Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Профиль: Квантовая и оптическая электроника
Форма обучения Очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)
Кафедра электронных приборов (ЭП)

Курс 4 **Семестр** 7

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 7	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	час
2	Лабораторные работы	12	12	час
3	Практические занятия	12	12	час
4	Курсовая работа (КРС) (аудиторная)	не предусмотрена		час
5	Всего аудиторных занятий (сумма 1 - 4)	44	44	час
6	Из них в интерактивной форме	36	36	час
7	Самостоятельная работа студентов (СРС)	28	28	час
8	Всего (без экзамена) (Сумма 5, 7)	72	72	час
9	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена	-	-	час
10	Общая трудоемкость (Сумма 8, 9)	72	72	час
	(в зачетных единицах)	2	2	ЗЕТ

Зачет – 7 (седьмой) семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9671

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения по направлению подготовки 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Профиль: Квантовая и оптическая электроника

Разработчик: _____ В.М. Шандаров

Зав. кафедрой, профессор каф.ЭП _____ С.М. Шандаров

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки 210100.62 – Электроника и наноэлектроника,

Декан ФЭТ _____ А.И. Воронин

Зав. обеспечивающей кафедрой СВЧиКР _____ С.Н. Шарангович

Зав. выпускающей кафедрой ЭП _____ С.М. Шандаров

Эксперты:

Председатель методической комиссии каф ЭП Л.Н. Орликов

Проф. каф. СВЧиКР _____ А.Е. Мандель

Согласована на портале № 9671

1. Цели и задачи дисциплины «Волоконная оптика»

Цель дисциплины - усвоение студентами физических основ функционирования, фундаментальных пределов и ограничений устройств волоконной оптики, находящих все более широкое применение в современной науке и технике.

Задачи дисциплины - формирование ясной физической картины распространения оптического излучения в волноводных средах; комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения, дисперсионных характеристик волноводов; сравнительный анализ методов модуляции излучения и ограничения, накладываемые этими методами на устройства волоконной оптики; ознакомление с современным уровнем волоконной оптики, тенденциями ее дальнейшего развития.

2. Место дисциплины в структуре ООП

«Волоконная оптика» – дисциплина по выбору (Б1.В.ДВ.8.1) подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

– способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: физические основы функционирования, фундаментальные пределы и ограничения устройств волоконной оптики.

***уметь*:** строить математические и физические модели процессов распространения оптического излучения в волноводных средах; проводить комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения, дисперсионных характеристик волноводов; проводить сравнительный анализ методов модуляции излучения.

***владеть*:** терминологией, используемой в волоконной оптике; навыками моделирования и исследования процессов распространения световых волн в оптических волокнах; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем волоконной оптики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет две зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Аудиторные занятия (всего)	44	44
В том числе:		
Лекции	20	20
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Практические занятия (ПЗ)	12	12
Курсовая работа (КРС) (аудиторная)	-	-
Из них в интерактивной форме	36	36
Самостоятельная работа (всего)	28	28
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость час	72	72
Зачетные Единицы Трудоемкости	2.0	2.0

