С. Г. Кривошлыков, пер. Н. И. Петров, ред. пер. И. Н. Сисакян. - М. : Мир, 1987. - 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

2. Богданов А.В., Голубенко Ю.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: Учебное пособие. 2 е изд., испр. и доп. – СПб. Издательство «Лань», 2018. – 236 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/101825#book_name (дата обращения: 04.11.2018).

3. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – СПб. Издательство «Лань», 2011. — 544 с. ил. ISBN 978 5 8114 1136 8 — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95150#book_name (дата обращения: 04.11.2018).

Согласована на портале № 46693

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 244 с. (Используется для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1553 (дата обращения: 04.11.2018).
2. Введение в оптическую физику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 127 с. (Используется для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2196 (дата обращения: 04.11.2018).
3. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 41 с. (Используется для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059 (дата обращения: 04.11.2018).
4. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. (Используется для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1578 (дата обращения: 04.11.2018).
5. Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Е. М. Покровская - 2018. 13 с. (Используется для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7289 (дата обращения: 04.11.2018).
6. Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики [Электронный ресурс]: Сборник статей / В. М. Шандаров, С. М. Шандаров, В. В. Шепелевич - 2013. 275 с. (Используется для практических занятий). — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3012 (дата обращения: 04.11.2018).

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. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

12.5. Периодические издания

1. Квантовая электроника : научно-технический журнал. - М. : Радио и связь . - Журнал выходит с 1971 г.
2. Оптика и спектроскопия. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1956 г.
3. Физика твердого тела. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1959 г.
4. Физика и техника полупроводников. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1967 г.
5. Журнал технической физики. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1931 г.
6. Физика : научный журнал : Известия ВУЗов. - Томск : СФТИ . - Журнал выходит с 1958 г.
7. Журнал экспериментальной и теоретической физики . - М. : Наука . - Журнал выходит с 1873 г

Согласована на портале № 46693

8. Письма в ЖТФ [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://journals.ioffe.ru/journals/4 (дата обращения: 04.11.2018).
9. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://journal.tusur.ru/ (дата обращения: 04.11.2018).
10. Успехи физических наук [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://ufn.ru/ (дата обращения: 04.11.2018).
11. Письма в ЖЭТФ [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://www.jetpletters.ac.ru/ru/jetpl.shtml (дата обращения: 04.11.2018).

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

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.

Программное обеспечение не требуется.

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;

Согласована на портале № 46693

- 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/передачи 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. Распределение светового поля в планарном волноводе, когда полное внутреннее отражение отсутствует, и свет частично проходит через волноводный слой в подложку и в покровную среду, называется …

а) излучательной модой;

б) излучательной модой подложки;

в) волноводной модой;

г) модой свободного пространства.

2. Распределение светового поля в пленочном планарном волноводе, 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 …

а) модой свободного пространства;

б) излучательной модой подложки;

в) излучательной модой;

г) волноводной модой.

3. 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.

4. В поперечно-электрической моде TE, распространяющейся вдоль оси z по планарному волноводу, нормалью к поверхности которого является ось x, отличны от нуля компоненты элек-

Согласована на портале № 46693

тромагнитного поля …

а) Ex, Ey и Hz;

б) Ex, Ez и Hy;

в) Hx, Hy и Ez;

г) Hx, Hz и Ey.

5. В поперечно-магнитной моде TM, распространяющейся вдоль оси z по планарному волноводу, нормалью к поверхности которого является ось x, отличны от нуля компоненты электромагнитного поля …

а) Hy, Ex и Ez;

б) Hz, Ex и Ey;

в) Hx, Ey и Ez;

г) Hx, Hz и Ey.

6. 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.

7. 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.

8. 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. Эффективный показатель преломления излучательной моды в пленочном волноводе изменяется в пределах …

а) от нуля до показателя преломления покровной среды;

б) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления подложки;

в) от показателя преломления покровной среды до показателя преломления волноводного слоя;

г) от показателя преломления подложки до показателя преломления волноводного слоя.

