

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Дифракционная оптика

2. Лекторы.

2.1. К.ф.-м.н., старший научный сотрудник Попов Владимир Викторович
(кафедра общей физики физического факультета МГУ), E-mail:
vvporov@physics.msu.ru, т.495-9394307

3. Аннотация дисциплины.

Целью данного курса является ознакомление студентов с возможностями, которые дает использование понимания волновой природы света и теории дифракции.

Несмотря на то, что до настоящего времени нет однозначного понимания природы дифракционных явлений, даже существующая теория позволяет сконструировать оптические структуры, работающие на принципе дифракции света и обладающие новыми свойствами. Основная идея заключается в возможности манипуляции светом с помощью структур, имеющих размеры порядка длины волны. В курсе изложены основные идеи построения таких оптических элементов, рассмотрены их свойства, технология изготовления, методы измерения их параметров, возможные сферы практического применения.

Данная дисциплина является спецкурсом кафедры по выбору. Обучение проходит в виде лекций (16 часов), семинаров(2 часа), лабораторных работ (12 часов) и самостоятельной работы(40 часов).

4. Цели освоения дисциплины.

Целями данной дисциплины являются: ознакомление студентов с возможностями, которые дает использование понимания волновой природы света и теории дифракции; освоение ими на основе углубленного понимания взаимодействия света со средой с фазовыми микро- и наноструктурами принципов расчета оптических элементов с заданными свойствами; понимание основных технологических методов создания и измерения параметров дифракционных оптических элементов; практическое освоение некоторых методов изготовления и измерения параметров дифракционных оптических элементов.

5. Задачи дисциплины.

Дать студентам углубленное понимание явлений дифракции света на искусственно созданных микронеоднородностях для постановки и решения обратных задач синтеза фазовых микроструктур, обладающих заданными оптическими свойствами; научить их пользоваться специальным программным обеспечением для расчета параметров оптических элементов; дать представление о свойствах синтезированных оптических элементов и областях их применения; научить пользоваться методами и приборами для измерения параметров дифракционных оптических элементов (ДОЭ), обрабатывать результаты измерений.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ПК-2; ОНК-5

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПК-2; ИК-4

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

Знать:

Волновую теорию дифракции; принципы расчета фазовой функции оптических элементов на основе геометрических и волновых приближений; принципы и основные технологические методы изготовления фазовых ДОЭ; области практического применения ДОЭ; методы измерения параметров ДОЭ.

Уметь:

Поставить и решить задачу расчета фазовой функции дифракционного элемента с заданными оптическими свойствами; оценить ограничения, накладываемые на параметры оптических элементов дифракционными эффектами; определять эффективность использования ДОЭ для решения конкретных научно-технических задач.

Владеть:

Математическим аппаратом и специальными программными средствами для расчета и исследования характеристик ДОЭ; методами оценки возможности изготовления ДОЭ с заданными параметрами; методиками измерения геометрических параметров ДОЭ с помощью сканирующей зондовой микроскопии и микроинтерферометрии.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	семестр	всего
	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	72	72
Аудиторная работа:	30	30
Лекции, акад. Часов	16	16
Семинары, акад. Часов	2	2
Лабораторные работы, акад. часов	12	12
Самостоятельная работа, акад. часов	42	42
Вид итогового контроля	зачет	зачет

N раз- дела	Наименование раздела	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий				Форм а теку щего контр оля
		Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары	Лабораторные работы		
1	Дифракционн ые явления и методы их расчета	2 часа. Содержание лекции 1. Природа дифракции. Различия в интерпретациях Френеля и Юнга. Современное понимание: краевые волны и интерференция. Оптический элемент - основные понятия. Фазовая функция. Приближения: геометрическая оптика, уравнение Кирхгофа.			6 часов. Работа с лекционным материалом	Об
		2 часа. Содержание лекции 2. Дифракция света на крае. Дифракция на щели. Теория дифракционных решеток. Фазовые дифракционные решетки. Дифракция на круглом отверстии. Предел разрешающей способности линзы.	2 часа. Решение задач по дифракци и света		4 часа. Работа с лекционным материалом	
2	Обратные задачи синтеза оптических элементов	2 часа. Содержание лекции 1. Задача фокусировки в отрезок кривой. Постановка обратной задачи. Методы решения. Приближение геометрической оптики. Понятие слоев. Гладкие и негладкие решения. Распределение энергии вдоль кривой. Соотношение геометрического и волнового приближений (прямая задача). Фокусаторы лазерного излучения.			4 часа. Работа с лекционным материалом	Об,

