

УДК 681.7.01

АСТИГМАТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ФУНКЦИИ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ АРГУМЕНТА

Зотеева О.В.¹, Хонина С.Н.²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара
²Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара

Введение

Астигматическое преобразование лазерных пучков часто выполняется с целью внесения в волновой фронт пучка вихревой фазовой дислокации для формирования вихревого пучка. Точки вихревой фазовой дислокации имеют сходство с известными в физике твердого тела двумерными дефектами кристаллической решетки – винтовыми дислокациями. В самой особой точке амплитуда световых колебаний обращается в нуль, а значение фазы не определено, поскольку скорость азимутального изменения фазы обращается в бесконечность. На языке математических терминов такое явление часто называется сингулярностью.

Вихревые лазерные пучки или пучки с вихревыми фазовыми особенностями (оптические воронки) успешно применяются для решения очень широкого спектра задач, включая оптическое манипулирование микро- и нанообъектами (захват и управление движением вплоть до отдельных атомов), высокоточную метрологию, уплотнение записи информации и даже астрологические исследования, что объясняет большое количество работ и разнообразие подходов для решения задачи генерации таких пучков.

В данной работе рассматривается формирование вихревых пучков с помощью средств астигматической оптики и цилиндрических непериодических дифракционных решеток, в том числе моделями которых являются распределения с нелинейной зависимостью аргумента. Как упоминалось в одной из предыдущих работ авторов [1], моделирование астигматических лазерных конвертеров выполняется с применением дробного Фурье-преобразования (ДФП).

1. Астигматическое преобразование распределений.

Е. Абрамочкиным и В. Волостниковым было предложено получать моды Лагерра-Гаусса (ЛГ), имеющие вихревую сингулярную фазу из мод Эрмита-Гаусса (ЭГ), фаза которых имеет бинарную структуру, с помощью цилиндрических линз [2]. Было найдено интегральное преобразование мод ЭГ в моды ЛГ и представлены результаты натуральных экспериментов. В данной работе рассмотрим преобразование одномерных и двумерных распределений с помощью цилиндрической линзы как частный случай астигматических модовых преобразований.

$$D_{x,y} = \iint_{R^2} \exp[-i x\xi + y\eta + 2i\xi\eta] G_{\xi,\eta} d\xi d\eta, \quad (1)$$

где $G_{\xi,\eta}$ – функция с нелинейной зависимостью аргументов, определённая следующим образом:

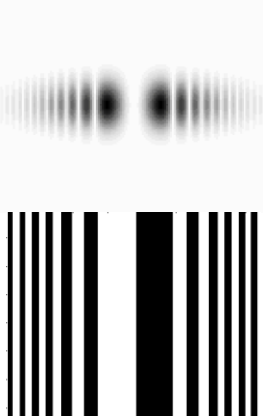
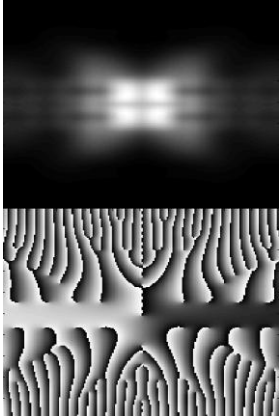
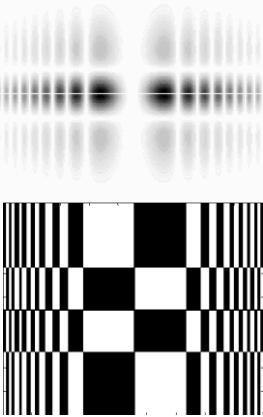
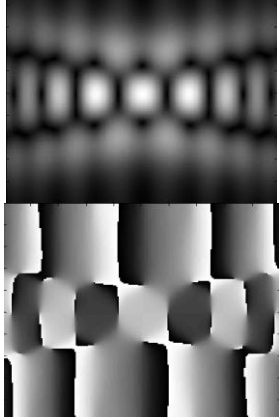
$$S_\alpha x = \sin a|x|^\alpha, \quad S_\beta y = \sin b|y|^\beta,$$

$$R_{\sigma_x} x = \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma_x^2}\right), \quad R_{\sigma_y} y = \exp\left(-\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)$$

$$G_{x,y} = S_\alpha x * R_{\sigma_x} x * S_\beta y * R_{\sigma_y} y$$

В таблице 1 приведём некоторые результаты, полученные астигматическим преобразованием, определённым по формуле (1).

Таблица 1. Результаты астигматического преобразования.

Входные параметры	Преобразование чисто фазового аналога	
	Входное распределение (амплитуда инвертирована)	Выходное распределение
$\alpha = 2, \beta = 0$ $a = 1, b = 1$ $\sigma_x = 4\pi,$ $\sigma_y = 0.5\pi$ $\xi, \eta \in -2\pi; 2\pi,$ $x, y \in -5\pi; 5\pi$		
$\alpha = 3, \beta = 3$ $a = 0.2, b = 0.2$ $\sigma_x = 0.6\pi, \sigma_y = 0.6\pi$ $\xi, \eta \in -2\pi; 2\pi,$ $x, y \in -5\pi; 5\pi$		

Заключение

В работе рассмотрено преобразование функций с нелинейной зависимостью аргументов, а также получение вихревых распределений с помощью аналитического моделирования и астигматического конвертирования. Показано, что в результате таких преобразований также можно получать распределения с фазовыми особенностями, что может быть использовано для расширения возможностей оптического микроманипулирования.

Список литературы

1. Зотеева О.В., Хонина С.Н.. Астигматическое преобразование распределений, согласованных с функцией Эйри // Труды Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Перспективные информационные технологии для авиации и космоса 2010». Самара. СГАУ. 2010. С. 890-894.
2. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. // Успехи физических наук. 2004. Вып. 12. С. 1273–1300.