10. Критическая толщина волноводного слоя h, при которой для данной волноводной моды наступает отсечка …

а) уменьшается с ростом длины световой волны λ и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления подложки;

б) увеличивается с ростом длины световой волны λ и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления подложки;

в) увеличивается с ростом длины световой волны λ и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления волноводного слоя;

г) уменьшается с ростом длины световой волны λ и соответствует равенству эффективного показателя преломления волноводной моды показателю преломления покровной среды.

11. Эффективная толщина пленочного волновода …

а) меньше толщины волноводного слоя на сумму величин, обратных к постоянным затуха-

Согласована на портале № 46693

ния светового поля в подложке и покровной среде;

б) меньше толщины волноводного слоя на разность величин, обратных к постоянным затухания светового поля в подложке и покровной среде;

в) превышает толщину волноводного слоя на сумму величин, обратных к постоянным затухания светового поля в подложке и покровной среде;

г) превышает толщину волноводного слоя на разность величин, обратных к постоянным затухания светового поля в подложке и покровной среде.

12. В градиентном планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя …

а) не изменяется при удалении от границы с покровной средой;

б) увеличивается при удалении от границы с покровной средой;

в) изменяется при удалении от границы с покровной средой, не превышая показатель преломления подложки;

г) уменьшается при удалении от границы с покровной средой и на некоторой глубине становится близким (стремится) к показателю преломления подложки.

13. В градиентном планарном волноводе в приближении геометрической оптики световые лучи волноводной моды распространяются …

а) за счет искривления траектории в волноводном слое и полного внутреннего отражения от границы раздела с покровной средой;

б) за счет искривления траектории в волноводном слое и полного внутреннего отражения от границы раздела с подложкой;

в) по зигзагообразной траектории за счет полного внутреннего отражения от границ раздела с подложкой и покровной средой;

г) по прямолинейной траектории, параллельной границам раздела с подложкой и покровной средой.

14. В градиентном планарном волноводе эффективный показатель преломления волноводной моды …

а) не превосходит показателя преломления подложки;

б) равен показателю преломления волноводного слоя в точке поворота;

в) равен среднему значению показателей преломления для подложки и покровной среды;

г) равен максимальному значению показателя преломления в волноводном слое.

15. В градиентном планарном волноводе световая волна в точке поворота приобретает дополнительный фазовый сдвиг, равный …

а) π;

б) 2π;

в) $\pi/2$;

г) $\pi/4$.

16. Световое поле волноводной моды в пленочном волноводе изменяется вдоль нормали к волноводному слою …

а) по гармоническому (косинусоидальному) закону в подложке, волноводном слое и покровной среде;

б) по гармоническому (косинусоидальному) закону в подложке и волноводном слое и экспоненциально затухает в покровной среде;

в) по гармоническому (косинусоидальному) закону в подложке и покровной среде и экспоненциально затухает в волноводном слое;

г) по гармоническому (косинусоидальному) закону в волноводном слое и экспоненциально затухает в подложке и покровной среде.

17. Световое поле волноводной моды в пленочном волноводе изменяется вдоль нормали к волноводному слою …

а) по гармоническому (косинусоидальному) закону в волноводном слое и подложке и экспоненциально затухает в покровной среде;

б) по гармоническому (косинусоидальному) закону в подложке, волноводном слое и покровной среде;

в) по гармоническому (косинусоидальному) закону в волноводном слое и экспоненциально затухает в подложке и покровной среде;

Согласована на портале № 46693

г) по гармоническому (косинусоидальному) закону в подложке и покровной среде и экспоненциально затухает в волноводном слое.

18. В призменном элементе связи его показатель преломления должен …

а) не превышать показатель преломления подложки;

б) превышать максимальное значение показателя преломления волноводного слоя;

в) не превышать показатель преломления покровной среды;

г) должен быть точно равен эффективному показателю преломления волноводной моды.

