

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Фоторефрактивная нелинейная оптика и динамическая голография**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 2015-09-03 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

ассистент каф. ЭП \_\_\_\_\_ Шмаков С. С.

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

Эксперты:

профессор ТУСУР, каф. ЭП \_\_\_\_\_ Орликов Л. Н.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов представления о физических основах фоторефрактивного эффекта в электрооптических кристаллах и основных эффектах динамической голографии.

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение физических основ фоторефрактивного эффекта;;
- изучение основ динамической голографии;;

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Фоторефрактивная нелинейная оптика и динамическая голография» (Б1. Дисциплины (модули)) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математика, Методы математической физики, Оптическая физика, Оптические методы обработки информации, Уравнения оптофизики, Физика.

Последующими дисциплинами являются: .

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-1 способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;
- ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** - физику фоторефрактивного эффекта в электрооптических кристаллах; - эффекты динамической голографии
- **уметь** использовать эффекты динамической голографии для проектирования голографических приборов и устройств, применяемых в фотонике и оптоинформатике.
- **владеть** современными подходами разработки и эксплуатации голографических приборов и устройств, применяемых в фотонике и оптоинформатике.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	3.Е

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Основы когерентной оптики и голографии	2	2	0	3	7	ПК-1, ПК-2
2	Физические основы фоторефрактивного эффекта. Качественное описание основных эффектов динамической голографии	2	4	0	3	9	ПК-1, ПК-2
3	Модель зонного переноса заряда	2	0	0	1	3	ПК-1, ПК-2
4	Механизмы записи фоторефрактивных голограмм	2	4	4	7	17	ПК-1, ПК-2
5	Основы динамической голографии	2	4	8	11	25	ПК-1, ПК-2
6	Влияние пьезоэлектрического эффекта на формирование объемных голограмм	2	0	0	1	3	ПК-1, ПК-2
7	Фотоиндуцированное поглощение в кристаллах	2	0	0	1	3	ПК-1, ПК-2
8	Отражательные голографические решетки в фоторефрактивных кристаллах	2	4	0	7	13	ПК-1, ПК-2
9	Фоторефрактивные эффекты в волноводно-оптических структурах	2	0	0	1	3	ПК-1, ПК-2
10	Отдельные вопросы динамической голографии	2	0	4	19	25	ПК-1, ПК-2
	Итого	20	18	16	54	108	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основы когерентной оптики и голографии	Введение в дисциплину. Свет. Интерференция света. Пространственная и временная когерентность света. Дифракция света. Уравнения Максвелла.	2	ПК-1, ПК-2

	Итого	2	
2 Физические основы фоторефрактивного эффекта. Качественное описание основных эффектов динамической голографии	Фоторефрактивный эффект. Пропускающая фоторефрактивная голограмма. Отражательная фоторефрактивная голограмма. Оптическая память. Оптические межсоединения в оптических нейрокompьютерах. Усиление оптических изображений. Обращение волнового фронта. Фотоиндуцированное рассеяние света. Самообращение волнового фронта световых волн.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
3 Модель зонного переноса заряда	Одноуровневая модель зонного переноса заряда. Формирование решетки и поля пространственного заряда. Система скоростных уравнений. Приближение малых контрастов интерференционной картины	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
4 Механизмы записи фоторефрактивных голограмм	Диффузионный механизм записи. Формирование фоторефрактивной голограммы в постоянном внешнем электрическом поле. Формирование фоторефрактивной голограммы при знакопеременном внешнем электрическом поле.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
5 Основы динамической голографии	Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнение связанных волн. Приближение неистощаемой накачки. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной голограмме при нелокальном отклике.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
6 Влияние пьезоэлектрического эффекта на формирование объемных голограмм	Упругие поля фоторефрактивных решеток. Вклад пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов в модуляцию диэлектрической проницаемости пьезокристаллов. Влияние пьезоэффекта на запись и считывание голограмм в кубических кристаллах	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
7 Фотоиндуцированное поглощение в кристаллах	Теоретические модели фотоиндуцированного поглощения света в фоторефрактивных кристаллах. Теоретическая модель	2	ПК-1, ПК-2

