

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Шехонин А.А.
« ____ » _____ 20__
_____ м.п.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б2.2.в.1. Основы голографии и голограммной оптики

(указывается шифр и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки 200400 Оптотехника

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

(бакалавр)

Профиль подготовки бакалавра Прикладная и компьютерная оптика

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная и др.)

Выпускающая кафедра Прикладной и компьютерной оптики

Кафедра-разработчик рабочей программы Прикладной и компьютерной оптики

(название)

| Семестр | Трудоем- кость час. | Лек- ций, час. | Практич. занятий, час. | Лаборат. работ, час. | СРС, час. | Форма промежуточного контроля (экз./зачет) |
|--------------|------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|--------------|--|
| 7 | 136 | 17 | 0 | 17 | 102 | зачет |
| | | | | | | |
| Итого | 136 | 17 | 0 | 17 | 102 | зачет |

Санкт-Петербург

2011 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО
3. Структура и содержание дисциплины
4. Формы контроля освоения дисциплины
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы преподавания
- Приложение 3. Технологии и формы обучения
- Приложение 4. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 5. Таблица планирования результатов обучения

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО (ОС вуза) по направлению подготовки 200200 Оптотехника

Программу составили:
кафедра ПиКО
Корешев С.Н., д.т.н., профессор

Эксперт(ы):

Программа одобрена на заседании УМК факультета оптико-информационных систем и технологий

Председатель УМК ОИСТ Коняхин И.А., д.т.н., профессор _____ (Ф.И.О., уч. звание, подпись)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение следующих результатов образования (РО):
знания:

- на уровне представлений: основных схем регистрации и типов голограмм; ограничений, накладываемых модулируемым параметром регистрирующей среды на дифракционную эффективность голограммы; изображающие свойства голограмм и факторы, ограничивающие качество формируемого с их помощью изображения
- на уровне воспроизведения: принципа голографии и условий его реализации; принципов частотного анализа восстановленных полей; методов формирования голографических полей и характера влияния на их структуру фазовых неоднородностей регистрирующей среды
- на уровне понимания: пространственно - частотного подхода к анализу свойств голограмм и восстановленных с их помощью полей; зависимости структуры голограммы от геометрических параметров и длины волны ее записи; характера влияния нелинейности регистрирующей среды на качество восстанавливаемого изображения; характера зависимости aberrаций голограмм точечного источника от геометрических параметров схем их записи и восстановления

умения:

- теоретические: выводить основное уравнение голографии и доказывать возможность использования метода голографии для восстановления безабберационного изображения объекта; оценивать и обосновывать перспективность применения элементов голограммной оптики в устройствах защиты от подделок, интерференционных микроскопах, системах оптической памяти и телекоммуникаций;
- практические: рассчитывать дифракционную эффективность рельефно-фазовых голограмм по известным параметрам глубины и формы профиля их рельефа; определять фокусное расстояние голограммной линзы по данным о ее голограммной структуре;
- навыки: сборки и юстировки интерферометра Майкельсона, предназначенного для регистрации голограмм двух плоских волн; использования микроинтерферометра для измерения параметров структуры рельефно-фазовых голограмм; использования микроскопа для исследования структуры голограммных линз; оценки деформаций исследуемого волнового фронта по виду формируемой с его помощью интерференционной картины

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

общекультурных

- способен к обобщению, анализу, восприятию информации, к постановке цели и выбору путей ее достижения, владеет культурой мышления (ОК-1);
- способен критически оценивать результаты своей деятельности, определять пути их улучшения (ОК-8)

и профессиональных компетенций:

- способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1);
- способен проектировать элементы системы и устройства оптоэлектроники, основанные на различных физических принципах действия (ПК-7);
- способен применять на практике знания, относящиеся к профессиональной области (ПК.ПП-1).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина "Основы голографии и голограммной оптики" относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знание высшей математики (ряды, интегральные преобразования), физики (теория дифракции и интерференция), основ геометрической и волновой оптики, умение использовать современные фундаментальные знания по естественнонаучным направлениям подготовки (физике, экологии, информатике и др.) для выявления и анализа причинно-следственных связей в изучаемых явлениях, владение базовыми навыками работы с основными оптическими приборами: микроскопом, микроинтерферометром, лазером и т.д. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин основы оптики, физические основы оптики, оптические измерения и служит основой для освоения дисциплин, связанных с проектированием, расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе.

В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в разделе «Цели освоения дисциплины»:

| № п/п | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины (группы дисциплин) |
|-------------------------------------|--|--|--|
| <i>Общекультурные компетенции</i> | | | |
| 1. | способен к обобщению, анализу, восприятию информации, к постановке цели и выбору путей ее достижения, владеет культурой мышления (ОК-1) | Математика, Физика, Основы оптики, Физические основы оптики. | Научно-исследовательская работа обучающегося, Группа дисциплин, связанных с проектированием, расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе. |
| 2. | - способен критически оценивать результаты своей деятельности, определять пути их улучшения (ОК-8) | Математика, Физика, Химия, Экология, Оптико-информационные приборы, Прикладная оптика, Численные методы в оптике | История оплотехники, волоконная оптика, Научно-исследовательская работа обучающегося. |
| <i>Профессиональные компетенции</i> | | | |
| 3. | - способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы матанализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК- | Основы оптики, Физические основы оптики, Прикладная оптика, Оптико-электронные приборы и системы, Основы лазерной техники. | Численные методы в оптике, волоконная оптика, Научно-исследовательская работа обучающегося, Группа дисциплин, связанных с проектированием, расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе. |