Согласована на портале № 9671

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	Практ. зан.	КРС (ауди-торная)	СРС	Всего час	Формируемые компетенции (ОПК)
1	Введение	1				2	3	ОПК-1; ОПК-2
2	Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков	7	4	4	-	2	17	ОПК-1; ОПК-2
3	Волоконные световоды и волоконно-оптические элементы	4	4	4	-	6	18	ОПК-1; ОПК-2
4	Методы изготовления волоконных световодов и волоконно-оптических элементов	2	-		-	6	8	ОПК-1; ОПК-2
5	Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах	4	-	2	-	6	12	ОПК-1; ОПК-2
6	Волоконно-оптические датчики и волоконные лазеры	2	4	2	-	6	14	ОПК-1; ОПК-2
	Итого	20	12	12	-	8	72	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Раздел дисциплины	Содержание раздела	Трудо-емкость (час)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	Введение	Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, историческая справка о возникновении и развитии волоконной оптики, основная и дополнительная литература	1	ОПК-1; ОПК-2
2	Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков	Система уравнений Максвелла для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Плоские световые волны в безграничной среде. Поляризация света. Поляризационные элементы. Прохождение света через границу раздела. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок.	7	ОПК-1; ОПК-2
3	Волоконные световоды и волоконно-оптические элементы	Планарный оптический волновод, моды и дисперсионное уравнение планарного волновода. Волоконные световоды, скалярное волновое уравнение, поля мод для световода со ступенчатым профилем показателя преломления. Числовая апертура и число мод волоконного световода. Дисперсия и механизмы потерь света в волоконном световоде. Типы оптических волокон. Особенности физических свойств и характеристик световодов для волоконно-оптических устройств и приборов. Волоконно-оптические соединители, разветвители, поляризаторы, разъемы, сварные соединения, волоконно-оптические брэгговские решетки.	4	ОПК-1; ОПК-2

Согласована на портале № 9671

4	Методы изготовления волоконных световодов и волоконно-оптических элементов	Основные материалы волоконной оптики: стекла, кристаллические и полимерные материалы. Подготовка заготовок для производства волоконных световодов. Методы вытягивания оптического волокна.	2	ОПК-1; ОПК-2
5	Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах	Поляризация диэлектрика в электрическом поле. Среды с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью - возможные нелинейно-оптические эффекты в таких средах. Уравнение нелинейных волн. Нелинейно - оптические материалы. Генерация второй гармоники. Самомодуляция. Самовоздействие световых пучков в нелинейной среде. Временные и пространственные оптические солитоны. Вынужденное комбинационное рассеяние и вынужденное рассеяние Мандельштама - Бриллюэна. Оптические солитоны в волоконном световоде.	4	ОПК-1; ОПК-2
6	Волоконно-оптические датчики и волоконные лазры	Классификация волоконно-оптических датчиков по назначению волоконного тракта и методам модуляции оптического излучения. Датчики амплитудного, поляризационного и интерферометрического типов. Датчики на основе волоконных брэгговских решеток. Волоконные лазеры: типовые схемы, характеристики, области применения. Рамановские волоконные лазеры: принцип работы, характеристики, области использования и перспективы.	2	ОПК-1; ОПК-2
		Итого	20	

5.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
	Физика	+	+	+	+	+	+
	Физические основы электроники	-	+	+	+	+	+
	Специальные разделы физики	-	+	+	+	+	+
	Оптические методы обработки информации	-	+	+	+	+	+
	Наноэлектроника	-	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины							
	Квантовая и оптическая электроника	-	+	+	+	+	+
	Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства	-	+	+	+	+	+
	Взаимодействие оптического излучения с веществом	-	+	+	+	+	+
	Микроволновые приборы и устройства	-	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля
	Л	Лаб	Пр	КР	СРС	
ОПК-1	+	+	+	-	+	Отчет по лабораторным работам. Проверка заданий на практических занятиях. Зачет.
ОПК-2	+	+	+	-	+	Отчет по лабораторным работам. Проверка заданий на практических занятиях. Зачет.

Л-лекция, Пр - практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

Согласована на портале № 9671

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
7 семестр				
«Разминка», Лекция с ошибками»	-	-	16	16
«Мозговой штурм»	10	-	-	10
«Групповая работа»	-	10	-	10
Итого за семестр:	10	10	16	36
Итого	10	10	16	36

7. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час)	Компетенции ОК, ПК
1	3	Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации	4	ОПК-1; ОПК-2
2	3	Исследование эффективности ввода света в волоконный световод	4	ОПК-1; ОПК-2
3	6	Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна	4	ОПК-1; ОПК-2
		Всего	12	

8. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК
1	2	Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок.	4	ОПК-1; ОПК-2
2	2, 3	Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков. Семинар.	4	ОПК-1; ОПК-2
3	3	Расчет характеристик планарных волноводов и волоконных брэгговских решеток. Семинар.	4	ОПК-1; ОПК-2
		всего	12	