	фотоиндуцированного поглощения света в кристаллах титаната висмута при двухцветном облучении и n-типе темновой проводимости		
	Итого	2	
8 Отражательные голографические решетки в фоторефрактивных кристаллах	Анизотропия вкладов внутримодовых и межмодовых процессов во встречное взаимодействие световых волн. Двухпучковое взаимодействие линейно поляризованных волн.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
9 Фоторефрактивные эффекты в волноводно-оптических структурах	Планарные оптические волноводы. Методы формирования оптических волноводов в электрооптических кристаллах. Распространение светового пучка в нелинейно-оптической среде. Пространственные солитоны в планарных фоторефрактивных волноводах. Эффекты самовоздействия световых пучков и пространственные солитоны в периодических фоторефрактивных волноводных структурах	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
10 Отдельные вопросы динамической голографии	Голографические интерферометры. Голографические корреляторы.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		20	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины											
1	Математика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Методы математической физики			+	+	+	+	+	+	+	
3	Оптическая физика	+			+	+	+	+			
4	Оптические методы обработки информации	+	+								
5	Уравнения оптофизики			+	+	+	+	+	+	+	
6	Физика	+	+	+	+	+	+				

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Собеседование, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Реферат
ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Собеседование, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Реферат

#### 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
Мозговой штурм			10	10
Мини-лекция	10			10
Исследовательский метод		10		10
Итого	10	10	10	30

## 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
4 Механизмы записи фоторефрактивных голограмм	Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
5 Основы динамической голографии	Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов	4	ПК-1, ПК-2
	Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре	4	
	Итого	8	
10 Отдельные вопросы динамической голографии	Адаптивный голографический интерферометр	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основы когерентной оптики и голографии	Свет. Интерференция света. Пространственная и временная когерентность света. Дифракция света. Уравнения Максвелла.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
2 Физические основы фоторефрактивного эффекта. Качественное описание основных эффектов динамической голографии	Фоторефрактивный эффект. Система скоростных уравнений. Приближение малых контрастов интерференционной картины	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Механизмы записи фоторефрактивных голограмм	Диффузионный механизм записи. Формирование фотрефрактивной голограммы в постоянном внешнем	4	ПК-1, ПК-2



	электрическом поле. Формирование фоторефрактивной голограммы при знакопеременном внешнем электрическом поле.		
	Итого	4	
5 Основы динамической голографии	Уравнение связанных волн. Приближение неистощаемой накачки. Двухпучковое взаимодействие линейно поляризованных волн	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
8 Отражательные голографические решетки в фоторефрактивных кристаллах	Диффузионный механизм записи. Формирование фоторефрактивной голограммы в постоянном внешнем электрическом поле. Формирование фоторефрактивной голограммы при знакопеременном внешнем электрическом поле. Уравнение связанных волн. Приближение неистощаемой накачки. Двухпучковое взаимодействие линейно поляризованных волн	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Основы когерентной оптики и голографии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Отчет по индивидуальному заданию, Тест, Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
2 Физические основы фоторефрактивного эффекта. Качественное описание основных эффектов динамической голографии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Тест, Компонент своевременности
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Модель зонного	Проработка лекционного	1	ПК-1,	Конспект

переноса заряда	материала		ПК-2	самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Тест, Компонент своевременности
	Итого	1		
4 Механизмы записи фоторефрактивных голограмм	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Тест, Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Защита отчета
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
5 Основы динамической голографии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Тест, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Защита отчета
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	11		
6 Влияние пьезоэлектрического эффекта на формирование объемных голограмм	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-2	Конспект самоподготовки, Домашнее задание, Тест
	Итого	1		
7 Фотоиндуцированное поглощение в кристаллах	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Итого	1		
8 Отражательные голографические решетки в фоторефрактивных кристаллах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Тест, Контрольная работа, Компонент своевременности, Реферат
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
9 Фоторефрактивные эффекты в волноводно-	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос

оптических структурах	Итого	1		на занятиях, Тест
10 Отдельные вопросы динамической голографии	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ПК-1, ПК-2	Реферат, Опрос на занятиях, Конспект самоподготовки, Отчет по индивидуальному заданию, Домашнее задание, Собеседование, Тест, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Защита отчета
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	19		
Итого за семестр		54		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		90		

### 9.1. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

1. Использование голографических методов для улучшения качества изображения в оптических системах
2. Основные преимущества голографической интерферометрии
3. Метод двух экспозиций. Метод голографической интерферометрии в реальном времени
4. Метод голографической интерферометрии с усреднением во времени
5. Голографическая интерферометрия с модуляцией фазы опорного пучка
6. Использование в голографической виброинтерферометрии реверсивных сред
7. Галоидосеребряные фоточувствительные слои. Фотополупроводниковые термопластичные слои. Магнитные пленки. Фотохромные среды
8. Характеристики регистрирующих сред: передаточная характеристика, чувствительность, нелинейность, частотно-контрастная характеристика, разрешение, шумы и т.д.