| | | | |
|----|--|--|--|
| | 1) | | |
| 4. | - способен проектировать элементы системы и устройства оплотехники, основанные на различных физических принципах действия (ПК-7) | Основы оптики, Физические основы оптики, Прикладная оптика, Оптико-электронные приборы и системы, Основы лазерной техники. | Численные методы в оптике, волоконная оптика, Научно-исследовательская работа обучающегося, Группа дисциплин, связанных с проектированием, расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе. |
| 5. | - способен применять на практике знания, относящиеся к профессиональной области (ПК.ПП-1) | Основы оптики, Физические основы оптики, Прикладная оптика, Оптико-электронные приборы и системы, Основы лазерной техники. | Численные методы в оптике, волоконная оптика, Научно-исследовательская работа обучающегося, Группа дисциплин, связанных с проектированием, расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе. |

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 102 часа.

| № модуля образовательной программы | № раздела | Наименование раздела дисциплины | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы | | | | |
|------------------------------------|-----------|--|---|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | СРС | Всего часов |
| 13 | 1 | Физические и технологические основы метода голографии | 9 | - | 9 | 51 | 68 |
| 14 | 2 | Изображающие свойства голограмм. Применения голографии | 8 | - | 8 | 51 | 68 |
| ИТОГО: | | | 17 | - | 17 | 102 | 136 |

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

Раздел 1. «Физические и технологические основы метода голографии». Формирование голограмм (1.1). Основное уравнение голографии (2.1). Схемы регистрации голограмм различных типов (3.1). Геометрия формирования плоских и объемных голограмм (4.1). Получение голограмм с наклонным диффузным и не диффузным опорным пучком (5.1). Плоские амплитудные и фазовые голограммы (6.1). Среды для их регистрации (7.1). Максимально достижимая дифракционная эффективность плоских голограмм (8.1). Влияние формы и высоты профиля рельефно-фазовых голограмм на их дифракционную эффективность (9.1). Амплитудные и фазовые объемные голограммы (10.1). Материалы для их регистрации (11.1). Максимальная дифракционная эффективность объемных голограмм (12.1).

Раздел 2. «Изображающие свойства голограмм. Применения голографии». Интеграл суперпозиции (2.1). Геометрический анализ голограмм точечного источника (2.2). Восстановление голограммы точечного источника гомоцентрическим пучком лучей (2.3). Изображающие свойства голограмм точечного источника, абберации третьего порядка (2.4). Условия компенсации отдельных типов аббераций (2.5). Интермодуляционные шумы (2.6). Влияние нелинейности регистрирующей среды на качество восстановленного изображения (2.7). Дискретизация голограмм (2.8). Влияние фазовых неоднородностей регистрирующей среды и деформаций голограммной структуры на изображающие свойства голограмм (2.9). Влияние границ раздела на дифракционную эффективность голограммных зеркал (2.10). Голографическая память (2.11). Голографическая интерферометрия с цифровым восстановлением и обработкой данных (2.12). Голографические мультиплексоры для систем передачи данных со спектральным уплотнением (2.13). Голографические маршрутизаторы и

разветвители информационных каналов (2.14). Голографические метки идентификации и изобразительные голограммы (2.15).

3.2. Лекции

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, часов | Содержание лекции (перечень раскрываемых вопросов) |
|-------|--------------------------|--------------|---|
| 1 | 1 | 2 | Формирование голограмм. Восстановление волнового фронта. Основное уравнение голографии. Условия восстановления точной копии объектной волны. |
| 2 | 1 | 2 | Схемы регистрации голограмм различных типов. Геометрия формирования плоских и объемных голограмм. Схема регистрации голограмм Габора. Устранение проблемы второго изображения. Схемы записи объемных голограмм. Схема Ю.Н. Денисюка. |
| 3 | 1 | 2 | Понятие о спектре пространственных частот. Дифракция на периодических структурах. Постановка общей задачи о дифракции. Получение голограмм с наклонным диффузным и не диффузным опорным пучком. |
| 4 | 1 | 2 | Материалы для записи голограмм. Модулируемые параметры оптических сред. Плоские амплитудные и фазовые голограммы. Основные регистрирующие среды. Максимально достижимая дифракционная эффективность плоских голограмм. |
| 5 | 1 | 1 | Амплитудные и фазовые объемные голограммы. Материалы для регистрации объемных голограмм. Максимальная дифракционная эффективность объемных голограмм. |
| 6 | 2 | 2 | Линейность оптических систем и интеграл суперпозиции. Геометрический анализ голограмм точечного источника. Изображающие свойства голограмм точечных источников. |
| 7 | 2 | 2 | Изображающие свойства голограмм в первом параксиальном приближении. Влияние конечных размеров голограммы. Структура изображения точечного объекта, формируемого голограммой в отсутствие аберраций. |
| 8 | 2 | 2 | Монохроматические аберрации третьего порядка. Факторы, ограничивающие качество изображения, формируемого методом голографии. Помехи, обусловленные нелинейностью характеристической кривой регистрирующей среды. Влияние неравномерности регистрирующей среды на качество восстановленного изображения. |
| 9 | 2 | 2 | Применение метода голографии и устройств на его основе. Системы голографической памяти. Голографическая интерферометрия с цифровым восстановлением и обработкой данных. Голографические мультиплексоры для систем передачи данных со спектральным уплотнением. Голографические метки идентификации. |
| Итого | | 17 | |