9. Самостоятельная работа

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы (опрос, тест, дом.задание и т.д.)
1	1 – 6	Проработка лекционного материала	8	ОПК-1; ОПК-2	Опрос
2	2, 3	Подготовка к практическим занятиям	6	ОПК-1; ОПК-2	Опрос и проверка на практических занятиях.
3	3, 6	Подготовка отчетов по лабораторным работам	8	ОПК-1; ОПК-2	Отчет. Допуск к лабораторной работе
4	1 - 6	Самостоятельное изучение тем теоретической части	6	ОПК-1; ОПК-2	Опрос, семинары
		Итого	28		

Согласована на портале № 9671

10. Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Оценка объема и качества знаний студентов при внутрисеместровой и промежуточной аттестации определяется в соответствии с «Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов (приказ ректора от 25.02.2010 № 1902). Семестровая балльная раскладка по дисциплине приведена в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Балльная раскладка по дисциплине «Волоконная оптика», седьмой семестр (зачет, лекции, лабораторные занятия, практические занятия)

Элементы учебной деятельности	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
Посещение занятий	2	2	2	6
Тестовый контроль	10	10	10	30
Практические занятия	10	10	10	30
Выполнение и защита результатов лабораторных работ	6	8	8	22
Компонент своевременности	4	4	4	12
Итого максимум за период:	32	34	34	100
Нарастающим итогом	32	66	100	100

Рейтинг выставляется полностью, если работа сдана в срок (на текущей неделе); 50% рейтинга выставляется, если текущая неделя просрочена. За более позднюю сдачу заданий рейтинг не ставится. При пропусках по уважительным причинам оценка выставляется по самостоятельному заданию.

Составляющая балльной оценки входит в итоговую сумму баллов. Методика выставления баллов за ответы на экзамене определяется преподавателем (например, до 15 баллов за каждый из 2-х вопросов в билете).

Таблица 11.2– Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70 % до 89 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60 % до 69 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3– Пересчет итоговой суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно)	65 – 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Преобразование суммы баллов в традиционную оценку и в международную буквенную оценку происходит один раз в конце семестра только после подведения итогов изучения дисциплины.

Согласована на портале № 9671

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. - 198 с. Режим доступа http://edu.tusur.ru/training/publications/741

12.2 Дополнительная литература

1. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. **(6)**

2. Фриман, Роджер. Волоконно-оптические системы связи : Пер. с англ. / Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2006. - 495[1] с. : ил., табл. - (Мир связи ; IX-03). **(14)**

3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011.- 528 с. Режим доступа http://e.lanbook.com/view/book/690

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

1. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно - оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/59

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/120

3 . Шандаров В. М., Круглов В. Г. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/62

4. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям 2012. - 31 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/742

Методические указания по самостоятельной работе студентов приведены в Учебно-методическом пособии [4], Главы 1, 2, Стр. 4 - 28.

12.3 Программное обеспечение

Microsoft PoweRoint для проведения лекций, операционные системы Windows и Unix для проведения лабораторных работ.

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Образовательный портал университета, библиотека университета

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами класса Pentium II и выше, включенный в сеть Internet.

Согласована на портале № 9671

Приложение к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян

«___» _____ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки Направление подготовки 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника"

Профиль Квантовая и оптическая электроника

Форма обучения очная
Факультет Электронной техники (ФЭТ)
Кафедра Электронных приборы (ЭП)

Курс четвертый **Семестр** седьмой

Учебный план набора 2013 года

Зачет – седьмой семестр
Экзамен – не предусмотрен
Диф. зачет – не предусмотрен

Разработчик
Проф. каф. СВЧиКР
_____ В.М. Шандаров

Заведующий кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров

Томск 2017

Согласована на портале № 9671

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	**Формулировка компетенции**	**Этапы формирования компетенции**
ОПК-1	способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	**Должен знать** основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и основы нелинейной оптики; принципы работы, построения, особенности и характеристики волоконно-оптических элементов и приборов. **Должен уметь** объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических элементов и устройств; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании оптических приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов. **Должен владеть** навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы волоконной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических и волоконно-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волоконно-оптических элементов, с оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой.
ОПК-2	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическим и теоретическим знанием в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем.	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы.
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие	Обладает диапазоном практических умений,	Берет ответственность за завершение задач в