		<p>2 часа. Содержание лекции 2. Общая задача создания заданного распределения излучения на плоскости. Волновое уравнение. Существование и единственность решений. Итеративные методы. Сходимость. Точность решения. Минимизация функционала. Пример Даммановской решетки. Практическая реализация итеративных методов. Алгоритм Герчберга-Сэкстона. Киноформ. Основные уравнения. Точность аппроксимации. Методы улучшения фазовой функции. Градиентный метод. Физические и компьютерно синтезированные голограммы (CGH). Физическая голограмма – метод записи амплитуды и фазы. Тонкие и толстые голограммы. Голограммы Денисюка. Радужные голограммы. Методы кодирования амплитуды и фазы в CGH. Преимущества и недостатки CGH.</p>		<p>4 часа. Расчет ДОО итеративным и методами и моделирование их работы.</p>	<p>6 часов. Работа с лекционным материалом</p>	
--	--	---	--	---	--	--

3	Технология изготовления элементов дифракционной оптики	<p>2 часа. Содержание лекции 1</p> <p>Оптические элементы с поверхностным рельефом. Идеальная тонкая линза. Методы создания непрерывного рельефа. Селективное дублирование желатина. Фотохромные стекла. Непрерывный поверхностный рельеф. Технология фотолитографии. Ступенчатый рельеф. Точность изготовления. Энергетические и другие свойства многоградационных элементов. Технология получения микрорельефа. Оптическая литография. Фоторезисты. Предельные возможности оптической литографии. Рентгеновское и синхротронное излучение. Электронно-лучевая литография. Позитивные и негативные электронорезисты. Многоградационный рельеф в электронорезисте. Проблемы электронной литографии. Эффекты близости.</p> <p>Оптические элементы с чисто фазовым рельефом. Халькогенидные стеклообразные полупроводники. Жидкие фотополимеризующие композиции. Управляемые фазовые транспаранты.</p>		<p>4 часа.</p> <p>Знакомство с основными технологическими процессами изготовления ДОЭ.</p>	<p>6 часов.</p> <p>Работа с лекционным материалом</p>	On
---	--	--	--	--	---	----

4	Прикладные задачи дифракционной оптики	<p>2 часа. Содержание лекции 1</p> <p>Коррекция волнового фронта. Фокусаторы лазерного излучения. Фокусировка в отрезок с заданным распределением интенсивности (Термоупрочнение). Фокусировка в дугу окружности (Термораскалывание). Фокусировка в символы (Маркировка). Заданное распределение интенсивности в фокальном пятне (пробивка отверстий). Ответители энергии (контроль параметров пучка). Делители пучка. Создание изображения в фокальной плоскости линзы.</p> <p>Оптика мягкого рентгеновского излучения. Оптические свойства материалов. Проблема создания изображения. Амплитудные зонные пластинки. Фазовая рентгенооптика. Многослойные зеркала. Оптика скользящего падения.</p>			<p>4 часа. Работа с лекционным материалом</p>	Об
		<p>2 часа. Содержание лекции 2</p> <p>Прикладная компьютерная голография. Создание оптических эффектов с помощью дифракционных решеток. Дифракционные картины в реальных цветах. Имитация объемных эффектов. Стереοизображения. Синтез 2D-3D голограмм. Технология изготовления и тиражирования пленочных голограмм. Применение пленочных голограмм.</p>			<p>6 часов. Работа с лекционным материалом</p>	Он