### 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

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
7 семестр				
Домашнее задание	3	2		5
Защита отчета		10	10	20
Компонент своевременности	3			3

Конспект самоподготовки	3	3		6
Контрольная работа			10	10
Опрос на занятиях	3	5		8
Отчет по индивидуальному заданию	3			3
Реферат			5	5
Тест	5	5		10
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	45	70	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие. 2 е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 320 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978 5 8114 1114 6 [Электронный ресурс]. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=627](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=627)

2. Бутиков Е.И. Оптика: Учебное пособие. 3 е изд., доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 608 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978 5 8114 1190 0 [Электронный ресурс]. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2764](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2764)

## **12.2. Дополнительная литература**

1. Гринев А. Ю. Оптические устройства в радиотехнике: Учебное пособие для вузов, М.: Радиотехника, 2005. – 239 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 74 экз.)
2. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учебное пособие для вузов, М.: Техносфера, 2006. – 432 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)
3. Нагибина И. М. Прикладная физическая оптика: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2002. – 564 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 22 экз.)
4. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография / С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. – Т.: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 244 с. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1553>
5. Шандаров С.М. Фоторефрактивная нелинейная оптика: учебное методическое пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 39 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.)

## **12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение**

1. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 17 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1501>
2. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Адаптивный голографический интерферометр: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 15 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1503>
3. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 22 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/2820>
4. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов. - Томск: ТУСУР, 2012. – 35 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1735>
5. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: Учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2012. – 244с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1553>
6. Шандаров С.М., Буримов Н.И. Фоторефрактивная нелинейная оптика: Учебное методическое пособие – Томск: ТУСУР, 2007. – 38 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://ed.tusur.ru/data/umpo/029.pdf>
7. Методы динамической голографии: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / С.С. Шмаков, С.М. Шандаров. – Томск: ТУСУР, 2012. – 37 с. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1110>

## **12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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

Учебная лаборатория с измерительными комплексами для проведения лабораторных занятий

## **14. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## **15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Без рекомендаций.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Фоторефрактивная нелинейная оптика и динамическая голография**

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Профиль: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

– ассистент каф. ЭП Шмаков С. С.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) 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 (практике) 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 компетенций
ПК-1	способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	Должен знать - физику фоторефрактивного эффекта в электрооптических кристаллах; - эффекты динамической голографии; Должен уметь использовать эффекты динамической голографии для проектирования голографических приборов и устройств, применяемых в фотонике и оптоинформатике.; Должен владеть современными подходами разработки и эксплуатации голографических приборов и устройств, применяемых в фотонике и оптоинформатике.;
ПК-2	готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	

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

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики.

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	Направления научных исследований в области фоторефрактивной оптики и динамической голографии; Основные термины фоторефрактивной и нелинейной оптики; Основные эффекты динамической голографии.	Анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; Делать обзор литературы; Принимать нестандартные решения, разрешать проблемные ситуации.	Навыками анализа процессов переноса заряда в фоторефрактивных материалах при создании динамических голограмм; Известными приближениями при анализе формирования динамических голограмм.
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• виды и принципы построения моделей	• формулировать задачи, которые будут	• навыками для разработки и