Согласована на портале № 9671

	понятия в пределах изучаемой области.	требуемых для решения определенных проблем в области исследования.	исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями.	Обладает основными умениями, требуемыми для решения простых задач.	Работает при прямом наблюдении.

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

Компетенция ОПК-1**:** способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные законы и соотношения волновой оптики, оптики ограниченных световых пучков и теории волоконно-оптических направляющих структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики волоконно-оптических элементов и приборов.	Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; применять на практике известные методы экспериментального исследования волоконно-оптических элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических и волоконно-оптических компонентов и устройств.	Навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и волоконной оптики.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Зачет.	Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Зачет.

Согласована на портале № 9671

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 2 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные законы и соотношения волновой оптики, оптики ограниченных световых пучков, теории цилиндрических оптических волноводов; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной волоконной оптики; принципы построения, особенности и характеристики оптических и волоконно-оптических элементов и приборов.	Умеет объяснять физику работы оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; применять методы их экспериментального исследования; выполнять расчеты по определению параметров и характеристик оптических и волоконно-оптических компонентов и устройств.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и волоконной оптики.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области физической оптики. Понимает принципы построения оптических и волоконно-оптических элементов и приборов.	Умеет выполнять поиск информации в области оптики, используя ресурсы отечественных и зарубежных источников. Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области волоконной оптики.	Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с оптическими явлениями.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий в области волоконной оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить информацию, связанную с оптическими явлениями.

2.2 Компетенция ОПК-2

Компетенция ОПК-2**:** способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные законы и соотношения волновой теории направляющих структур; характеристики волоконно-оптических элементов и приборов.	Выполнять расчеты характеристик волоконно-оптических компонентов; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических приборов; пользоваться справочными	Навыками проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волоконно-

Согласована на портале № 9671

		данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов.	оптических элементов, с оптическими приборами и контрольно-измерительной аппаратурой.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Зачет.	Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Зачет.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные законы и соотношения волновой теории направляющих оптических структур; принципы построения, особенности и характеристики волоконно-оптических элементов и приборов.	Умеет проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических приборов и систем; навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических элементов и устройств; навыками работы с реальными волоконно-оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области волоконной оптики. Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов.	Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик волоконно-оптических элементов и приборов; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов. Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования.	Владеет навыками работы с литературными источниками в области волоконной оптики.
Удовлетвори тельно (пороговый	Имеет представление о принципах построения волоконно-оптических	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять	Может корректно представить знания и информацию,

Согласована на портале № 9671

уровень)	элементов и приборов, об основных понятиях в области волоконной оптики.	результаты своей работы.	связанную с оптическими явлениями.

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

Контрольные задачи (типовые) по элементарным знаниям и практическим навыкам по темам:

3.1. ТЕМА: Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок.

Задача 1.

Запишите выражение для напряженности электрического поля плоской световой волны, распространяющейся в среде вдоль оси Z, если в плоскости XOY фазовый сдвиг между компонентами вектора E вдоль осей X и Y составляет 90°, а отношение их амплитуд $E_{mx}/E_{my}=0{,}5$.

