МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ **П. Е. Троян**

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы волоконной оптики»

Уровень основной образовательной программы Бакалавриат

Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Профиль «Оптические системы и сети связи»

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)

Курс третий **Семестр** пятый

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции					24				24	часов
2.	Лабораторные работы					20				20	часов
3.	Практические занятия					16				16	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-	-				-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					60				60	часов
6.	Из них в интерактивной форме										часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					48				48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					108				108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена										часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					108				108	часов
	(в зачетных единицах)					3				3	ЗЕТ

Зачет пятый **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 8226

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 4 от « 24 » 11 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного Приказом Минобрнауки России 06 марта 20145 г. регистрационный номер174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « » _____2016 г.,

протокол № ___

Разработчик Профессор каф. СВЧиКР _____ Шандаров В.М.
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ _____ __Попова К.Ю.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей
кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей
кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

ТУСУР, каф.ТОР, доц. _____ С.И.Богомолов

ТУСУР, каф. СВЧиКР Профессор _____ А.Е. Мандель

Согласована на портале № 8226

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Дисциплина «Основы волоконной оптики» разработана на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки бакалавров 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», по профилю «Оптические системы и сети связи».

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов в области физических принципов функционирования, технологии изготовления волоконно-оптических элементов и устройств, а также их применения.

Основной задачей дисциплины является изучение фундаментальных положений оптики волноводных элементов, методов модуляции параметров световых волн, основных принципов проектирования волоконно-оптических устройств и приборов.

В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ явлений и эффектов в области волоконной оптики, а также эффективно работать в области проектирования, технологии и эксплуатации волоконно-оптических элементов, устройств и приборов. Студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие подготовку для усвоения последующих дисциплин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Дисциплина по выбору вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ДВ.6.1).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта (ПК-7);
- способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики (ПК-17).

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур (ПК-7);
- основы физики взаимодействия света со средой и основы нелинейной оптики в приложении к оптическим направляющим структурам (ПК-7);
- основы технологии производства волоконно-оптических световодов и световодных элементов (ПК-7, ПК-17);
- устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий (ПК-7, ПК-17);
- устройство, принципы работы и характеристики современных волоконно-оптических лазеров (ПК-7, ПК-17);

уметь:

- объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов и приборов (ПК-7);
- применять на практике известные методы исследования волоконно-оптических элементов и устройств (ПК-7, ПК-17);
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконно-оптических компонентов и устройств (ПК-7, ПК-17);

Согласована на портале № 8226

- проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств (ПК-7, ПК-17);
- пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи, сопоставляя особенности характеристик таких компонентов и приборов (ПК-7, ПК-17);

владеть:
- навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики (ПК-17);
- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств (ПК-17);
- навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, а также с лабораторными макетами различных волоконно-оптических приборов и с контрольно-измерительной аппаратурой (ПК-17).

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	60	60
В том числе:		
Лекции	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	20	20
Практические занятия	16	16
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	48	48
Изучение материала лекций	12	12
Подготовка к контрольным работам	12	12
Самостоятельное изучение отдельных тем	24	24
Подготовка к экзамену и сдача экзамена		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	
Общая трудоемкость	108	108
Зачетные единицы трудоемкости	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	Практ. Зан.	СРС	Всего час.	**Формируемые компетенции (ОК, ПК)**
1	Введение	1	-	-	2	3	ПК-7
2	Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков	5	-	4	10	19	ПК-7, 17

Согласована на портале № 8226

3	Волоконные световоды	4	8	4	10	26	ПК-7, 17
4	Волоконные и интегрально-оптические элементы для волоконной оптики	4	4	2	8	18	ПК-7, 17
5	Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах	4	-	2	4	10	ПК-7, 17
6	Волоконно-оптические датчики	3	8	4	10	25	ПК-7, 17
7	Волоконные лазеры	3	-	-	4	7	ПК-7, 17
Итого:		108 часов					