	<p>процессов, элементов и устройств фоторефрактивной динамической голографии и предъявляемые к ним требования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы оптимизации моделей процессов, элементов и устройств динамической голографии;</li> <li>• границы применения моделей процессов, элементов и устройств динамической голографии;</li> </ul>	<p>решаться в ходе исследований процесса, элемента или устройства динамической голографии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить анализ процесса, элемента или устройства динамической голографии;</li> <li>• спланировать и провести экспериментальные исследования, необходимые для создания модели и для проверки ее адекватности моделируемому объекту в рамках решаемых задач;</li> <li>• построить модель процесса, элемента или устройства динамической голографии ;</li> </ul>	<p>оптимизации конструкций устройств фоторефрактивной динамической голографии;</p>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• параметры, конструкции и технологии производства изделий из оптических материалов используемых в фоторефрактивной динамической голографии;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обоснованно выбирать материалы для изготовления оптических приборов с использованием научно-технической литературы, справочных и нормативных документов;</li> <li>• рассчитывать свойства и параметры изделий из выбранных оптических материалов;</li> <li>• планировать и выполнять измерения параметров и характеристик оптических материалов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• методиками испытаний оптических материалов и типовыми применениями различных материалов в оптическом приборостроении;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные теоретические положения волновой и квантовой оптики, границы их применения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать простые оптические элементы и схемы методами динамической голографии;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основными положениями волновой и квантовой оптики;</li> <li>• основными положениями теории взаимодействия света с</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• волновую теорию интерференции и дифракции света;</li> <li>• основные теоретические положения взаимодействия света с веществом;</li> <li>• особенности оптических свойств анизотропных сред и методы исследований;</li> <li>• материалов используемых в динамической голографии;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить расчеты оптических полей с учетом явлений интерференции и дифракции излучения;</li> <li>• анализировать процессы распространения оптического излучения в различных физических средах;</li> </ul>	веществом; <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными законами излучения света;</li> </ul>
--	---	---	--

## 2.2 Компетенция ПК-2

ПК-2: готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

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 понятия, методы и приемы экспериментальных исследований	Применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов. Применять экспериментальные методы для решения типовых задач профессиональной области с доведением решения до практически приемлемого результата; проводить необходимые расчеты и оценивать полученные результаты.	Современными методами исследования с целью математического и имитационного моделирования процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные</li> </ul>

	лабораторные занятия; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	лабораторные занятия; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка к экзамену;</li> </ul>	лабораторные занятия; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Реферат;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

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

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Математическую или физическую модель исследуемого процесса, явления или объекта, относящегося фоторефрактивной нелинейной оптике и динамической голографии;;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• правильно оценивать полученные в ходе проводимых расчетов результаты;</li> <li>• оценивать технологические нормативы при проектировании приборов и устройств динамической голографии.;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Самостоятельно предложить математическую или имитационную модель процесса или явления, на котором основан прибор или устройство динамической голографии;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Теоретические основы измерений параметров приборов и устройств используемых в фоторефрактивной нелинейной оптике и динамической голографии;;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать схему записи фоторефрактивной динамической голограммы;;</li> <li>• рассчитывать параметры лазерного излучения;;</li> <li>• выбирать режимы записи динамических</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками разработки математических или физических моделей процессов и явлений, на которых основаны приборы и устройства динамической голографии;</li> </ul>

		голограмм;;	
Удовлетворительный (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Термины, основные понятия, классификацию и основные характеристики приборов и устройств используемых в фоторефрактивной нелинейной оптике и динамической голографии;;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать стандартные САПР при моделировании процессов и объектов фотоники и оптоинформатики;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• современными методами исследования в области фоторефрактивной и нелинейной оптики и динамической голографии;</li> </ul>

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые 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 следующем составе.

#### 3.1 Вопросы на самоподготовку

- 1. Характеристики регистрирующих сред: передаточная характеристика, чувствительность, нелинейность, частотно-контрастная характеристика, разрешение, шумы и т.д.
- 2. Галогеносеребряные фоточувствительные слои. Фотополупроводниковые термопластичные слои. Магнитные пленки. Фотохромные среды
- 3. Основные преимущества голографической интерферометрии
- 4. Метод двух экспозиций. Метод голографической интерферометрии в реальном времени
- 5. Метод голографической интерферометрии с усреднением во времени
- 6. Голографическая интерферометрия с модуляцией фазы опорного пучка
- 7. Использование в голографической виброинтерферометрии реверсивных сред
- 8. Использование голографических методов для улучшения качества изображения в оптических системах

