

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИНТЕЗ ПЛЕНОЧНЫХ СОСТАВНЫХ И НАЛОЖЕННЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АСКУЭ, широкополосного доступа в сеть интернет и/или предприятия) лучше при наличии медной проводки в здании. PLC является в достаточной мере помехозащищенным типом связи, в рамках исследований сбой были крайне редким явлением. PLC отлично подходит для связи в генерирующих сетях, т.к. в таких сетях, как правило, нет сдвига частоты переменного тока, что всегда присутствует в городских сетях, ввиду неравномерного вращения турбины. Сравнительный анализ позволяет с уверенностью утверждать, что PLC наименее затратная технология в обслуживании. Безусловно присутствуют изначальные затраты на развертывание, но за счет отсутствия как посредников, так и дополнительных линий связи, стоимость обслуживания ниже других технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEEE P1901 and the HomePlug Alliance // Электронный ресурс - [http://www.homeplug.org/tech/ieee_1901/\(20.03.2011\)](http://www.homeplug.org/tech/ieee_1901/(20.03.2011))
2. Вячеслав Уютов Предоставление доступа в Интернет на базе технологии PLC / "Техноло-

гии и средства связи". 2007. № 4 С. 38-41., 2007 (Журнал).

3. Николенько К. В., Передача данных по plc-сети. Возможности и перспективы / Николенько К. В., Юрченко А. В. // Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции молодых ученых. 23 - 25 ноября 2010 г. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. — с. 445-447
4. Николенько К. В. Технология PLC и ее перспективы на российском рынке широкополосного абонентского доступа / Николенько К. В., Юрченко А.В., Волгин А.В. // Информационно-измерительная техника и технологии: сборник материалов I Научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры «Информационно-измерительная техника» Национального исследовательского Томского политехнического университета / под ред. А.В. Юрченко; - Томск, НИ ТПУ, 25-26 февраля 2010. - Томск: Изд. ТПУ, 2010. - С. 74-75

Аспирант **Николенько К. В.** - rubos_saboteur@mail.ru; профессор **Юрченко А. В.** - niipp@inbox.ru; *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, кафедра информационно-измерительной техники, тел. (3822) 418911*

УДК 535.4

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИНТЕЗ ПЛЕНОЧНЫХ СОСТАВНЫХ И НАЛОЖЕННЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.Ц. Батомункуев, А.А. Дианова, Т.В. Маганаква, В.А. Райхерт, Н.А. Харитошин

В работе рассмотрено изготовление пленочных составных и наложенных дифракционных элементов с помощью стандартных компьютерных программ и высокоразрешающего принтера. Каждая составная (наложенная) часть дифракционного элемента выполняет заданное простое преобразование падающей на нее световой волны. В качестве примеров приведены составные и наложенные зонные пластины и составной дифракционный аксикон. Представлены формируемые ими дифракционные картины.

Ключевые слова: дифракционный оптический элемент, зонная пластина.

Введение

В последние годы разрабатываются новые дифракционные оптические элементы, преобразующие заданным образом волновой фронт, амплитуду и фазу монохроматической световой волны. Так, в частности, предложены дифракционные элементы, фокусирующие световую волну в заданную область пространства с требуемым распределением интенсивности в ней (например, в кольцо); для исправления аберраций изображений, формируемых оптическими элементами и системами; для разделения световых волн и осуществления перекрестных оптических связей; для создания эталонных асферических волновых фронтов [1-3]. Практическая необхо-

димость в таких дифракционных элементах возникает в связи с невозможностью использования стеклянных линз и призм в терагерцовом, дальнем инфракрасном и в дальнем ультрафиолетовом диапазонах спектра. В настоящее время возник интерес к составным и наложенным дифракционным элементам, выполняющим одновременно два и более различных преобразований световой волны. Но для их изготовления требуется дальнейшее совершенствование специализированного оборудования и технологий, а также усложнение расчетов, по сравнению с расчетами известных дифракционных элементов. Поэтому задача упрощения изготовления составных и наложенных дифракционных эле-

Ю.Ц. БАТОМУНКУЕВ, А.А. ДИАНОВА, Т.В. МАГНАКОВА, В.А. РАЙХЕРТ, Н.А. ХАРИТОШИН

139

РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

ментов, в частности, для экспериментальной проверки результатов их расчетов является актуальной. Такая практическая возможность появилась в последнее время с созданием относительно недорогих высокоразрешающих принтеров. Целью работы является изготовление пленочных составных и наложенных дифракционных элементов с помощью стандартных компьютерных программ и высокоразрешающего принтера.