3.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

3.4. Лабораторные работы

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Наименование лабораторной работы | Наименование лаборатории | Трудоемкость, часов |
|-------|--------------------------|---|---------------------------------|---------------------|
| 1 | 1 | Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы | Лаборатория голограммной оптики | 4 |
| 2 | 1 | Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля | Лаборатория голограммной оптики | 5 |
| 3 | 2 | Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной структуры | Лаборатория голограммной оптики | 4 |
| 4 | 2 | Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм | Лаборатория голограммной оптики | 4 |
| Итого | | | | 17 |

3.5. Самостоятельная работа студента

| Раздел дисциплины | № п/п | Вид СРС | Трудоемкость, часов |
|-------------------|-------|--|---------------------|
| Раздел 1 | 1 | Подготовка к лабораторным работам, оформление результатов их выполнения и подготовка к защите. СРС 1 | 20 |
| | 2 | Изучение теоретич. материала, подготовка к тестированию. СРС 2 | 31 |
| Раздел 2 | 3 | Подготовка к лабораторным работам, оформление результатов их выполнения и подготовка к защите. СРС 3 | 20 |
| | 4 | Изучение теоретич. материала, подготовка к тестированию. СРС 4 | 31 |
| Итого | | | 102 |

3.6. Домашние задания, типовые расчеты и т.п.

Не предусмотрены

3.7. Рефераты

Не предусмотрены

3.8. Курсовые работы по дисциплине

Не предусмотрены

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с ПОЛОЖЕНИЕМ о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов СПбГУ ИТМО (БАРС). Он включает в себя текущий контроль успеваемости студентов в форме текущей и рубежной аттестаций.

Текущая аттестация студентов производится каждые 2 недели лектором и преподавателем (ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- письменное тестирование;
- выполнение лабораторных работ;

Рубежная аттестация студентов производится по окончании модуля в форме защиты лабораторных работ.

Фонды оценочных средств, включающие тесты и методы контроля, позволяющие оценить РО по данной дисциплине, включены в состав приложения 3 настоящей программы.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Корешев С.Н. Основы голографии и голограммной оптики - Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2009, 97 с.
2. Ландсберг Г.С. Оптика — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 848 с.
3. Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы— М.: Мир, 2005 , 542 с.
4. Вербовецкий А.А. Оптическая голография в цифровых компьютерных технологиях. – М.: Алекс-Верб, 2005, 124с.
5. Шрёдер Г. Х., Трайбер Х. Техническая оптика — М.: Техносфера, 2006, 424 с.
6. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика — М.: Издательство МГУ им. М. В. Ломоносова: Наука, 2004, 654 с.
7. Гудмен Дж. введение в Фурье-оптику.-М.:Мир, 1970, 364с.
8. Оптическая голография /Под ред. Г. Колфилда. –М.: Мир, 1982, 735с.
9. Кольер Р., Беркхард К., Лин Л. Оптическая голография. –М.:Мир, 1973, 686с.

б) дополнительная литература:

10. Корешев С.Н., Гиль С.В., Аникеева О.А. Влияние регистрирующей среды на абберационные свойства голограммных оптических элементов, получаемых на тонких слоях галогенидосеребряной фотоэмульсии. Оптика и спектроскопия 1990, т.69, №6, с.1371-1377.
11. Герке Р.Р., Корешев С.Н., Семенов Г.Б., Смирнов В.В. Голограммная оптика в "ГОИ им.С.И.Вавилова". Оптический журнал, 1994, N1, с.26 – 39.
12. Корешев С.Н. Интерферометры на базе полифункциональных голограммных оптических элементов. Труды ГОИ, 2000, т. 84, № 218, с. 3 – 21.
13. W.J. Dallas et al. Digital holography and three dimensional displays. Principles and applications. - N.Y.: Springer, 2006, 430p.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы :

14. Электронная газета Международной организации производителей голограмм (<http://www.reconnaissance-intl.com/holography-news>).

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:
 - a. комплект электронных презентаций/слайдов,
 - b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).
2. Практические занятия:

не предусмотрены.
3. Лабораторные работы
 - a. Лаборатория голограммной оптики, оснащенная оптической двумерной скамьей с виброизоляцией, полупроводниковым одночастотным непрерывным лазером видимого диапазона спектра, комплектом оптических элементов в оправках, микроинтерферометром Линника, оптическими микроскопами и комплектом образцов голограммных и традиционных оптических элементов.