5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	Введение	Задачи курса. Место дисциплины в учебном процессе.	1	ОК-9
2	Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков	Система уравнений электромагнитного поля для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Структура поля плоской световой волны в безграничной среде. Поляризация света. Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок.	5	ПК-7, ПК-17
3	Волоконные световоды	Планарный, канальный и цилиндрический диэлектрические волноводы: связь между компонентами электрического и магнитного векторов, волновые уравнения, дисперсионные уравнения для волноводов со ступенчатым профилем, типы направляемых мод и распределения их полей в планарном и цилиндрическом диэлектрических волноводах. Эффект Гуса-Хэнхена. Типы волоконных световодов: световоды с двойным лучепреломлением; фотонно-кристаллические и некварцевые волоконные световоды – основные характеристики и особенности.	4	ПК-7, ПК-17
4	Волоконные и интегрально-оптические элементы для волоконной оптики	Волоконно-оптические брэгговские и длиннопериодные решетки: принципы работы, методы формирования, основные характеристики, области применения. Канальные волноводно-оптические пассивные и управляющие элементы для волоконной оптики.	4	ПК-7, ПК-17
5	Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах	Поляризация диэлектрика в электрическом поле. Среды с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью – возможные нелинейно-оптические эффекты. Уравнение нелинейных волн. Нелинейно - оптические материалы. Оптические солитоны. Вынужденное комбинационное рассеяние (рамановское рассеяние) и вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна: физические механизмы, особенности проявления в волоконных световодах, области приложения.	4	ПК-7, ПК-17
6	Волоконно-оптические датчики	Классификация волоконно-оптических датчиков по назначению волоконно-оптического тракта и методам модуляции оптического излучения. Принципы построения и примеры реализации волоконно-оптических датчиков с амплитудной, поляризационной, частотной и фазовой	3	ПК-7, ПК-17

Согласована на портале № 8226

		модуляцией для измерения различных физических воздействий.		
7	Волоконные лазеры	Активные волоконные световоды. Преимущества волоконно-оптических лазеров. Волоконные лазеры: история, типовые схемы, характеристики, области применения. Рамановские волоконно-оптические лазеры: принцип работы, характеристики, области использования и перспективы.	3	ПК-7, ПК-17

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 из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
1	Математический анализ		+	+	+	+	+
2	Физика	+	+	+	+	+	+
3	Информатика	-	+	+	+	+	+
4	Математические методы описания сигналов	-	-	+	+	+	+
5	Физические основы оптоэлектроники	-	-	+	+	-	-
6	Введение в оптические системы и сети связи	+	-	-	+	+	+
7	Основы физической оптики	-	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины							
1	Электромагнитные поля и волны	-	+	+	+	-	-
2	Оптические направляющие среды	-	+	+	+	+	+
3	Оптические цифровые телекоммуникационные системы	-	+	-	+	+	+
4	Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства	-	+	+	+	+	+
5	Волоконно-оптические устройства технологического назначения	-	+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля по всем видам занятий
	Л	Лаб	Пр.	КР/КП	СРС	
ПК-7	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет
ПК-17	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет

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

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе, с учетом требований к объему занятий в интерактивной форме.

Согласована на портале № 8226

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	ОК, ПК
3	Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде	4	ПК-7, ПК-17
3	Исследование эффективности ввода света в волоконный световод	4	ПК-7, ПК-17
4	Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод	4	ПК-7, ПК-17
6	Исследование принципа измерения макроперемещений с использованием продольного смещения торца многомодового оптоволокна	4	ПК-7, ПК-17
6	Исследование принципа измерения микроперемещений с использованием поперечного смещения торца многомодового оптоволокна	4	ПК-7, ПК-17

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК
1	2	Характеристики поля и поляризация плоских световых волн	4	ПК-7, ПК-17
2	3	Расчет основных параметров волоконных световодов. Семинар по волоконным световодам.	4	ПК-7, ПК-17
3.	4	Расчет характеристик интегрально-оптических компонентов для волоконной оптики. Семинар.	2	ПК-7, ПК-17
4	5	Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах Семинар.	2	ПК-7, ПК-17
5	6	Расчет характеристик волоконно-оптических датчиков. Семинар.	4	ПК-7, ПК-17

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Компе-тенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	1	Изучение теоретического материала.	2	ПК-7	Зачет.
2.	2	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	10	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре.. Зачет.
3.	3	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.	10	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет.
4.	4	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.	8	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет.
5.	5	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	4	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Зачет.
6.	6	Изучение теоретического материала.	10	ПК-7,	Выступления на

Согласована на портале № 8226

		Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.		ПК-17	семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет.
7	7	Изучение теоретического материала.	4	ПК-7, ПК-17	Выступления на семинаре. Зачет.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально- рейтинговой системе оценки успеваемости , действующей с 2009 г., которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 6).

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх\big|_{x=,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}.$$

После окончания семестра студент, набравший менее 50 баллов, считается неуспевающим, не получившим зачет. **Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы, и т.д.** и набравший сумму 50 и более баллов, получает зачет «автоматом»..