#### 3.2 Тестовые задания

- 1) На каких явлениях основывается голография? а) интерференция и дифракция б) дифракция и рассеяние в) дифракция и распространение света
- 2) Что подразумевается под понятием фазовый объект? а) полностью отражающий объект б) прозрачный объект в) отражающий объект
- 3) Какие объекты являются диффузно отражающими? а) полностью отражающий объект б) прозрачный объект в) отражающий объект
- 4) Какова основная возможность отражательных голограмм? а) не допускает изменение длины волны света при восстановлении б) восстанавливает изображение с помощью источника белого света в) позволяет записать до нескольких десятков изображений
- 5) Как называется метод голографической интерферометрии, при котором в разные моменты времени записывается отдельные голограммы? а) метод «двух экспозиций» б) метод реального времени
- 6) За счет чего достигается высокая скорость обработки информации оптическими методами? а) за счет скорости света б) за счет высокой пропускной способности оптических систем в) за счет высокой разрешающей способности оптических систем

#### 3.3 Темы рефератов

- Основные преимущества голографической интерферометрии
- Метод двух экспозиций. Метод голографической интерферометрии в реальном времени
- Метод голографической интерферометрии с усреднением во времени

- Голографическая интерферометрия с модуляцией фазы опорного пучка
- Использование в голографической виброинтерферометрии реверсивных сред
- Галогидосеребряные фоточувствительные слои. Фотополупроводниковые термопластичные слои. Магнитные пленки. Фотохромные среды
- Характеристики регистрирующих сред: передаточная характеристика, чувствительность, нелинейность, частотно-контрастная характеристика, разрешение, шумы и т.д.

### 3.4 Темы домашних заданий

- Пример домашней задачи Объемная пропускающая фазовая голограмма в кристалле ниобата лития характеризуется пространственным периодом 15 мкм и амплитудой модуляции показателя преломления  $\Delta n = 4 \times 10^{-6}$  для излучения с длиной волны 0,633 мкм, при невозмущенном показателе преломления  $n(0) = 2,233$ . Для кристалла с толщиной 2 мм найдите максимальную дифракционную эффективность голограммы  $\eta_m$ .

### 3.5 Темы индивидуальных заданий

- Применение оптической голографии для исследования стационарных объектов и медленнопротекающих процессов
- Применение динамической голографии для исследования тонких пленок
- исследование амплитудно-фазовых распределений радиополей методами голографии
- исследование искусственных кристаллов методами динамической голографии
- Применение динамической голографии для исследования характеристик искусственных кристаллов

### 3.6 Вопросы на собеседование

- селективность объемных голограмм
- Усиление оптических изображений
- Обращение волнового фронта световых пучков.
- Самообращение волнового фронта световых пучков.
- Самофокусировка, самоискривление лазерного пучка.
- Самодифракция световых пучков
- Фотоиндуцированное рассеяние света
- Основы когерентной оптики и голографии

### 3.7 Темы опросов на занятиях

- Использование голографических методов для улучшения качества изображения в оптических системах
- Основные преимущества голографической интерферометрии
- Метод двух экспозиций. Метод голографической интерферометрии в реальном времени
- Метод голографической интерферометрии с усреднением во времени
- Голографическая интерферометрия с модуляцией фазы опорного пучка
- Использование в голографической виброинтерферометрии реверсивных сред

### 3.8 Экзаменационные вопросы

– Теоретические вопросы 1) Пространственная и временная когерентность света. 2) Фоторефрактивный эффект. Пропускающая фоторефрактивная голограмма. Задача В фоторефрактивном кристалле  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  с полной концентрацией доноров м-3 и акцепторов м-3, сечением фотоионизации  $\text{м}^2/\text{Дж}$ , найдите начальное значение концентрации ионизированных доноров и начальную скорость её роста, при включении в момент времени  $t = 0$  опорного пучка с интенсивностью  $I_0 = 100 \text{ мВт/см}^2$ .

– Теоретические вопросы 1) Обращение волнового фронта. 2) Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Задача В фоторефрактивном кристалле титаната висмута двумя когерентными пучками с длинами волн 633 нм записывается голограмма за счет диффузионного механизма. Параметры кристалла  $\epsilon = 47$ ;  $r_{41} = 5,17 \text{ пм/В}$ ;  $n_0 = 2,25$  и концентрация акцепторов  $N_A = 10^{23} \text{ м}^{-3}$ . Определить оптимальный период голограммы; поле насыщения ловушек и диффузионное поле.