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина "Основы голографии и голограммной оптики" относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки Опотехника (200200) профилям подготовки бакалавров: 200203.65.07 «Проектирование оптических систем»; 200203.65.10 «Оптические приборы» и 200203.65.11 «Компьютерная оптика». Дисциплина реализуется на факультете Оптико-информационных систем и технологий СПбГУ ИТМО кафедрой Прикладной и компьютерной оптики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими основами и принципом голографии, с изображающими свойствами и практическим использованием голограммных оптических элементов.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций: (ОК-1) - способен к обобщению, анализу, восприятию информации, к постановке цели и выбору путей ее достижения, владеет культурой мышления; (ОК-8) - способен критически оценивать результаты своей деятельности, определять пути их улучшения

и профессиональных компетенций: (ПК-1) - способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы матанализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; (ПК-7) - способен проектировать элементы системы и устройства опотехники, основанные на различных физических принципах действия; (ПК.ПП-1) - способен применять на практике знания, относящиеся к профессиональной области.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль в формах письменного тестирования, контроля выполнения лабораторных работ и рубежного контроля в форме защиты лабораторных работ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 102 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17 часов), лабораторные (17 час) занятия и 68 часов самостоятельной работы студента.

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

I. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ (разделы дисциплины 1-2).

Междисциплинарное обучение: использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте задачи усвоения лекционного материала, выполнения лабораторных работ и подготовки к их защите (разделы дисциплины 1-2).

Опережающая самостоятельная работа: изучение студентами нового материала, необходимого для выполнения лабораторных работ до его изучения в ходе аудиторных занятий (разделы дисциплины 1-2).

II. Виды и содержание учебных занятий

Раздел 1. *Физические и технологические основы метода голографии*

Теоретические занятия (лекции) - 9 часов.

Лекция 1. Информационная лекция. В ней рассматриваются:

Формирование голограмм. Восстановление волнового фронта. Основное уравнение голографии. Условия восстановления точной копии объектной волны.

Лекция 2. Лекция - дискуссия. В ней обсуждаются:

Схемы регистрации голограмм различных типов. Геометрия формирования плоских и объемных голограмм. Схема регистрации голограмм Габо́ра. Устранение проблемы второго изображения. Схемы записи объемных голограмм. Схема Ю.Н. Денисюка.

Лекция 3. Информационная лекция. В ней рассматриваются:

Понятие о спектре пространственных частот. Дифракция на периодических структурах.

Постановка общей задачи о дифракции. Получение голограмм с наклонным диффузным и не диффузным опорным пучком.

Лекция 4. Информационная лекция. В ней рассматриваются:

Материалы для записи голограмм. Модулируемые параметры оптических сред. Плоские амплитудные и фазовые голограммы. Основные регистрирующие среды. Максимально достижимая дифракционная эффективность плоских голограмм.

Лекция 5. Лекция - дискуссия. В ней обсуждаются:

Амплитудные и фазовые объемные голограммы. Материалы для регистрации объемных голограмм. Максимальная дифракционная эффективность объемных голограмм.

Практические и семинарские занятия - часов.

Не предусмотрены

Лабораторный практикум - 9 часов, 2 работы.

Аннотация лабораторных работ.

Наименование работы: "Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы".

Форма выполнения: в группах по 3 человека.

Цель работы: Освоение методики сборки и юстировки стандов для регистрации голограмм.

Используемое оборудование: изолированная от вибраций двумерная оптическая скамья, полупроводниковый одночастотный лазер, набор оптических элементов в оправках.

Последовательность основных действий: ознакомление со схемой интерферометра, сборка и юстировка его оптической системы, приобретение навыка изменения угла схождения интерферирующих пучков лучей и, следовательно, изменения частоты и ориентации интерференционных полос, контроль пространственной частоты сформированного голографического поля, осуществляемый путем непосредственного измерения периода следования полос и путем измерения угла схождения опорного и объектного пучков лучей.

Формируемые и демонстрируемые в процессе выполнения РО: привитие навыков сборки и юстировки интерферометров, предназначенных для формирования голографического поля, практическое освоение методов контроля пространственной частоты сформированного голографического поля.

Наименование работы: "Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля".

Форма выполнения: в группах по 3 человека.

Цель работы: Освоение методики определения энергетических характеристик относительно низкочастотных рельефно – фазовых голограмм

Используемое оборудование: Интерферометр МИИ-4, рельефно-фазовый голограммный оптический элемент.

Последовательность основных действий: ознакомление со схемой и принципом действия интерферометра Линника МИИ-4, изучение структуры осевой рельефно-фазовой голограммы, нахождение на апертуре голограммы участков с заданной пространственной частотой, измерение на этих участках высоты рельефа голограммной структуры и параметров ее профиля, вычисление по полученным данным локальной дифракционной эффективности исследуемой голограммы.

Формируемые и демонстрируемые в процессе выполнения РО: привитие навыков измерения параметров структуры рельефно-фазовых голограмм и определения их дифракционной эффективности.

Управление самостоятельной работой студента - 0,66 часа.

Формы управления самостоятельной работой студента: консультации по содержанию теоретического материала, оформлению и защите лабораторных работ.

Раздел 2. Изображающие свойства голограмм. Применения голографии.

Теоретические занятия (лекции) - 8 часов.

Лекция 6. Информационная лекция. В ней рассматриваются:

Линейность оптических систем и интеграл суперпозиции. Геометрический анализ голограмм точечного источника. Изображающие свойства голограмм точечных источников.

Лекция 7. Информационная лекция. В ней рассматриваются:

Изображающие свойства голограмм в первом параксиальном приближении. Влияние конечных размеров голограммы. Структура изображения точечного объекта, формируемого голограммой в отсутствии aberrаций.