Решение:

Согласно условиям задачи, плоская световая волна распространяется вдоль оси z. Тогда, исходя из поперечной структуры ее поля, вектор $\overline{E}$ может располагаться лишь в плоскости XOY и имеет составляющие E_x и E_y. Изменение величины напряженности электрического поля плоской световой волны во времени и пространстве определяется выражением:

$\overline{E} = [\bar{x}_0 E_{mx}\cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 E_{my}\cos(\omega t - kz - \varphi)]$. Поскольку фазовый сдвиг между составляющими вектора $\overline{E}$ вдоль этих осей равен 90°, а $E_{my} = 2E_{mx}$ то это соотношение принимает окончательный вид:

$$\overline{E} = [\bar{x}_0 E_{mx}\cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 \cdot 2E_{mx}\sin(\omega t - kz)] =$$

$$= E_{mx} \cdot [\bar{x}_0 \cos(\omega t - kz) + 2\bar{y}_0 \sin(\omega t - kz)]$$

Таким образом, рассматриваемый случай соответствует плоской световой волне с эллиптической поляризацией, причем большая ось эллипса параллельна оси Y (поскольку $E_{my} = 2E_{mx}$).

Задача 2.

На пленочный поляроид падает линейно поляризованный световой пучок мощностью 1 мВт, плоскость поляризации света отклонена от направления главной оси поляроида на 30˚. Какова величина световой мощности, прошедшей через поляризатор, если поляризующий материал заключен между двумя стеклянными пластинками (для стекла n=1,51), а френелевскими отражениями на границе между стеклом и этим материалом можно пренебречь?

Решение:

Уменьшение мощности световой волны, прошедшей через поляроид, обусловлено в реальных элементах эффектами частичного отражения света на границах раздела сред с разными свойствами, поглощения света в материале структуры, а также собственно поляризующим действием такого элемента.

Согласована на портале № 9671

Для наглядности представим схему данного элемента (рис. 1.2). Частичное отражение света может наблюдаться здесь на границах раздела 1 – 4 (отмечены стрелками). Согласно условиям задачи, можно пренебречь эффектом отражения света на границах 2 и 3. Поскольку условиями не определена величина оптического поглощения в материале поляроида, им также пренебрегаем. В итоге, для определения прошедшей световой мощности учитываем эффект частичного отражения света на входной и выходной границах структуры (границы 1 и 4), а также отклонением плоскости поляризации света от главного направления поляроида. определяемым законом Малюса.

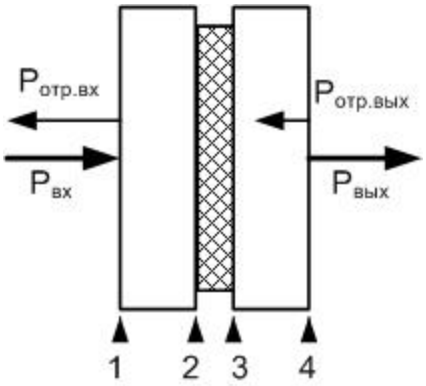

Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления n и воздуха определяется соотношением $r = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$, то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна $P_{ïð} = P_{ïàä} \cdot (1-\mathrm{r})(1-\mathrm{r}) = P_{ïàä} \cdot (1-\mathrm{r})^2$. Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$P_{ïð} = P_{ïàä} \cdot (1-\mathrm{r})^2 \cdot \cos^2\theta$, где θ=30º. Для n=1,51 в итоге получаем:

r=0,0413; $P_{пр}=1\cdot(1-0{,}0413)^2\cdot\cos^2(30º)=0{,}9178\cdot 0{,}75=0{,}6884$ мВт.

Таким образом, мощность прошедшего через поляроид светового пучка в данном случае составляет 0,6884 мВт.

3.2. ТЕМА: Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков.

Задача 1.

1. Выведите соотношение, определяющее числовую апертуру NA волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления и параметрами волоконного световода n_1 – показатель преломления материала сердцевины, n_2 - показатель преломления материала оболочки световода.

Решение:

Представим на рисунке геометрию задачи, определим понятие числовой апертуры. Затем, используя закон Снеллиуса при прохождении световой волны через торцевую поверхность оптического волокна и понятие критического угла полного внутреннего отражения света на границе раздела «сердцевина световода – оболочка световода», получим выражение для синуса угла падения света на торцевую поверхность световода.

3.3. ТЕМА: Расчет характеристик планарных волноводов и волоконных брэгговских решеток.