– Теоретические вопросы 1) Диффузионный механизм записи. 2) Одноуровневая модель зонного переноса заряда. Задача В фоторефрактивном кристалле титаната висмута формируется фоторефрактивная решетка двумя световыми когерентными пучками с длиной волны 633 нм. К кристаллу приложено переменное напряжение прямоугольного вида напряжением  $U = 3$  кВ с частотой 2500 Гц. Кристалл имеет следующие свойства показатель преломления  $n_0 = 2,25$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 47$ , коэффициент оптического поглощения  $\alpha = 10,65$  см<sup>-1</sup>, электрооптический коэффициент  $r_{41} = 5,17$  пм/В, концентрация акцепторов  $NA = 1023$  м<sup>-3</sup>, толщина кристалла 5 мм. Определите диффузионное поле и поле насыщения ловушек

– Теоретические вопросы 1) Формирование фоторефрактивной голограммы в постоянном внешнем электрическом поле. 2) Приближение малых контрастов интерференционной картины Задача На входную грань фоторефрактивного кристалла с одной стороны падают две световые волны с интенсивностями  $I_1 = 0,8$  Вт/м<sup>2</sup> и  $I_2 = 0,2$  Вт/м<sup>2</sup> с длиной волны 633 нм. Параметры кристалла: показатель преломления  $n_0 = 2,58$ ; относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 47$ ; коэффициент поглощения  $\alpha = 12,2$  см<sup>-1</sup>; электрооптический коэффициент  $r_{41} = 5,17$  пм/В; толщина кристалла 10 мм. Определить коэффициент двухпучкового усиления.

– Теоретические вопросы 1) Адаптивный голографический интерферометр на основе отражательных голограмм в кристаллах титаната висмута 2) Уравнение связанных волн. Задача Объемная пропускающая фазовая голограмма в кристалле ниобата лития характеризуется пространственным периодом 15 мкм и амплитудой модуляции показателя преломления  $\Delta n_m = 4 \times 10^{-6}$  для излучения с длиной волны 0,633 мкм, при невозмущенном показателе преломления  $n(0) = 2,233$ . Для кристалла с толщиной 2 мм найдите максимальную дифракционную эффективность голограммы  $\eta_m$ .

– Теоретические вопросы 1) Усиление оптических изображений. 2) Самодифракция световых волн на фоторефрактивной голограмме при нелокальном отклике. Задача Плоская монохроматическая волна с длиной волны  $\lambda$  нм и амплитудой  $V$ /м, поляризованная в плоскости XZ, распространяется в немагнитной среде с коэффициентом преломления  $n = 2$ . Волновой вектор волны также лежит в плоскости XZ и составляет с осью +X угол  $\theta$ . Запишите выражения для распределений электрического и магнитного полей в среде, используя комплексную форму записи.

– Теоретические вопросы 1) Пропускающая фоторефрактивная голограмма. Отражательная фоторефрактивная голограмма. 2) Система скоростных уравнений. Задача Две плоские монохроматические волны 1 и 2 с длиной волны  $\lambda$  нм и амплитудами  $V_1$ /м и  $V_2$ /м, поляризованные в плоскости XY, распространяются в немагнитной среде с коэффициентом преломления  $n = 2$ . Волновые векторы волн и также лежат в плоскости XY и составляют с осью +X углы  $\theta_1$  и  $\theta_2$ , соответственно. Запишите выражения для распределений электрического и магнитного полей в среде, используя комплексную форму записи.

– Теоретические вопросы 1) Формирование фоторефрактивной голограммы в постоянном внешнем электрическом поле. 2) Приближение неистопаемой накачки. Задача Плоская монохроматическая световая волна (длина волны  $\lambda$  нм) падает из среды 1 (вакуум) нормально на плоскопараллельную стеклянную пластинку с коэффициентом преломления  $n = 1.5$  (среда 2), и распространяется далее тоже в вакууме (среда 3). 1) Определите, в каких средах будет наблюдаться интерференция света. 2) Найдите значения пространственного периода и контраста интерференционной картины в этих средах

– Теоретические вопросы 1) Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. 2) Приближение малых контрастов интерференционной картины Задача Две плоские световые волны с одинаковыми частотами  $\omega$ , начальными фазами  $\phi_1$  и  $\phi_2$  и векторами поляризации вдоль оси  $y$  имеют волновые векторы  $k_1$  и  $k_2$ , составляющие углы с осью  $z$  в плоскости  $xz$ . Найдите распределение интенсивности в картине интерференции этих волн, имеющих амплитуды  $E_{1m}$  и  $E_{2m}$ , в среде с показателем преломления  $n_0$ , не обладающей магнитными свойствами ( $\mu = \mu_0$ ). Определите период интерференционной картины и глубину модуляции интенсивности.