Лекция 8. Проблемная лекция. В ней обсуждаются:

Монохроматические aberrации третьего порядка. Факторы, ограничивающие качество изображения, формируемого методом голографии. Помехи, обусловленные нелинейностью характеристической кривой регистрирующей среды. Влияние неравномерности регистрирующей среды на качество восстановленного изображения.

Лекция 9. Лекция - дискуссия. В ней обсуждаются:

Применение метода голографии и устройств на его основе. Системы голографической памяти. Голографическая интерферометрия с цифровым восстановлением и обработкой данных.

Голографические мультиплексоры для систем передачи данных со спектральным уплотнением.
Голографические метки идентификации.

Практические и семинарские занятия - часов.

Не предусмотрены

Лабораторный практикум - 8 часов, 2 работы.

Аннотации лабораторных работ.

Наименование работы: "Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной структуры".

Форма выполнения: в группах по 3 человека.

Цель работы: Освоение методики анализа структуры рельефно – фазовых голограммных линз.

Используемое оборудование: Микроскоп, осевой голограммный оптический элемент, представляющий собой голограммную линзу, изготовленную методом избирательного дублирования на галогенидосеребряной регистрирующей среде.

Последовательность основных действий: наблюдение структуры голограммной линзы, измерение локальной пространственной частоты голограммной структуры на заданном расстоянии от ее центра, расчет фокусного расстояния линзы по измеренным значениям пространственных частот.

Формируемые и демонстрируемые в процессе выполнения РО: привитие навыков исследования структуры голограммных линз и определения их фокусного расстояния.

Наименование работы: "Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм".

Форма выполнения: в группах по 3 человека.

Цель работы: Демонстрация влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм.

Используемое оборудование: изолированная от вибраций двумерная оптическая скамья, полупроводниковый одночастотный лазер, набор оптических элементов в оправках.

Последовательность основных действий: ознакомление со схемой интерферометра Майкельсона, сборка и юстировка его оптической системы, фиксация эталонной интерференционной картины, наблюдение и фиксация деформаций структуры интерференционных полос, обусловленных внесением покрытой слоем фотоэмульсии фотопластинки в одно из плеч интерферометра и в пространство между клином и экраном, на котором наблюдается картина.

Формируемые и демонстрируемые в процессе выполнения РО: привитие навыков практического использования интерферометра Майкельсона для оценки разнотолщинности подложек и регистрирующих сред.

Управление самостоятельной работой студента - 0,70 часа.

Формы управления самостоятельной работой студента: консультации по содержанию теоретического материала, оформлению и защите лабораторных работ.

Курсовые работы

Не предусмотрены.

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 102 часа, из них 34 часа аудиторных занятий и 68 часов, отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в Приложении 4 к Рабочей программе.

| Вид работы | Содержание (перечень вопросов) | Трудоемкость, час. | Рекомендации |
|--|--|--------------------|--|
| Раздел 1. «Физические и технологические основы метода голографии» | | | |
| Подготовка к лекции №1 | Изучение вопросов, касающихся формирования голограмм, восстановления волнового фронта, основного уравнения голографии, условий восстановления точной копии объектной волны. | 7 | См. раздел 1 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции №2 | Изучение вопросов, касающихся схем регистрации голограмм различных типов, геометрии формирования плоских и объемных голограмм, схемы регистрации голограмм Габора, устранения проблемы второго изображения, схем записи объемных голограмм, схемы Ю.Н. Денисюка. | 7 | См. раздел 1 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции №3 | Изучение вопросов, касающихся понятия о спектре пространственных частот, дифракции на периодических структурах, постановке общей задачи о дифракции, получения голограмм с наклонным диффузным и не диффузным опорным пучком. | 7 | См. раздел 1 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции №4 | Изучение вопросов, касающихся материалов для записи голограмм, модулируемых параметров оптических сред, плоских амплитудных и фазовых голограмм, основных регистрирующих сред, максимально достижимой дифракционной эффективности плоских голограмм. | 7 | См. раздел 2 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции №5 | Изучение вопросов, касающихся амплитудных и фазовых объемных голограмм, материалов для | 5 | См. раздел 2 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, |

| | | | |
|--|--|--------|--|
| | регистрации объемных голограмм, максимальной дифракционной эффективности объемных голограмм. | | СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы "Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы" | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 5 | См. описание лабораторной работы "Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы" |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Заполнение таблиц, производство вычислений, формулировка выводов, оформление отчета. | 4 | См. описание лабораторной работы "Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы" |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы "Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля" | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 5 | См. описание лабораторной работы "Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля" |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Заполнение таблиц, производство вычислений, формулировка выводов, оформление отчета. | 4 | См. описание лабораторной работы "Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля" |
| Итого по разделу 1 | | 51 час | |
| Раздел 2. «Изображающие свойства голограмм. Применения голографии» | | | |
| Подготовка к лекции | Изучение вопросов, касающихся линейности | 8 | См. раздел 3 уч. пособия: С.Н. Корешев. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| № 6 | оптических систем и интеграла суперпозиции, геометрического анализа голограмм точечного источника, изображающих свойств голограмм точечных источников. | | Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции № 7 | Изучение вопросов, касающихся изображающих свойств голограмм в первом параксиальном приближении, влияния конечных размеров голограммы, структуры изображения точечного объекта, формируемого голограммой в отсутствие аберраций. | 8 | См. раздел 3 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции № 8 | Изучение вопросов, касающихся монохроматических аберраций третьего порядка, факторов, ограничивающих качество изображения, формируемого методом голографии, помех, обусловленные нелинейностью характеристической кривой регистрирующей среды, влияния неравномерности регистрирующей среды на качество восстановленного изображения. | 9 | См. раздел 4 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к лекции № 9 | Изучение вопросов, касающихся применения метода голографии и устройств на его основе, систем голографической памяти, голографической интерферометрии с цифровым восстановлением и обработкой данных, голографических мультиплексоров для систем передачи данных со спектральным уплотнением, голографических меток идентификации. | 8 | См. раздел 5 уч. пособия: С.Н. Корешев. Основы голографии и голограммной оптики, СПбГУ ИТМО, 2009 и конспект лекций по дисциплине. |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы "Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 4 | См. описание лабораторной работы "Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной структуры". |