Таблица 11.1 Распределения баллов в течение семестра

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку 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 лекций	16			**16**
Тестовый контроль		30		**30**
Выполнение лабораторных работ		20	20	**40**
Компонент своевременности		7	7	**14**
Итого максимум за период:	**16**	**57**	**27**	**100**
Нарастающим итогом	**16**	**73**	**100**	

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

Согласована на портале № 8226

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

12.1. Основная литература

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. – 2012. 150 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/802

2. Шандаров В. М. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. - 2013. – 198 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3709

12.2. Литература дополнительная

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. Шандаров В. М. Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – 2013. 9 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3709

2. Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3705

3. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование принципа измерения микроперемещений с использованием поперечного смещения торца многомодового оптоволокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3706

4. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование принципа измерения макроперемещений с использованием продольного смещения торца многомодового оптоволокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3707

5. Кущ Г. Г., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 11 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3703

Согласована на портале № 8226

6. Шандаров В. М. Волоконно-оптические устройства и приборы [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи"). - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 60 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3712

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Лаборатории каф. СВЧиКР, в том числе, специализированная лаборатория «Оптоэлектроники» (ауд. 333б), а также лаборатории других кафедр РТФ. Вычислительная лаборатория (ауд.337 б), кафедры СВЧиКР оборудована персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть каф. СВЧиКР с выходом в Internet.

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Объем часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только ключевые моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны достаточно много работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным занятиям и выполнении самостоятельной работы. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии снабдить их перечнем вопросов, которые подлежат изучению, списком основной и дополнительной литературы для самостоятельной работы, тематикой заданий для самостоятельной работы.

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется тестовый контроль знаний.

Лекционные занятия желательно проводятся с применением презентаций, а так же лекционных демонстраций. Это существенно улучшает динамику лекций и способствует лучшему усвоению материала. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности.

Согласована на портале № 8226

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
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОСНОВЫ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ

Уровень основной образовательной программы: БАКАЛАВРИАТ

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Профиль(и): ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ

Форма обучения ОЧНАЯ

Факультет РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)

Кафедра СВЧиКР (СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ)

Курс 3 **Семестр 5**

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов.

Зачет _____5_____ семестр **Диф. зачет _____ семестр**
Экзамен ___ семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 8226

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Основы волоконной оптики» 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 компетенций приведен в таблице 1

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-7	готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	**Должен знать** основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и основы нелинейной оптики в приложении к оптическим направляющим структурам; основы технологии производства волоконно-оптических световодов и световодных элементов; принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий. **Должен уметь** объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконно-оптических компонентов и устройств. **Должен владеть** навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы волоконной оптики.
ПК-17	способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	**Должен знать** принципы построения, особенности и характеристики волоконно-оптических элементов и приборов **Должен уметь** проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических элементов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании оптических приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов. **Должен владеть** навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования 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.

2. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-7

ПК-7: готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

Согласована на портале № 8226

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.
Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2–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.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 1 – 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 понятия в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования.	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями.	Обладает основными умениями, требуемыми	Работает при прямом наблюдении.

Согласована на портале № 8226

		для решения простых задач.	

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.
Удовлетвори-тельно (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 ПК-17

ПК-17: способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.
Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.
Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 5.

Согласована на портале № 8226

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; иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов.	Навыками проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волоконно-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.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями 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 понятия в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования.	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями.	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач.	Работает при прямом наблюдении.

Согласована на портале № 8226

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции

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.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Имеет представление о принципах построения волоконно-оптических элементов и приборов, об основных понятиях в области волоконной оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить знания и информацию, связанную с оптическими явлениями.

3.Типичные 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

Согласована на портале № 8226

формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

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

3.1. ТЕМА: Характеристики поля и поляризация плоских световых волн

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 $\bar{E}$ 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:

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

$\bar{E} = \bar{x}_0 E_{mx}\cos(\omega \;\; - \;\; z) + \bar{y}_0 \cdot 2E_{mx}\sin(\omega \;\; - \;\; z)] =$

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

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.

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.

Согласована на портале № 8226

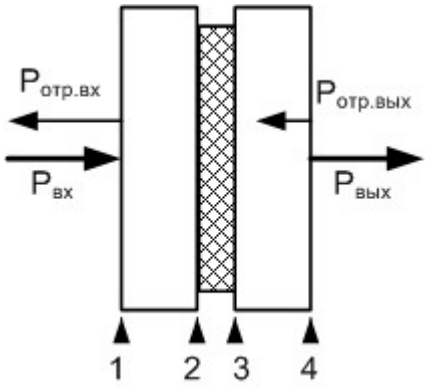


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

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

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

r=0,0413; $P_{пр}=1\cdot(1-0,0413)^2\cdot\cos^2(30º)=0,9178\cdot0,75=0,6884$ мВт.