		<p>Проблемы дискретизации при изготовлении цифровых голограмм. Влияние размеров пикселя на качество изображения. Фазировка и расфазировка пикселей. Фокусатор в линию как основа пиксельной структуры цифровой голограммы.</p> <p>Создание материалов с заданными оптическими свойствами. Теория эффективной среды.</p> <p>Нанотехнологии. Субволновые дифракционные решетки. Фотонные кристаллы. Метаматериалы. Материалы с отрицательным показателем преломления и возможность сверхразрешения в оптике. Наноплазмоника.</p>				
5	<p>Методы исследования характеристик элементов дифракционной оптики.</p>	<p>2 часа. Содержание лекции 1 Методы исследования геометрического рельефа. Микроинтерферометрия. Дифрактометрия. Методы сканирующей зондовой микроскопии. Измерение дифракционной эффективности.</p>		<p>4 часа. Методы контроля геометрических параметров дифракционных оптических элементов (ДОЭ) микроинтерферометрией и сканирующим зондовым микроскопом.</p>	<p>6 часов. Работа с лекционным материалом</p>	Об

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина по выбору
2. Вариативная часть, профессиональный блок
3.
 - 3.1. Для начала освоения данной дисциплины необходимо освоить дисциплину «Оптика» из ООП ВПО бакалавриата по направлению «Физика».
 - 3.2 Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для научно-исследовательской практики и подготовки и защиты выпускной квалификационной работы по направлению "Физика".

10. Образовательные технологии

- Чтение лекций в мультимедийной аудитории
- преподавание дисциплин в форме авторского курса

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

- полный перечень вопросов к зачёту:
 1. Дифракция на крае экрана.
 2. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод векторных диаграмм.
 3. Дифракция на круглом отверстии.
 4. Дифракция на щели. Дифракционная расходимость пучка.
 5. Дифракционная решетка. Угловая ширина главного максимума. Разрешающая способность.
 6. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки. Амплитуда колебаний в главных максимумах.
 7. ДОЭ, разновидности и принципы расчета.
 8. Принцип расчета ДОЭ итерационными методами.
 9. Фокусирующие ДОЭ. Геометрооптические принципы расчета.
 10. Методы изготовления ДОЭ.
 11. Пленочные ДОЭ. Принципы расчета основных визуальных эффектов: кинематика, 2D-3D, изображение в натуральных цветах.
 12. Применение ДОЭ в лазерной технологии.
 13. Применение ДОЭ в фото-кинематографии.
 14. Методы контроля параметров ДОЭ.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. А. В. Гончарский, В. В. Попов, В. В. Степанов. Введение в компьютерную оптику. М. Издательство московского университета. 1991.
2. Н. И. Калитеевский. Волновая оптика. М. Наука, 1971.
3. У.Моро, Микролитография, М. «Мир», 1990.

4. В.В.Климов, Наноплазмоника, М. ФИЗМАТЛИТ, 2010.
5. Н.М.Годжаев, Оптика, М. Высшая школа, 1977.
6. В.А. Алешкевич, Курс общей физики. Оптика. – М., Физматлит, 2010.
7. Donald C. O'Shea... [et al.], Diffractive optics: design, fabrication, and test. Publication by SPIE, 2004, Washington, USA.

Дополнительная литература

1. Головашкин Д.Л., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л., Котляр В.В. Под ред. Соифера В.А. Дифракционная компьютерная оптика. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
2. А.И. Фишман, Фазовые оптические элементы – киноформы. Соросовский образовательный журнал, №12, 1999.
3. В.Л. Миронов Основы сканирующей зондовой микроскопии, Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. Издательство: ИФМ РАН, Нижний Новгород, 2004.
4. В.А. Боровиков, Б.Е. Кинбер. Геометрическая теория дифракции. М., Связь, 1978

Периодическая литература

1. И. Н. Троицкий, А. Н. Сафонов, А. А. Демин. Зарубежная радиоэлектроника. 1978г. № 9.
2. Г. И. Грейсх, Е. А. Безус, Д. А. Быков, Е. Г. Ежов, С. А. Степанов. "Дифракционные элементы в оптических системах современной оптоэлектроники", Оптический журнал. - 2009. - Т. 76, № 7. - С. 25-29.
3. В.Г. Веселаго «Электродинамика материалов с отрицательным коэффициентом преломления». УФН, Т.173, 790–794 (2003)
4. М.А. Ган, 50 лет киноформной оптики. Итоги и перспективы развития, Оптический журнал. 2006. Т. 73. № 7. С. 9–16. Интернет-ресурсы

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Аудитория 4-30. Имеется ноутбук и проекционное оборудование.