

УДК 535.429

СИСТЕМА ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© Васильев В.С., Скиданов Р.В.

e-mail: vadimka.vasilev.93@mail.com

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

На данный момент существуют различные задачи, связанные с необходимостью уменьшения искажения изображений. Для этого производятся дифракционные оптические элементы, которые позволяют не только создавать заданные распределения амплитуды и фазы пучка, но и изменять данные параметры при падении на оптический элемент определённого изображения. Таким образом, ДОЭ является оптическим элементом, который обладает рядом преимуществ перед классическими линзами. К примеру, невозможно создать сложное комплексное распределение поля с использованием лишь классических рефракционных элементов (линз, зеркал и т.д.). Напротив, ДОЭ справляются очень хорошо с поставленной задачей. Кроме этого, дифракционные оптические элементы обладают гораздо меньшей толщиной по сравнению с обычными линзами, что влияет на присутствие хроматических aberrаций [1,2]. Благодаря этому уменьшается поглощение света за счёт уменьшения толщины элемента и появляется возможность создавать составные оптические устройства, которые будут иметь значительно меньший вес. Данный аспект значительно влияет на используемые, в настоящее время, фокусирующие [3-5] и изображающие [6] оптические системы.

В докладе рассматривается задача восстановления изображения с использованием линз, имеющих асферический профиль. В свою очередь, для уменьшения габаритов оптической системы и для получения более чёткого изображения на базовых длинах волн, необходимо сделать асферическую гармоническую линзу. Такая линза называется обобщённо гармонической.

Функция пропускания такой линзы описывается следующей формулой:

$$T_1(r) = \exp(-icr^n), \quad (1)$$

где c – определённый коэффициент, а n – степень, отличная от 2 (в данном случае будет сферическая линза). Оптическая система, состоящая из одной обобщённо-гармонической линзы, является не фокусирующей, т.е. такая линза не фокусирует плоский волновой фронт, падающий на линзу, в точку. Данная схема представлена на рис. 1.

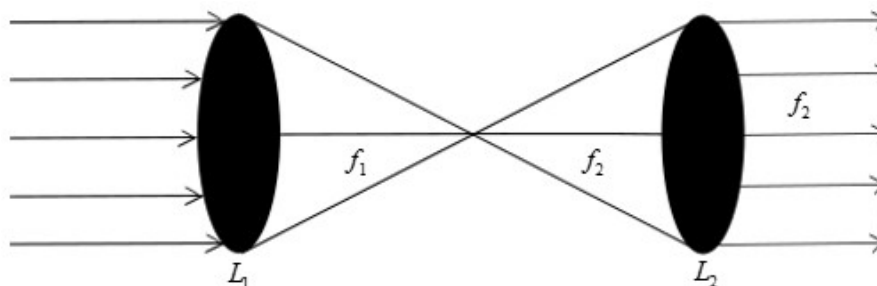


Рис. 1. Оптическая схема, состоящая из 2-х обобщённых гармонических линз

Идея заключается в том, чтобы изменения, вносимые в изображения первой линзой, корректировать специально подобранной линзой на выходе. В качестве оператора распространения используется преобразование Френеля. В соответствии с этим необходимо, чтобы восстановилась изначальная фаза изображения на выходе, после второй линзы. Данного результата можно добиться, если записать линзу, которая имеет следующую функцию пропускания:

$$T_2(r) = \exp[i(2\pi - \arg(E_2(x, y, z)))] \quad (2)$$

где $E_2(x, y, z)$ – амплитуда светового поля, падающего на вторую линзу. Таким образом, получаем оптическую систему, которая состоит из двух обобщённых гармонических линз и полностью восстанавливает исходное изображение благодаря использованию условия полного восстановления начальной фазы.

Для примера рассмотрим систему, которая состоит из обобщённой линзы со степенью $n = 2.1$ и выходной линзы, которая корректирует искажения, полученные при использовании первой линзы и фазовая функция которой определяется выражением (2).

В качестве тестового изображения, используемого для восстановления, было выбрано полутоновое изображение леса. Ниже показано само изображение (рис. 2а) и восстановленное изображение (рис. 2б).

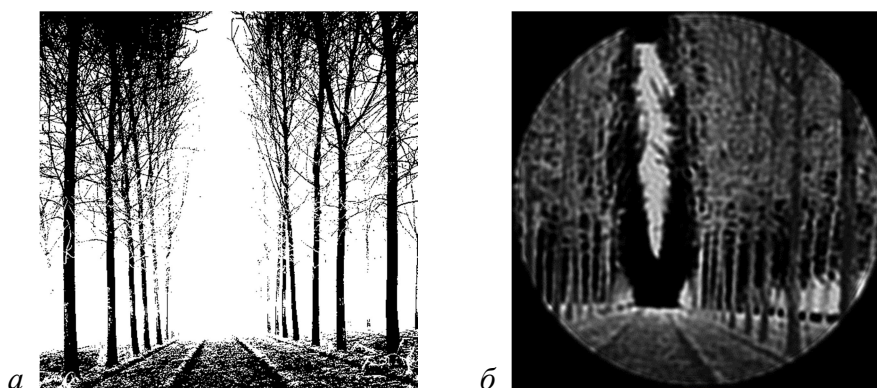


Рис. 2. Результаты построения изображения в системе, состоящей из 2 обобщённых гармонических линз: начально изображение (а) и изображение на выходе системы (б)

Таким образом, была получена оптическая система, благодаря которой имеется возможность получать изображения с наименьшими искажениями.

Библиографический список

1. Aieta F. Multiwavelength achromatic metasurfaces by dispersive phase compensation, *Science*, 2015, Vol. 347, №6228, с. 1342–1345.
2. Swanson G. *JBinary optics technology: the theory and design of multi-level diffractive optical elements*, Lincoln Laboratory, 1989, 47 с.
3. Bobrov S.T., Greysukh G.I., Turkevich Y.G. *The optics of diffraction elements and systems*, Machine engineering, 1986, 223 Pp.
4. Greysukh G.I., Yeshov E.G., Stepanov S.A. Comparative analysis of chromaticity diffractive and refractive lenses, *Computer optics.*, 2014, Vol. 38, No 12, Pp. 60–65.
5. Kazanskiy N.L. The forming of images by diffraction multilevel lenses, *Computer optics*, 2014, Vol. 44, No. 11, Pp. 425-434.
6. Skidanov, R.V. The influence technological mistakes and broadening of radiation line on quality work diffraction optical elements, *Optical Journal*, 2004. Vol. 71. No. 7. Pp. 62-64.