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

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 12.03.03 "Фотоника и оптоинформатика"
Профиль: Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур
Форма обучения Очная

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

Курс 4 **Семестр** 7

Учебный план набора 2014 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	30	30	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	36	36	час
10	Общая трудоемкость (Сумма 8, 9)	108	108	час
	(в зачетных единицах)	3	3	ЗЕТ

Экзамен – 7 (седьмой) семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 10421

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 12.03.03 "Фотоника и оптоинформатика", утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. N 958.

Профиль: Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « » 2016 г., протокол №

Разработчик: _____ В.М. Шандаров

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

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки 12.03.03 " Фотоника и оптоинформатика "

Декан ФЭТ _____ А..И. Воронин

Зав. обеспечивающей
кафедрой СВЧиКР _____ С.Н. Шарангович

Зав. выпускающей
кафедрой ЭП _____ С.М. Шандаров

Эксперты:

Проф. каф. СВЧиКР _____ А.Е. Мандель

Председатель методической комиссии
каф ЭП _____ Л.Н. Орликов

Согласована на портале № 10421

1. Цели и задачи дисциплины «Интегральная оптика»

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

Задачи дисциплины - формирование ясной физической картины распространения оптического излучения в планарных световодах; комплексный анализ механизмов акусто-, электро- и магнито-оптического взаимодействий излучения со средой распространения; сравнительный анализ методов модуляции излучения, ограничения накладываемые этими методами на оптико – электронные устройства и устройства интегральной оптики; ознакомление с уровнем современного развития интегральной оптики, тенденциями ее дальнейшего развития.

2. Место дисциплины в структуре ООП

«Интегральная оптика» – дисциплина по выбору (Б1.В.ДВ.6.2) подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 12.03.03 - Фотоника и оптоинформатика.

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 интегральной 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 интегральной оптике; навыками моделирования и исследования процессов распространения световых волн в оптических волноводах; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем интегральной оптики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет три 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
Из них в интерактивной форме	30	30
Самостоятельная работа (всего)	28	28
В том числе:		
Проработка лекционного материала	8	8
Подготовка к практическим занятиям	6	6
Подготовка к контрольным работам	-	-
Подготовка к лабораторным работам	8	8
Самостоятельное изучение тем теоретической части	6	6
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	-	-
Подготовка к экзамену и сдача экзамена	36	36
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	
Общая трудоемкость	108	108
в зачетных единицах	3	3

Согласована на портале № 10421

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 (ОК, ПК)
1	Введение	1				1	2	ОПК-1; ОПК-2
2	Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков	5	-	6	-	3	14	ОПК-1; ОПК-2
3	Планарные и канальные оптические волноводы	4	4	2	-	6	16	ОПК-1; ОПК-2
4	Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов	3	4	-	-	3	10	ОПК-1; ОПК-2
5	Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах	3	4	-	-	6	13	ОПК-1; ОПК-2
6	Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы	4	-	4	-	9	17	ОПК-1; ОПК-2
	Итого	20	12	12	-	28	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 интегральной оптики, основная и дополнительная литература.	1	ОПК-1; ОПК-2
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	ОПК-1; ОПК-2
3	Планарные и канальные оптические волноводы	Планарный оптический волновод: моды волновода - направляемые, вытекающие, излучательные; ТЕ и ТМ моды; формирование направляемых мод с позиций геометрической оптики и дисперсионное уравнение планарного волновода. Электромагнитная теория планарного диэлектрического волновода. Вывод дисперсионного уравнения и дисперсионные кривые; нормированные параметры и обобщенные дисперсионные кривые. Планарные волноводы со ступенчатым и градиентным профилями показателя преломления. Дисперсионное уравнение для градиентного планарного волновода. Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.	4	ОПК-1; ОПК-2
4	Материалы и методы формирования	Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Методы эпитаксии в	3	ОПК-1; ОПК-2

Согласована на портале № 10421

	планарных и канальных волноводно-оптических элементов	формировании полупроводниковых волноводно-оптических элементов. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах. Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных методов формирования.		
5	Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах	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. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах	3	ОПК-1; ОПК-2
6	Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы	Пассивные интегрально-оптические компоненты: линзы, призмы, зеркала, расщепители пучков, направленные ответвители, поляризаторы. Методы формирования, характеристики. Управляющие элементы интегральной оптики на основе электрооптического и акустооптического эффектов: модуляторы, дефлекторы, преобразователи частоты и поляризации света. Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин.	4	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 квантовой и оптической электроники	-	+	+	+	+	+
	Основы фотоники	-	+	+	+	+	+
	Оптические методы обработки информации	-	+	+	+	+	+
	Методы математической физики	-	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины							
	Физика фотонных кристаллов	-	+	+	+	+	+
	Взаимодействие оптического излучения с веществом	-	+	+	+	+	+
	Голографические методы в фотонике и оптоинформатике	-	+	+	+	+	+

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.