– Теоретические вопросы 1) Уравнения Максвелла. 2) Формирование фоторефрактивной голограммы при знакопеременном внешнем электрическом поле. Задача Доказать, что при угле падения, равному углу Брюстера, угол между отраженным и преломленным лучами равен  $90^\circ$ .

– Теоретические вопросы 1) Формирование решетки и поля пространственного заряда. 2) Самодифракция световых волн на фоторефрактивной голограмме при нелокальном отклике. Задача

Плоская монохроматическая световая волна с длиной волны 633 нм, распространяющаяся в кристалле симметрии 23 с показателем преломления и удельным оптическим вращением вдоль оси  $x$ , на входной грани, при  $x = 0$ , имеет векторную амплитуду  $A_0$ . Найдите векторную амплитуду волны при  $x = 7.5$  мм, на выходной грани кристалла.

– Теоретические вопросы 1) Самообращение волнового фронта световых волн. 2) Уравнение связанных волн. Приближение неистощаемой накачки. Задача Заряженная частица с массой  $m$  совершает гармонические колебания вдоль оси  $x$  относительно положения равновесия  $x = 0$  и характеризуется потенциальной энергией  $U = \frac{1}{2} kx^2$ , где  $k = 10^{12}$  Дж/м. Вычислите частоту колебаний частицы в Гц и соответствующую длину волны электромагнитного излучения.

### 3.9 Темы контрольных работ

– 1) Плоская электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $z$  и имеет в некоторый момент времени ориентацию вектора напряженности магнитного поля вдоль оси  $x$ . Нарисуйте взаимную ориентацию волнового вектора и остальных векторов в волне, в данный момент времени, в декартовой системе координат. 2) В кристалле титаната висмута двумя когерентными пучками с длинами волн 633 нм записывается голограмма за счет диффузионного механизма. Параметры кристалла  $\epsilon = 47$ ;  $r_{41} = 5,17$  пм/В;  $n_0 = 2,25$  и концентрация акцепторов  $N_A = 10^{23}$  м<sup>-3</sup>. Определить оптимальный период голограммы; поле насыщения ловушек и диффузионное поле.

### 3.10 Темы лабораторных работ

– Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов  
– Адаптивный голографический интерферометр  
– Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре  
– Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие. 2 е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 320 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978 5 8114 1114 6 [Электронный ресурс]. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=627](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=627)

2. Бутиков Е.И. Оптика: Учебное пособие. 3 е изд., доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 608 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978 5 8114 1190 0 [Электронный ресурс]. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=2764](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2764)

### 4.2. Дополнительная литература

1. Гринев А. Ю. Оптические устройства в радиотехнике: Учебное пособие для вузов, М.: Радиотехника, 2005. – 239 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 74 экз.)

2. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учебное пособие для вузов, М.: Техносфера, 2006. – 432 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

3. Нагибина И. М. Прикладная физическая оптика: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2002. – 564 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 22 экз.)

4. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография / С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. – Т.: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 244 с. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1553>

5. Шандаров С.М. Фоторефрактивная нелинейная оптика: учебное методическое пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных

приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 39 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.)

#### **4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение**

1. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 17 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1501>

2. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Адаптивный голографический интерферометр: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 15 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1503>

3. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре: Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2012. – 22 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/2820>

4. Шмаков С.С., Шандаров С.М. Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов. - Томск: ТУСУР, 2012. – 35 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1735>

5. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: Учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2012. – 244с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1553>

6. Шандаров С.М., Буримов Н.И. Фоторефрактивная нелинейная оптика: Учебное методическое пособие – Томск: ТУСУР, 2007. – 38 с. Препринт. [Электронный ресурс]. - <http://ed.tusur.ru/data/umpo/029.pdf>

7. Методы динамической голографии: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / С.С. Шмаков, С.М. Шандаров. – Томск: ТУСУР, 2012. – 37 с. [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1110>

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Образовательный портал университета, библиотека университета