| | | | |
|---|--|---------------|--|
| структуры" | | | |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Заполнение таблиц, производство вычислений, формулировка выводов, оформление отчета. | 5 | См. описание лабораторной работы "Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной структуры". |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы "Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм" | Изучение теоретического материала, ознакомление с порядком выполнения работы. | 4 | См. описание лабораторной работы "Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм". |
| Оформление отчета по лабораторной работе | Заполнение таблиц, производство вычислений, формулировка выводов, оформление отчета. | 5 | См. описание лабораторной работы "Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм". |
| Итого по разделу 2 | | 51 час | |

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДИКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Оценивание уровня учебных достижений студента осуществляется в виде текущего контроля успеваемости студентов.

Формы контроля и критерии начисления баллов приведены в Сводной таблице форм контроля и критериев оценки для различных видов занятий.

Фонды оценочных средств

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить РО по данной дисциплине, состоят из приведенного ниже комплекта тестовых заданий по дисциплине.

Комплект тестовых заданий по теоретическому материалу дисциплины «Основы голографии и голограммной оптики»

Тема 1.1. Физические основы метода голографии. Типы голограмм

Текущий тест 1:

1. Нобелевский лауреат, автор термина "голография"
 - а). Ю.Н. Денисюк;
 - б). Д. Габор;
 - в). В.Л. Брэгг.

2. Отличительной особенностью метода голографии является регистрация
 - а). Фазы объектной волны;
 - б). Амплитуды объектной волны;
 - в). Амплитуды и фазы объектной волны.

3. Условия восстановления с помощью голограммы точной копии объектной волны
 - а). Равенство длин волн записи и восстановления, когерентность используемого излучения, наличие опорной волны;
 - б). Равенство длин волн записи и восстановления, когерентность используемого излучения, наличие опорной волны, идентичность опорной и восстанавливающей волн;
 - в). Равенство длин волн записи и восстановления, когерентность используемого излучения, наличие опорной волны, линейность регистрации голограммы, идентичность опорной и восстанавливающей волн.

Текущий тест 2:

1. Пространственные частоты могут быть
 - а). Только положительными;
 - б). Только отрицательными;
 - в). И положительными и отрицательными.

2. Величина комплексной амплитуды плоской волны на произвольном расстоянии Z равна
 - а). Произведению комплексной амплитуды волны при $Z=0$ и экспоненты, убывающей при увеличении Z ;
 - б). Произведению комплексной амплитуды волны при $Z=0$ и экспоненты, увеличивающейся при увеличении Z ;
 - в). Комплексной амплитуде волны при $Z=0$.

3. Условием возникновения затухающих волн при дифракции монохроматического излучения на дифракционной решетке является
 - а). Равенство периода решетки длине волны падающего на решетку излучения;
 - б). Длина волны излучения, превышающая период решетки;
 - в). Период решетки, превышающий длину волны излучения.

Тема 1.2. Материалы для записи голограмм

Текущий тест 3:

1. Проводимый в частотном пространстве анализ поля, восстановленного с помощью голограммы, позволяет сформулировать условия пространственного разделения порядков дифракции. Эти условия
 - а). Необходимы, но недостаточны;
 - б). Необходимы и достаточны;
 - в). В координатном пространстве не имеют никакого значения.

2. Ширина спектральной полосы, занимаемой частью восстановленного поля, описываемой произведением комплексной амплитуды объектной волны на сопряженную ей комплексную амплитуду, шире спектра объектной волны
 - а). В 2 раза;
 - б). В 3 раза;
 - в). В 1,5 раза.

3. Как соотносятся пространственные частоты голографического поля, сформированного одними и теми же плоскими волнами в воздухе и в объеме регистрирующей среды
 - а). В воздухе частота выше;

- б). В воздухе частота ниже;
- в). Частоты одинаковы.

Текущий тест 4:

1. У фазовых голографических регистрирующих сред могут модулироваться
 - а). Коэффициент поглощения (отражения), показатель преломления и толщина;
 - б). Только толщина и показатель преломления;
 - в). Только коэффициент поглощения (отражения).

2. Галогенидосеребряные регистрирующие среды могут быть
 - а). Фазовыми и амплитудными регистрирующими средами;
 - б). Только фазовыми средами;
 - в). Только амплитудными средами.

