

# Острая фокусировка пучков с посекторно-азимутальной поляризацией

Н.Н. Казаков

e-mail: nikita37pobeditel@mail.ru.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время не ослабевает интерес к цилиндрическим векторным пучкам [1], хотя в оптике они исследуются уже давно. Поляризация в поперечном сечении таких пучков непрерывно меняет своё направление, совершая полный оборот при изменении азимутального угла от 0 до  $2\pi$ . Интерес к таким пучкам вызван в том числе их необычным поведением при острой фокусировке [1].

В работах, посвященных моделированию острой фокусировки света в дальней зоне, обычно используются формулы Ричардса-Вольфа [2, 3], так как они позволяют вычислить распределение отдельных составляющих вектора напряжённости электрической компоненты светового поля в координатах выходного зрачка.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ

Мы исследуем фокусировку пучка с азимутальной поляризацией первого порядка:

$$a(\varphi) = -\sin(\varphi)$$

$$b(\varphi) = \cos(\varphi)$$

и пучка с L-линией неопределённости поляризации вида:

$$a(\varphi) = \cos(2\varphi) - 1$$

$$b(\varphi) = \sin(2\varphi)$$

где  $\varphi$  – азимутальный угол.

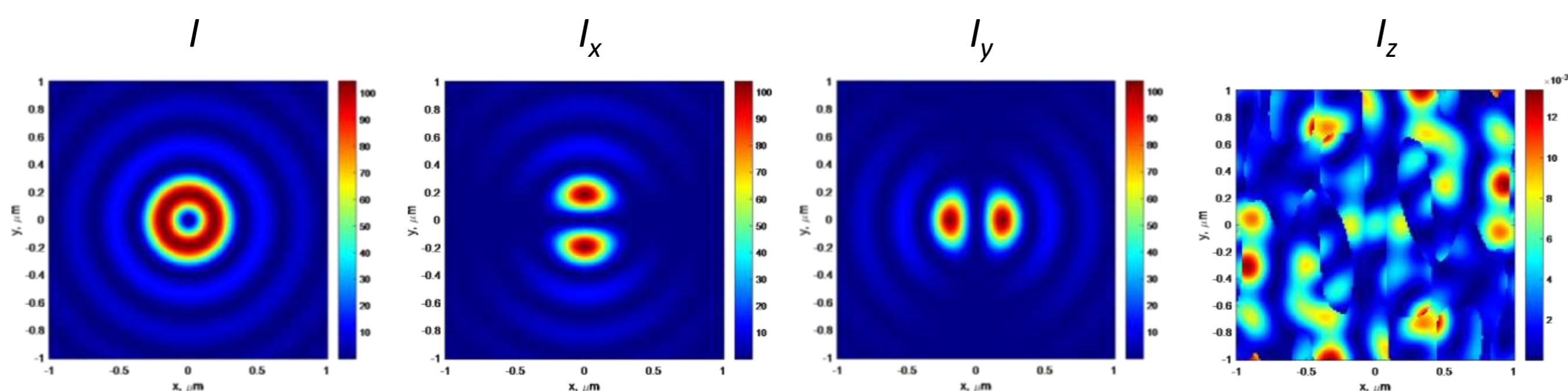
Моделирование было проведено с помощью формул Ричардса-Вольфа:

$$\mathbf{E}(\rho, \psi, z) = -\frac{if}{\lambda} \int_0^{\alpha} \int_0^{2\pi} B(\theta, \varphi) T(\theta) \mathbf{P}(\theta, \varphi) \times$$