19. Геодезическая линза представляет собой …

а) участок с увеличенной толщиной волноводного слоя, ограниченный вдоль направления распространения волноводного пучка двумя цилиндрическими поверхностями;

б) участок с уменьшенной толщиной волноводного слоя, ограниченный вдоль направления распространения волноводного пучка двумя цилиндрическими поверхностями;

в) углубление в подложке в виде сферического сегмента, на который нанесен оптический волновод;

г) участок с увеличенной толщиной волноводного слоя, ограниченный вдоль направления распространения волноводного пучка двумя плоскими поверхностями.

20. В электрооптических модуляторах на ниобате лития оптимальным является использование конфигурации:

а) электрическое поле приложено вдоль оси y, максимальная компонента электрической напряженности светового поля направлена вдоль оси y;

б) электрическое поле приложено вдоль оси y, максимальная компонента электрической напряженности светового поля направлена вдоль оси z;

в) электрическое поле приложено вдоль оси z, максимальная компонента электрической напряженности светового поля направлена вдоль оси z;

г) электрическое поле приложено вдоль оси z, максимальная компонента электрической напряженности светового поля направлена вдоль оси y.

14.1.2. Темы опросов на занятиях

Предмет интегральной и волноводной фотоники. История развития. Основные физические принципы построения элементов волноводной фотоники. Классификация оптических волноводов. Достижения и перспективы развития.

Физические принципы волноводного распространения света в планарных волноводных структурах ступенчатого вида. Геометрическая оптика планарных волноводов. Дисперсионное уравнение ТЕ и ТМ мод пленочного планарного волновода. Электромагнитная теория планарных волноводов. Свойства мод пленочного и градиентных планарных волноводов. Нормированные параметры планарных волноводов.

Технология изготовления полосковых волноводов. Расчет параметров полосковых волноводов. Области использования в интегральной оптоэлектронике и волноводной фотонике.

Механизмы потерь в оптических волноводах. Поглощение света. Рассеяние света в другие моды волновода. Потери на изгибах. Методы определения потерь в оптических волноводах.

Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Суживающийся край. Призменный ввод. Решеточный элемент связи. Эффективность ввода излучения в планарный волновод. Элементы связи между оптическими волноводами (планарными и полосковыми). Стыковка планарных волноводов с оптическими волноводами.

Измерение эффективных показателей преломления волноводных мод. Измерение показателя преломления материала пленки и толщины тонкопленочных волноводов. Измерение затухания в волноводе.

Планарные линзы: геодезические линзы, линзы с изменением эффективного показателя преломления, линзы Люнеберга. Торцевые отражатели. Планарные призмы. Планарные отражатели.

Акустооптические методы управления светом в оптических волноводах. Дифракция волноводных оптических волн (ВОВ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Электрооптические (ЭО) методы управления излучением в волноводных структурах. Фазовые ЭО модуляторы. Электрооптические призмы. Полупроводниковые фотоприемники.

Топология оптической сети. Волоконные световоды. Волоконно-оптические датчики. Полупроводниковые лазеры. Общие характеристики усилителей. Принцип работы эрбиевого усилителя.

Согласована на портале № 46693

Оптическая схема эрбиевого волоконного усилителя. Теоретическое описание работы усилителя и его основные параметры.

Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах. Фоторефрактивные эффекты в элементах интегральной и волноводной фотоники.