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

3.2. ТЕМА: Расчет основных параметров волоконных световодов.

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 интегрально-оптических компонентов для волоконной оптики.

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:

Согласована на портале № 8226

Используя соотношение, найдем:

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

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

3.4. ТЕМА: Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах

Задача 1.

Дифракционная эффективность фоторефрактивной решетки составляет 10%. Оценить величину поля пространственного заряда E_{sc}, если решетка сформирована в пластине ниобата лития толщиной 1 мм, вектор решетки параллелен оси Z, считывание осуществляется излучением He-Ne лазера с обыкновенной поляризацией, а период решетки равен 5 мкм.

Справка: Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления на данной длине волны составляют 2,286 и 2,2; а электрооптических коэффициентов r_{13}=9,6·10^{-10} см/В; r_{33}=30,9·10^{-10} см/В.

Решение:

Дифракционная эффективность решетки определяется формулой Когельника

$\eta = \sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda}\frac{\Delta}{\cos\theta}\right)$, где L – толщина решетки; Δn – изменение показателя преломления материала; λ- длина волны света; θ - угол Брэгга. Из этого соотношения найдем величину Δn, а поле пространственного заряда определим из условия, что изменение показателя преломления материала обусловлено линейным электрооптическим эффектом. В этом случае, имея в виду, что поляризация считывающего света соответствует обыкновенной волне, $\Delta n = -0.5\cdot n^3 r_{31} E_{sc}$, где n – показатель преломления ниобата лития для обыкновенной волны.

3.5. ТЕМА: Расчет характеристик волоконно-оптических датчиков

Задача 1.

Линейно поляризованная световая волна распространяется в направлении оси X кристалла ниобата лития. Найти величину изменения показателя преломления, если к электродам, нанесенным на грани кристалла, перпендикулярные оси Z (толщина кристалла в этом направлении – 1 см), приложено электрическое напряжение в 1 кВ. Плоскость поляризации света совпадает с плоскостью XOY, длина волны света λ=633 нм.

Справка: Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления на данной длине волны составляют 2,286 и 2,2; а электрооптических коэффициентов r_{13}=9,6·10^{-10} см/В; r_{33}=30,9·10^{-10} см/В.

Решение:

Поскольку световая волна распространяется вдоль оси X, а плоскость поляризации света совпадает с плоскостью XOY, то она соответствует обыкновенной волне в кристалле. Величина изменения показателя преломления за счет линейного электрооптического эффекта в случае обыкновенной поляризации света и управляющего электрического поля, приложенного вдоль оси Z, определяется соотношением:

$$\Delta_2 = -\frac{1}{2}n_0^3 \cdot r_{13} \cdot E_3$$

Подставляя в это выражение заданные значения обыкнвенного показателя преломления,

Согласована на портале № 8226

соответствующего электрооптического коэффициента, электрического напряжения и толщины кристаллического образца, получим:

$$\Delta n_3 = -\frac{1}{2} 2.286^3 \cdot 9.6 \cdot 10^{-0} \cdot 10^3 = 5{,}734 \cdot 10^{-}$$

Таким образом, величина изменения обыкновенного показателя преломления составляет в данном случае $5.734 \cdot 10^{-6}$.

4. Темы самостоятельной работы студентов

4.1. Основные положения физической оптики
4.2. Оптика ограниченных световых пучков
4.3. Распространение световых волн в материальных средах
4.4 Взаимодействия света с физическими полями
4.5. Элементы нелинейной оптики

5. Темы лабораторных работ

1. Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде.
2. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод.
3. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод.
4. Исследование принципа измерения макроперемещений с использованием продольного смещения торца многомодового оптоволокна.
5. Исследование принципа измерения микроперемещений с использованием поперечного смещения торца многомодового оптоволокна.

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

Согласована на портале № 8226

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

7. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы для оценивания знаний и характеризующие этапы формирования компетенций (все методические материалы приведены в п.12 программы):

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. – 2012. 150 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/802

2. Шандаров В. М. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. - 2013. – 198 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3709

1. Шандаров В. М. Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – 2013. 9 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3709

2. Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3705

3. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование принципа измерения микроперемещений с использованием поперечного смещения торца многомодового оптоволокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3706

4. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование принципа измерения макроперемещений с использованием продольного смещения торца многомодового оптоволокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 8 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3707

5. Кущ Г. Г., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") – Томск: ТУСУР. – 2013. 11 с., Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3703

6. Шандаров В. М. Волоконно-оптические устройства и приборы [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи"). - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 60 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3712

Согласована на портале № 8226