Изготовление пленочных дифракционных элементов

Расчет структуры дифракционных элементов производился на основе скалярной теории дифракции. В качестве примеров изготовления дифракционных элементов авторы ограничились рассмотрением лишь нескольких элементов, а именно, составной зонной пластины для сферической волны, составного дифракционного аксикона и наложенных зонных пластин для цилиндрических волн. Минимальные размеры дифракционной структуры элементов ограничены разрешением принтера. Зонная пластина для сферической волны, изготовленная с помощью принтера, представляет собой, по сути, амплитудно-рельефный аналог классической зонной пластины Френеля.

При расчете зонных пластин для сферических и цилиндрических волн использовались в качестве заданных величин:

- длина монохроматической световой волны;
- расстояние от источника световой волны до зонной пластины;
- расстояние от зонной пластины до плоскости наблюдения;
- количество зон Френеля;
- разрешение зонной пластины.

Расчетными величинами зонной пластины являлись:

- фокусное расстояние;
- расстояния от центра до зон Френеля;
- ширина зон Френеля;
- дисперсия зонной пластины.

Так как относительное отверстие изготовленных зонных пластин очень мало (не превышает 1:50), поэтому в расчетах можно использовать простые формулы зонной теории дифракции. В таблице Microsoft Excel на рисунке 1 представлены результаты расчета зонной пластины Френеля.

При расчете дифракционного аксикона заданными величинами считаются:

- длина монохроматической световой волны;

- расстояние от аксикона до экрана, на котором формируется дифракционная картина;
- радиус дифракционного кольца на экране;
- количество окружностей аксикона;
- порядок дифракции.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина волны, мм	Расст. от источника до экрана, м	Фокусное расстояние, м	Номер зон Френеля	Радиус зон Френеля, мм	Диаметр зон Френеля, мм	Ширина зон Френеля, мм	Линейная дисперсия, мм/мм	
0.656	2	3	1.2	1	0.887	1.774	0.368	1.8292683
0.656	2	3	1.2	2	1.255	2.510	0.282	1.8292683
0.656	2	3	1.2	3	1.537	3.073	0.238	1.8292683
0.656	2	3	1.2	4	1.774	3.549	0.209	1.8292683
0.656	2	3	1.2	5	1.984	3.968	0.189	1.8292683
0.656	2	3	1.2	6	2.173	4.347	0.174	1.8292683
0.656	2	3	1.2	7	2.347	4.695	0.162	1.8292683
0.656	2	3	1.2	8	2.510	5.019	0.152	1.8292683
0.656	2	3	1.2	9	2.662	5.325	0.144	1.8292683
0.656	2	3	1.2	10	2.806	5.611	0.137	1.8292683
0.656	2	3	1.2	11	2.943	5.885	0.131	1.8292683

Рисунок 1 - Результаты расчета зонной пластины Френеля.

Расчетными величинами дифракционного аксикона являются:

- период;
- радиус (диаметр) окружностей;
- линейная дисперсия.

Изготовление зонной пластины включает в себя создание изображения с помощью стандартных программных систем проектирования и печатание этого изображения на прозрачную пленку. Например, формирование каждой рассчитанной зоны Френеля в программе проектирования и черчения Auto CAD состоит из нескольких действий: выбора линии и цвета зоны Френеля, указания размеров и взаимного расположения зон Френеля.

На рисунке 2а) представлено изображение составной зонной пластины. Эта зонная пластина сформирована делением классической зонной пластины Френеля на две части и заменой в одной части всех светлых зон на темные, а темных – на светлые. Кольцевые темные зоны Френеля формируются нанесением принтером черной краски на поверхность прозрачной пленки (пластины). Светлые зоны Френеля образуют прозрачные кольцевые участки пленки. Зонная пластина для цилиндрической волны представляет собой прозрачную пленку (пластину), на поверхности которой симметрично по обе стороны от оси нанесены полосы черной краски (темные зоны Френеля), чередующиеся с прозрачными участками поверхности (светлыми зонами Френеля). Таким же образом можно сформировать зонную пластину, состоящую из нескольких составных частей.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИНТЕЗ ПЛЕНОЧНЫХ СОСТАВНЫХ И НАЛОЖЕННЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На рисунке 2б) представлен увеличенный фрагмент составного дифракционного аксикона со смещенными штрихами. Темные кольца аксикона формируются нанесением принтером черной краски на поверхность прозрачной пленки.