3. Максимально достижимая дифракционная эффективность тонкослойных фазовых голограмм примерно равна
 - а). 40 процентам;
 - б). 10 процентам;
 - в). 100 процентам.

Тема 2.1. Интеграл суперпозиции. Изображающие свойства голограмм точечного источника

Текущий тест 5:

1. Локальная пространственная частота осевой голограммы по мере удаления от ее оптической оси
 - а). Уменьшается по линейному закону;
 - б). Увеличивается по линейному закону;
 - в). увеличивается по экспоненциальному закону.

2. Импульсным откликом оптической системы называется
 - а). Отклик системы в точке с координатами (X_2, Y_2) на сигнал вида δ функции в точке (X_1, Y_1) ;
 - б). Отклик системы на сигнал вида "ступенька";
 - в). Отклик системы на синусоидальный сигнал.

3. Со временем, фаза волны, исходящей из точечного источника,
 - а). Уменьшается;

- б). Увеличивается;
- в). Остается постоянной.

Текущий тест 6:

1. Расстояние от голограммы до восстановленного с ее помощью изображения точечного источника зависит
 - а). От длин волн регистрации и восстановления, а также от расстояний от голограммы до опорного, объектного и восстанавливающего источников;
 - б). Только от расстояний от голограммы до опорного, объектного и восстанавливающего источников;
 - в). Только от длин волн регистрации и восстановления.
2. От каких параметров голограммы зависит поперечный размер восстанавливаемого с ее помощью дифракционно ограниченного безабберационного изображения точечного источника?
 - а). Длины волны регистрации и пространственной частоты голограммы;
 - б). Длины волны восстановления, размера апертурной диафрагмы и расстояния от голограммы до восстановленного изображения;
 - в). Толщины регистрирующей среды и пространственной частоты голограммы.
3. Распределение интенсивности в идеальном изображении точечного источника, имеющее вид "кружка Эйри" возникает в случае апертурной диафрагмы, имеющей форму
 - а). Квадрата
 - б). Треугольника;
 - в). Круга.

Тема 2.2. Факторы, ограничивающие качество изображения, формируемого методом голографии. Применение метода голографии и устройств на его основе

Текущий тест 7:

1. От каких параметров схем регистрации и восстановления голограмм точечных источников зависят aberrации в формируемых с их помощью изображениях?
 - а). От длин волн регистрации и восстановления, а также от взаимного расположения голограммы, опорного, объектного и восстанавливающего источников;
 - б). Только от взаимного расположения голограммы, опорного, объектного и восстанавливающих источников;
 - в). Только от длин волн регистрации и восстановления.
2. Интермодуляционные помехи в восстановленной волне обусловлены
 - а). Взаимной интерференцией излучения, приходящего от разных точек объекта;

- б). Интерференцией опорной и объектной волн;
 - в). Деформацией поверхности голограммы.
3. К каким искажениям восстановленного изображения приводит работа на нелинейном участке характеристической кривой?
- а). К появлению дополнительных ложных изображений;
 - б). К абберациям в восстановленном изображении;
 - в). К изменению масштаба изображения.

Текущий тест 8:

1. Каким соотношением определяется предельно достижимая плотность информации в системах голографической памяти?
- а). Отношением площади используемой регистрирующей среды на квадрат рабочей длины волны;
 - б). Отношением объема используемой регистрирующей среды на куб рабочей длины волны;
 - в). Только толщиной регистрирующей среды.
2. В чем заключено основное преимущество метода голографической интерферометрии?
- а). В возможности изучения уже закончившегося процесса;
 - б). В простоте применяемого оборудования;
 - в). В легкости математической обработки интерферограмм.
3. Наиболее простой и малозатратный метод изготовления голографических меток идентификации основан
- а). На записи голограмм Ю.Н. Денисюка в объемной регистрирующей среде;
 - б). На записи голограмм Д.Габор;а;
 - в). На тиснении рельефно-фазовых голограмм.

Критерии оценивания

Текущее письменное тестирование

Для всех тестов происходит пересчет рейтинга теста в баллы по следующим критериям:

- правильный ответ на вопрос теста – 1,5 балла,
- прохождение тестирования в срок при условии правильности ответов на все поставленные вопросы – 0,5 балла.

Лабораторные работы

Допуск к ЛР

Допуск к выполнению ЛР происходит в форме тестирования (список из 10 тестовых вопросов выдается на занятии, время на ответ – 10 минут). Баллы начисляются в зависимости от количества правильных ответов:

- от 5 до 7 правильных ответов – **min** балл,
- более 7 правильных ответов – **max** балл.

Отчет по ЛР

Общие требования по содержанию и оформлению отчетов по лабораторным работам

- Основные разделы, входящие в состав отчетов:
 - a. титульный лист, содержащий: название вуза, название кафедры, название дисциплины, номер и название лабораторной работы, фамилии преподавателя и студента;
 - b. цель и задачи работы;
 - c. теоретические сведения, касающиеся исследуемого объекта/явления;
 - d. описание установки;
 - e. полученные данные, их математическая обработка, выводы по проделанной работе.
- Требования к оформлению отчетов:
 - a. печатный/рукописный вид;

Требования к процедуре рубежного контроля (защиты лабораторных работ)

Защита работы включает в себя изложение методики выполнения работы и ответы на вопросы по использованным в работе методам юстировки и измерений.