Согласована на портале № 10421

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

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
Мозговой штурм	10	-	10	20
Работа в группах	-	10	-	10
Итого	10	10	10	30

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	5	Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления	4	ОПК-1; ОПК-2
3	6	Исследование планарных отпических волноводов	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	Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн	4	ОПК-1; ОПК-2
2	3	Расчет параметров и дисперсионных характеристик планарных оптических волноводов	4	ОПК-1; ОПК-2
3	6	Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов	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, семинары, зачет.
2	2, 3, 6	Подготовка к практическим занятиям	6	ОПК-1; ОПК-2	Опрос и проверка на практических занятиях.
3	3, 5, 6	Подготовка отчетов по лабораторным работам	8	ОПК-1; ОПК-2	Допуск к лабораторной работе. Отчет.
4	1 - 6	Самостоятельное изучение тем теоретической части	6	ОПК-1; ОПК-2	Опрос, семинары, зачет.
		Итого	28		

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.

Согласована на портале № 10421

Таблица 11.1 – Балльная раскладка по дисциплине «Интегральная 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 № 10421

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. - 197 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/750**

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. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 230 с. **(30)**

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. Кущ Г. Г., Шандаров В. М. Исследование планарных отпических волноводов: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 20 с: Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5117

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/72

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 и практических 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 № 10421

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 ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 12.03.03 "Фотоника и оптоинформатика"

Профиль Фотоника нелинейных, волноводный и периодических структур

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

Курс четвертый **Семестр** седьмой

Учебный план набора 2014 года

Экзамен – седьмой семестр

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

Заведующий кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров

Томск 2017

Согласована на портале № 10421

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 интегрально-оптических элементов и приборов. **Должен уметь** объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы интегрально-оптических элементов и устройств; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и интегрально-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 интегральной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических и интегрально-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и интегрально-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 понятия в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведе-

Согласована на портале № 10421

		области исследования.	ние 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 компетенции

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 интегрально-оптических направляющих структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики интегрально-оптических элементов и приборов.	Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; применять на практике известные методы экспериментального исследования интегрально-оптических элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических и интегрально-оптических компонентов и устройств.	Навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и интегральной оптики.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Экзамен.	Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Экзамен.

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

Согласована на портале № 10421

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 диэлектрических оптических волноводов; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной интегральной оптики; принципы построения, особенности и характеристики оптических и интегрально-оптических элементов и приборов.	Умеет объяснять физику работы оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; применять методы их экспериментального исследования; выполнять расчеты по определению параметров и характеристик оптических и интегрально-оптических компонентов и устройств.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и интегральной оптики.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области физической оптики. Понимает принципы построения оптических и интегрально-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 интегральной оптики.	Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с оптическими явлениями.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий в области интегральной оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить информацию, связанную с оптическими явлениями.

Компетенция ОПК-2**:** способность 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 интегрально-оптических элементов и приборов.	Выполнять расчеты характеристик интегральинтегрально-оптических компонентов; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и интегрально-оптических приборов; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов.	Навыками проектирования и компьютерного моделирования интегрально-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и интегрально-оптических элементов, с оптическими приборами и контрольно-измерительной аппаратурой.

Согласована на портале № 10421

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 интегрально-оптических элементов и приборов.	Умеет проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов.	Свободно владеет навыками чтения и изображения схем интегрально-оптических приборов и систем; навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических элементов и устройств; навыками работы с реальными интегрально-оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными понятиями в области интегральной оптики. Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов.	Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик интегрально-оптических элементов и приборов; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов. Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования.	Владеет навыками работы с литературными источниками в области интегральной оптики.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Имеет представление о принципах построения интегрально-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.

Согласована на портале № 10421

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 интегрально-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:

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

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

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

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

Согласована на портале № 10421

границах структуры (границы 1 и 4), а также отклонением плоскости поляризации света от главного направления поляроида. определяемым законом Малюса.

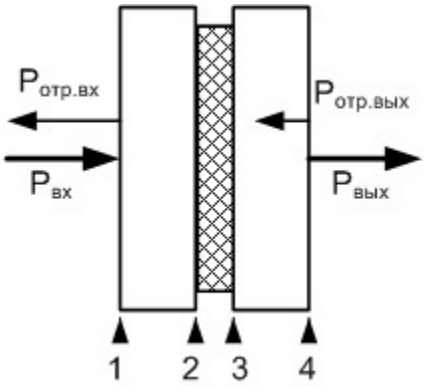

Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления n и воздуха определяется соотношением $r = \left(\frac{n-}{n+}\right)^{\wedge}$, 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 волноводов, 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 волноводных брэгговских решеток.

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.

Согласована на портале № 10421

Решение:
Используя соотношение, найдем:

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

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 дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.
3. Исследование планарных отпических волноводов

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. Планарный оптический волновод. ТЕ и ТМ моды, дисперсионное уравнение планарного волновода со ступенчатым профилем.
6. Волноводные брэгговские решетки. Соотношение для связи резонансной длины волны с пространственным периодом. Методы и схемы формирования решеток.
7. Модуляторы оптического излучения: фазовый электрооптический модулятор, электрооптический модулятор интенсивности.
8. Волноводные лазеры – основная схема, конструктивные элементы, особенности схем интегрально-оптических лазеров.
9. Суть эффекта комбинационного рассеяния (Рамановского рассеяния) и вынужденного комбинационного рассеяния света. Рамановские лазеры. Типовая схема рамановского лазера.
10. Волноводно-оптические датчики (принципы построения и схемы оптической модуляции).

Согласована на портале № 10421

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. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. - 197 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/750**

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. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 230 с. **(30)**

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. Кущ Г. Г., Шандаров В. М. Исследование планарных отпических волноводов: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 20 с: Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5117

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/72

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 № 10421