14.1.3. Зачёт

1. Основные физические принципы интегральной и волноводной фотоники.
2. Классификация оптических волноводов.
3. Геометрическая оптика планарных волноводов. Классификация мод планарного волновода.
4. Волноводные моды пленочного волновода. Вывод дисперсионного уравнения с использованием подхода геометрической оптики.
5. Анализ дисперсионного уравнения пленочного волновода.
6. Эффективная толщина волновода.
7. Градиентные планарные волноводы в приближении геометрической оптики.
8. Волновые уравнения для планарных волноводов.
9. Моды пленочного волновода, электромагнитная теория.
10. Свойства мод пленочного волновода, электромагнитная теория.
11. Волновые уравнения для градиентных планарных волноводов.
12. Полосковые волноводы.
13. Механизмы потерь в оптических волноводах. Рассеяние света в другие моды.
14. Потери на изгибе в оптических волноводах.
15. Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы.
16. Тонкопленочный волновод с суживающимся краем.
17. Призменный элемент связи.
18. Решеточный элемент связи.
19. Элементы связи между планарными волноводами; между полосковыми и планарными волноводами; между полосковыми волноводами; между волноводами и волоконными световодами.
20. Измерение эффективных показателей преломления волноводных мод.
21. Измерение показателя преломления материала пленки и толщины тонкопленочных волноводов.
22. Измерение затухания в волноводе.

14.1.4. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Волноводные моды пленочного волновода. Эффективная толщина волновода. Градиентные планарные волноводы. Волновые уравнения для планарных волноводов. Моды пленочного волновода. Свойства мод пленочного волновода. Волновые уравнения для градиентных планарных волноводов.

Метод эффективного показателя преломления для анализа полоскового волновода гребневого типа.

Потери в материалах волноводной структуры. Рассеяние света в другие моды волновода. Потери на изгибе.

Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Тонкопленочный волновод с суживающимся краем. Призменный элемент связи. Решеточный элемент связи. Элементы связи между планарными волноводами. Элементы связи между полосковыми и планарными волноводами. Элементы связи между полосковыми волноводами. Элементы связи между волноводами и оптическими волокнами.

Измерение эффективных показателей преломления волноводных мод. Измерение показателя преломления материала пленки и толщины пленочных волноводов. Измерение затухания в волноводе.

Геодезические планарные линзы. Линзы с изменением эффективного показателя преломления волновода. Планарные линзы Люнеберга. Торцевые отражатели. Планарные призмы,

Акустооптические методы управления в планарных структурах. Фазовые электрооптические модуляторы. Модуляторы и переключатели решеточного типа. Электрооптические устройства управления на связанных полосковых волноводах. Электрооптические призмы. Амплитудные вол-

Согласована на портале № 46693

новодные модуляторы Маха - Цендера.

Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах. Методы формирования фоторефрактивных волноводов. Пространственные солитоны в планарных фоторефрактивных волноводах.

Волоконные световоды. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Волоконные эрбиевые лазеры с брэгговскими зеркалами. Фотоприемники для интегрально-оптических и радиофотонных систем.

14.1.5. Вопросы дифференцированного зачета

1. Планарные линзы. Геодезические линзы.
2. Линзы с изменением эффективного показателя преломления волновода и планарные линзы Люнеберга.
3. Торцевые отражатели и планарные призмы.
4. Акустооптические методы управления излучением в планарных волноводных структурах. Дифракция волноводных оптических волн на поверхностных акустических волнах.
5. Особенности акустооптического взаимодействия в планарных волноводах.
6. Фазовые волноводные электрооптические модуляторы.
7. Волноводные модуляторы и переключатели решеточного типа.
8. Электрооптические устройства управления на связанных полосковых волноводах. Электрооптические призмы.
9. Волноводная генерация второй гармоники.
10. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах.
11. Фоторефрактивные эффекты в элементах интегральной и волноводной фотоники.
12. Топология оптической сети.
13. Волоконные световоды.
14. Волоконно-оптические датчики.
15. Инжекционные полупроводниковые лазеры.
16. Общие характеристики волоконных усилителей.
17. Принцип работы эрбиевого усилителя.
18. Оптическая схема эрбиевого волоконного усилителя.
19. Теоретическое описание работы эрбиевого волоконного усилителя и его основные параметры.

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

Согласована на портале № 46693

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.

Согласована на портале № 46693