Критерии оценивания

В случае, если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от **max** до **min** являются:

- небрежное выполнение отчета,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений;
- неправильных ответов на поставленные по работе вопросы.

Формы и критерии оценки для различных видов занятий

Сводная таблица

| Наименование занятия | Форма контроля | Критерии оценки | Баллы | | № нед. |
|--|----------------------------------|---|-----------|-----------|--------|
| | | | [min] | max | |
| Письменное тестирование, модуль 1 | | | | | |
| Тема 1.1. Физические основы метода голографии. Типы голограмм | | | | | |
| | Письменное тестирование. Тест 1. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 2 |
| | Письменное тестирование. Тест 2. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 4 |
| Тема 1.2. Материалы для записи голограмм | | | | | |
| | Письменное тестирование. Тест 3. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 6 |
| | Письменное тестирование. Тест 4. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 8 |
| ИТОГО за тесты в 1 модуле: | | | 12 | 20 | |
| Письменное тестирование, модуль 2 | | | | | |
| Тема 2.1. Интеграл суперпозиции. Изображающие свойства голограмм точечного источника | | | | | |
| | Письменное тестирование. Тест 5. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 10 |
| | Письменное тестирование. Тест 6. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 12 |
| Тема 2.2. Факторы, ограничивающие качество изображения, формируемого методом голографии. Применение метода голографии и устройств на его основе | | | | | |
| | Письменное тестирование. Тест 7. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 14 |

| Наименование занятия | Форма контроля | Критерии оценки | Баллы | | № нед. |
|--|-------------------------------------|---|-----------|-----------|--------|
| | | | [min] | max | |
| | Письменное тестирование. Тест 8. | 3 вопроса в тесте, за каждый правильный ответ 1,5 балла. Дополнительно 0,5 балла за 3 правильных ответа | 3 | 5 | 16 |
| ИТОГО за тесты во 2 модуле: | | | 12 | 20 | |
| Лабораторные работы, модуль 1 | | | | | |
| Л.р.№1. Сборка и юстировка интерферометра для формирования голографического поля Фурье голограммы | | | 7 | 11,5 | 1-4 |
| | выполнение работы | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 5,5 | 9,0 | |
| | личностные качества | Приведены ниже в разделе «Критерии дополнительных баллов за личностные качества» | 1,5 | 2,5 | |
| Л.р.№2. Определение дифракционной эффективности рельефно-фазовой голограммы точечного объекта по измерениям параметров формы ее профиля | | | 7 | 11,5 | 5-8 |
| | выполнение работы | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 5,5 | 9,0 | |
| | личностные качества | Приведены ниже в разделе «Критерии дополнительных баллов за личностные качества» | 1,5 | 2,5 | |
| | рубежный контроль | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 6 | 10 | 8 |
| ИТОГО за лабораторные работы в 1 модуле: | | | 20 | 33 | |
| Лабораторные работы, модуль 2 | | | | | |
| Л.р.№3. Определение фокусного расстояния голограммной линзы по измерениям периода следования колец зонной структуры | | | 5 | 8,5 | 9-12 |
| | выполнение работы | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 3,5 | 6,0 | |
| | личностные качества | Приведены ниже в разделе «Критерии дополнительных баллов за личностные качества» | 1,5 | 2,5 | |
| Л.р.№4. Исследование влияния неравномерности толщины регистрирующей среды на структуру низкочастотных тонкослойных голограмм | | | 5 | 8,5 | 13-16 |
| | выполнение работы | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 3,5 | 6,0 | |
| | личностные качества | Приведены ниже в разделе «Критерии дополнительных баллов за личностные качества» | 1,5 | 2,5 | |
| | рубежный контроль | Приведены ниже в разделе «Критерии выполнения лабораторных работ» | 6 | 10 | 13-16 |
| ИТОГО за лабораторные работы во 2 модуле: | | | 16 | 27 | |

Таблица планирования результатов обучения студентов 4 курса по дисциплине " Основы голографии и голограммной оптики" в 7 семестре

| | Модуль 13 | | | | | | | | | | Модуль 14 | | | | | | | | Промежу- точная аттестация по дисц-не | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|----------------------|-----------|----------------------------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|--|-----------|----------------------|------------|
| | Текущий контроль по точкам | | | | | | | | Рубежный контроль | | Текущий контроль по точкам | | | | | | | | | | Рубежный контроль | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | | | | |
| | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | [min] | max | | |
| Тестирование | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | | | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | | | | |
| Лабораторные работы | | | 7 | 11,5 | | | 7 | 11,5 | | | | | 5 | 8,5 | | | 5 | 8,5 | | | | |
| Балловая стоимость одной точки | 3 | 5 | 10 | 16,5 | 3 | 5 | 10 | 16,5 | 6 | 10 | 3 | 5 | 8 | 13,5 | 3 | 5 | 8 | 13,5 | 6 | 10 | | |
| Накопление баллов | 3 | 5 | 13 | 21,5 | 16 | 26,5 | 26 | 43 | 32 | 53 | 3 | 5 | 11 | 18,5 | 14 | 23,5 | 22 | 37 | 28 | 47 | | |
| Итого: | | | | | | | | | 32 | 53 | | | | | | | | | 28 | 47 | 60 | 100 |

Преподаватели: _____

Зав. кафедрой: _____

Декан факультета: _____