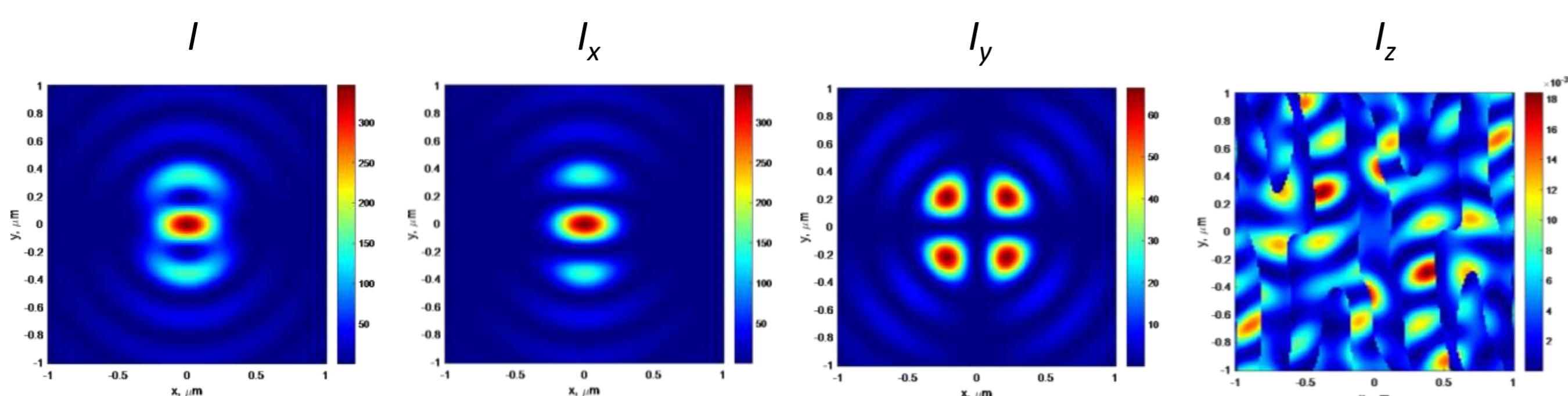
$$\times \exp\{ik[\rho \sin \theta \cos(\varphi - \psi) + z \cos \theta]\} \sin \theta d\theta d\varphi$$

где  $\mathbf{E}(\rho, \psi, z)$  – напряжённость электрического поля в фокусе,  $B(\theta, \varphi)$  – амплитуда электрического поля в выходном зрачке широкоапертурной оптической системы,  $T(\theta)$  – функция аподизации линзы,  $f$  – фокусное расстояние,  $k = 2\pi/\lambda$  – волновое число,  $\theta_0$  – максимальный полярный угол,  $\mathbf{P}(\theta, \varphi)$  – вектор поляризации, для напряжённости электрического поля.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



Двумерные распределения интенсивности  $I$  и её отдельных составляющих  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_z$  в фокусе пучка с азимутальной поляризацией первого порядка



Двумерные распределения интенсивности  $I$  и её отдельных составляющих  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_z$  в фокусе пучка с L-линией неопределённости поляризации

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что:

- в остром фокусе для этих пучков отсутствует продольная составляющая напряжённости электрического поля. Ранее подобный эффект демонстрировался только для азимутально-поляризованных пучков;
- и у азимутально поляризованного пучка, и у пучка с L-линией неопределённости поляризации продольная составляющая отсутствует;
- для азимутально-поляризованного пучка распределение интенсивности имеет вид кольца;
- для пучка с L-линией неопределённости поляризации на оси наблюдается пик интенсивности;

1. Zhan, Q. Cylindrical vector beams: from mathematical concepts to applications / Q. Zhan // Advances in Optics and Photonics. – 2009. – Vol. 1, Issue 1. – P. 1-57. – DOI: 10.1364/AOP.1.000001.
2. Richards, B. Electromagnetic diffraction in optical systems II. Structure of the image field in an aplanatic system / B. Richards, E. Wolf // Proceedings of the Royal Society of London. – 1959. – Vol. 253. – P. 358-379.
3. Debye, P. Das Verhalten von Lichtwellen in der Nähe eines Brennpunktes oder einer Brennlinie / P. Debye // Annalen der Physik. – 1909. – Vol. 335, N 14. – P. 755-776..