Согласована на портале № 9671

Задача 1.

Найдите критическую толщину волноводного слоя для направляемой TE_3 моды тонкопленочного асимметричного волновода, если он представляет собой пленку стекла с показателем преломления n_1=1,6, нанесенную на подложку из стекла с показателем преломления n_1=1,5. Длина волны света λ=1,5 мкм.

Решение:

Используя соотношение, найдем:

$$h_{kp} = \frac{3\pi + arctg\sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_0^2 - n_1^2}}}{k_0\sqrt{n_0^2 - n_1^2}} = \frac{3\pi + arctg\sqrt{\frac{1{,}5^2 - 1}{1{,}6^2 - 1{,}5^2}}}{2\pi\sqrt{1{,}6^2 - 1{,}5^2}}\lambda = \frac{3.352\pi}{2\pi \cdot 0.557}\lambda = 3\lambda \ .$$

Таким образом, критическая толщина волноводного слоя для TE_3 моды равна 4,5 мкм.

5. Темы лабораторных работ

1. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации
2. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод.
3. Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна

6. Экзаменационные вопросы

1. Поляризация плоских волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризация. Выражения для полей плоских световых волн с заданной поляризацией.
2. Поляризационные элементы: пленочные поляроиды, кристаллические поляризаторы, фазовые пластинки. Изменение состояния поляризации плоской световой волны, прошедшей через фазовую пластинку.
3. Отражение и преломление света на границе раздела. Горизонтальная и вертикальная поляризация. Закон Снеллиуса. Угол Брюстера.
4. Полное внутреннее отражение света на границе раздела диэлектрических сред. Структура поля световой волны при полном внутреннем отражении.
5. Волоконные световоды: одномодовые и многомодовые, со ступенчатым и градиентным профилями показателя преломления. Понятие числовой апертуры световода. Дисперсия в волоконных световодах: межмодовая, хроматическая, поляризационно-модовая дисперсия. Фотонно-кристаллические волоконные световоды. Инфракрасные световоды.
6. Планарный оптический волновод. ТЕ и ТМ моды, дисперсионное уравнение планарного волновода со ступенчатым профилем.
7. Скалярное волновое уравнение для цилиндрического диэлектрического волновода. Моды волоконных световодов.
8. Волоконно-оптические брэгговские решетки. Соотношение для связи резонансной длины волны с пространственным периодом. Методы и схемы формирования волоконных решеток.
9. Модуляторы оптического излучения: фазовый электрооптический модулятор, электрооптический модулятор интенсивности.
10. Волоконные лазеры – основная схема, конструктивные элементы, особенности схем накачки мощных волоконных лазеров.
11. Суть эффекта комбинационного рассеяния (Рамановского рассеяния) и вынужденного комбинационного рассеяния света. Рамановские лазеры. Типовая схема рамановского лазера.
12. Структурная схема преобразования физической величины в волоконно – оптических датчиках. Классификация датчиков по типу модуляции световой волны.
13. Волоконно-оптические датчики с амплитудной модуляцией: датчики температуры зондового типа и датчика с оптическим преобразователем.

Согласована на портале № 9671

14. Волоконно-оптические датчики механических величин (ускорения, давления).

7. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (согласно пункту 12 рабочей программы):

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. - 198 с. Режим доступа http://edu.tusur.ru/training/publications/741

12.2 Дополнительная литература

1. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. **(6)**

2. Фриман, Роджер. Волоконно-оптические системы связи : Пер. с англ. / Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2006. - 495[1] с. : ил., табл. - (Мир связи ; IX-03). **(14)**

3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011.- 528 с. Режим доступа http://e.lanbook.com/view/book/690

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

1. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно - оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/59

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/120

3 . Шандаров В. М., Круглов В. Г. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/62

4. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям 2012. - 31 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/742

Методические указания по самостоятельной работе студентов приведены в Учебно-методическом пособии [4], Главы 1, 2, Стр. 4 - 28.

Согласована на портале № 9671