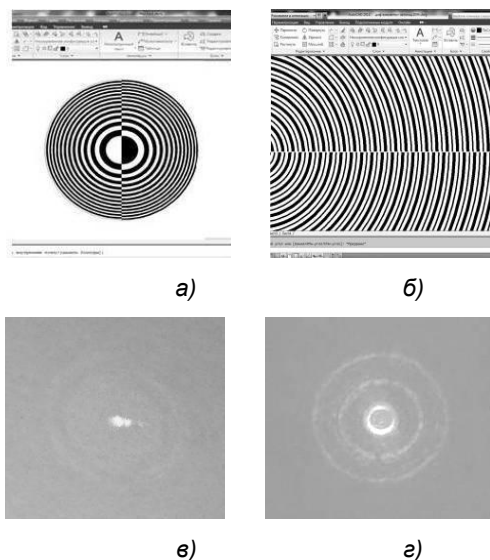


Рисунок 2 - Составная зонная пластина (а) и ее дифракционная картина в фокусе (в); увеличенный фрагмент составного дифракционного аксикона (б) и его дифракционная картина (г).

На рисунке 3а) представлен пленочный дифракционный элемент, закрепленный на металлическом уголке с круглым отверстием. Дифракционная картина наблюдалась с помощью лабораторной установки, представленной на рисунке 3б). Установка включала в себя источник лазерного излучения (справа), расширитель лазерного пучка, дифракционный элемент (слева) и экран, неуказанный на рисунке 3б). Дифракционные картины, полученные на экране, фотографировались цифровой камерой.

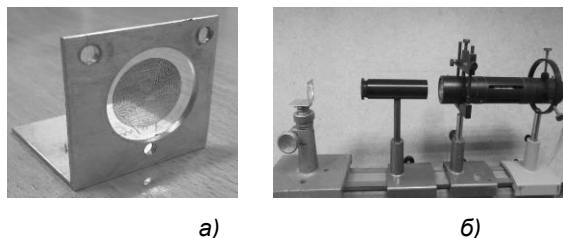


Рисунок 3 - Дифракционный аксикон, закрепленный в оправе (а) и установка для получения дифракционной картины (б).

Дифракционные картины составной зонной пластины и составного дифракционного аксикона представлены соответственно на рисунках 2в) и 2г).

Наложением нескольких зонных пластин друг на друга можно получить наложенные дифракционные элементы, формирующие изображения букв, цифр, арифметических знаков. В [3] предложен другой метод компьютерного синтеза таких дифракционных элементов, основанный на решении обратной задачи дифракции. В представленной работе каждая составная или наложенная часть дифракционного элемента выполняет заданное простое преобразование падающей на нее световой волны. Результирующее преобразование является результатом сложения преобразований всех составных и наложенных частей.

На рисунках 4а),б),в),г) представлены две наложенные зонные пластины и соответствующие им дифракционные картины.

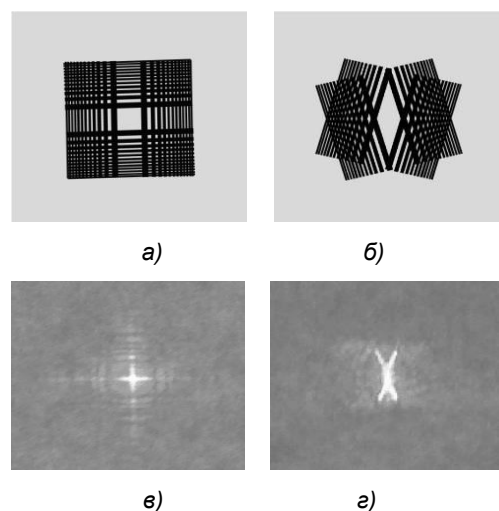


Рисунок 4 - Наложённые зонные пластины (а), (б), формирующие изображения знака «плюс» (в) и буквы «Х» (г).

