

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ОДНОКОЛЬЦЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ

Т.А. Железнякова^{1,2}, В.А. Базылевич^{1,2}, А.А. Рыжевич²

¹ Белорусский государственный университет, Минск

² Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: E-mail: zhelez@bsu.by, a.ryzhevich@dragon.bas-net.by

В настоящее время в различных областях науки и технологии наблюдается возрастание интереса к световым пучкам, имеющим винтовую дислокацию волнового фронта (ВДВФ). Наиболее известные примеры световых пучков с ВДВФ – лаггер-гауссовы световые пучки ЛГСП_{*n*} (*n* – порядок ВДВФ, коэффициент пропорциональности между фазой электромагнитной волны в поперечном сечении светового пучка и азимутальной координатой φ), а также бесселевы световые пучки высших порядков.

Задачей настоящего исследования было подобрать методы и разработать программное обеспечение для определения основных характеристик ЛГСП₁. Для обработки и анализа изображений поперечного сечения ЛГСП₁, полученного из гауссова пучка гелий-неонового лазера ($\lambda = 632$ нм) при помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием f_1 (2 или 16 см) и нелинейного кристалла титанил-фосфата калия (КТР) с параметром анизотропии $\alpha = 0,016$ и длиной L (3 или 12 мм) [1], было разработано программное обеспечение на языке Matlab. Результат аппроксимации интенсивности излучения сразу по всему поперечному сечению двумерной функцией Лагерра – Гаусса даёт только общее представление о соответствии реального пучка идеальному. Чтобы более детально описать свойства полученного однокольцевого пучка, нужно сначала найти положение оси пучка, а потом на луче от центра кольца к краю кадра (рисунок 1, а), определить зависимость интенсивности I от расстояния R до центра кольца. Полученные экспериментальные данные аппроксимируются функцией

$$I(R) = I_{\phi} + I_0 \exp\left[-\frac{(R - R_1)^2}{2\sigma^2}\right] \sin^2\left[\frac{2\pi\alpha LR}{\lambda f_1}\right], \quad (1)$$

где I_{ϕ} – аддитивная составляющая, которая соответствует фоновому значению интенсивности на кадре; I_0 – амплитуда интенсивности; R_1 и σ – некоторые параметры функции Гаусса.

Из полученных результатов аппроксимации (рисунок 1, б) определяется максимальная интенсивность I_{\max} в этом одномерном распределении и расстояние R_0 , где этот максимум наблюдается. Такие расчеты производятся для разных направлений с шагом в 1° или более.

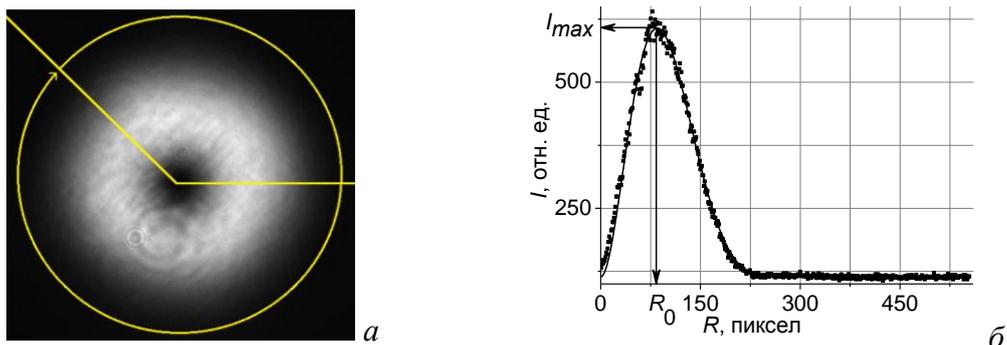


Рис. 1. Исходное изображение (а) и пример аппроксимации (б) экспериментальных данных одномерной функцией Лагерра - Гаусса

Для численного описания качества ЛГСП₁ нами введены коэффициент $K_{П1}$, характеризующий постоянство интенсивности вдоль окружности, и коэффициент $K_{К}$, характеризующий круглость пучка, а также предложено два варианта их расчёта (см. таблицу).

Таблица

Расчёт параметров ЛГСП

Параметры оптической системы	$L = 12 \text{ мм}; f_1 = 16 \text{ см}$	$L = 3 \text{ мм}; f_1 = 2 \text{ см}$
Изображение		
R_0 , пиксел	$58,38 \pm 0,13; \varepsilon = 0,0023$	$91 \pm 7; \varepsilon = 0,07$
I_{\max} , отн. ед.	$1920 \pm 180; \varepsilon = 0,09$	$580 \pm 120; \varepsilon = 0,21$
$K_{К1} = 1 - \frac{M[\text{abs}(R_0 - M[R_0])]}{M[R_0]}$	0,9848	0,9260
$K_{К2} = 1 - \frac{\sqrt{D[R_0]}}{M[R_0]}$	0,9820	0,9197
$K_{П1} = 1 - \frac{M[\text{abs}(I_{\max} - M[I_{\max}])]}{M[I_{\max}]}$	0,9841	0,9530
$K_{П2} = 1 - \frac{\sqrt{D[I_{\max}]}}{M[I_{\max}]}$	0,9802	0,9439

Из таблицы видно, что для более строгой оценки качества ЛГСП следует использовать коэффициенты $K_{К2}$ и $K_{П2}$, расчет которых основан на вычислении относительной флуктуации соответствующей величины.

Работа выполнена в рамках задания 1.1.01 ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника» (№ гос. регистрации 20160091).

1. Казак Н.С., Катранжи Е.Г., Рыжевич А.А. // ЖПС. 2002. Т. 69, № 2. С. 242–247.