Выводы

Таким образом, в работе рассмотрено изготовление пленочных составных и наложенных дифракционных элементов с помощью широко распространенных компьютерных программ и высокоразрешающего принтера. Даже стандартного разрешения 1200 dpi принтера достаточно для изготовления пленочных дифракционных элементов, позволяющих использовать их в терагерцовой области спектра. Синтез дифракционных элементов заключается в расчете простых составных частей и в комбинировании из них различных составных и наложенных дифракционных элементов. Причем, компьютерные программы позволяют легко изменять толщину линий, форму, размеры, цвет мельчайших деталей дифракционных элементов. Использование прозрачной принтерной краски поз-

РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

воляет создавать рельефно-фазовые составные и наложенные дифракционные оптические элементы для видимой области спектра. Эти же элементы будут рельефно-амплитудными в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра из-за отличий в поглощении излучения темными и светлыми зонами. Использование цветных принтерных красок позволяет создавать рельефно-амплитудно-фазовые дифракционные элементы в видимой области спектра. Это подтверждается наличием ярко выраженной дифракции первого порядка и значительным ослаблением дифракции других более высших порядков.

Составные дифракционные элементы с уменьшающейся толщиной штрихов могут быть использованы для количественного сравнения реального разрешения принтеров. Также по дифракционной картине элементов можно сделать выводы о форме и толщине краски, наносимой принтером на пленку. Кроме этого изготовленные дифракционные элементы могут быть использованы в учебных целях. Так, на кафедре физики Института оптики и оптических технологий СГГА нами предложены новые лабораторные работы по дифракционной оптике, основанные на изго-

товлении и изучении оптических свойств пленочных дифракционных элементов [4].

Работа выполнена в рамках НИР № ГР 012008.03159, поддержанной Федеральной целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киноформы: технологии, новые элементы и оптические системы / Коронкевич В.П., Корольков В.П., Полещук А.Г., и др. // Автометрия. – 1989. – № 3. – С.95-102.
2. Рентгеновская оптика и микроскопия / Под ред. Г. Шмаля, Д. Рудольфа. – М.: Мир. – 1987. – 464 с.
3. Дифракционная компьютерная оптика / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, –2007. – 736 с.
4. Батомункуев Ю.Ц., Райхерт В.А., Харитошин Н.А., Маганакова Т.В., Дианова А.А. Разработка лабораторных работ на основе пленочных дифракционных оптических элементов // Сб. матер. междуна. научно-методич. конф. «Интеграция образовательного пространства с реальным сектором экономики». – Новосибирск, 2012. – Ч.4. – С.144-147.

К.т.н., доцент Батомункуев Ю.Ц., лаборанты Дианова А.А., Маганакова Т.В., Харитошин Н.А., инженер Райхерт В.А., Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра физики, opttechnic@mail.ru

АБЕРРАЦИИ ДЕВЯТОГО ПОРЯДКА ВНЕОСЕВОГО ОБЪЕМНОГО ГОЛОГРАММНОГО ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Ю.Ц. Батомункуев

Методом характеристической функции получены аналитические выражения aberrаций девятого порядка внеосевого объемного голограммного оптического элемента. Показано, что каждый тип aberrаций (из двадцати типов) девятого порядка складывается из aberrации внеосевого тонкого голограммного оптического элемента и объемной aberrации. В качестве примера представлены формулы первой сферической aberrации девятого порядка.

Ключевые слова: aberrации голограммы, голограммный оптический элемент.

Введение

Известно, что фокусное расстояние голограммного оптического элемента (ГОЭ) очень быстро уменьшается при увеличении рабочей длины волны [1]. При этом возрастает величина относительного отверстия ГОЭ, что приводит к росту aberrаций высших порядков. Также известно, что для тонкого ГОЭ возможно исправление сферических aberrаций третьего, пятого и седьмого порядков [1-3]. Выражения коэффициентов aberrаций высших порядков внеосевого тонкого ГОЭ представлены в [4,5]. Однако, при расчете

остаточных aberrаций высших порядков внеосевого объемного ГОЭ, например, с относительным отверстием 1:1 и более не учитываются его селективные свойства и изменение размеров [6,7].

Целью работы является получение аналитических выражений aberrаций девятого порядка внеосевого ГОЭ с учетом его селективности и изменения объема.

Аберрации девятого порядка внеосевого объемного ГОЭ. На рисунке (а) представлена рабочая схема внеосевого объемного ГОЭ, где $P_c(x_c, y_c, z_c)$ – точка предмета, а