

Динамика изменения двумерного сингулярного пучка при его распространении в фоторефрактивном кристалле силленит типа

В. В. Давыдовская, А. В. Федорова, Д. С. Блоцкая, Е. В. Тарасюк

Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина, Мозырь, Беларусь, e-mail: davalenta@inbox.ru

Составлена математическая модель для описания распространения и взаимодействия двумерных сингулярных световых пучков в фоторефрактивном кристалле BSO. Изучено влияние оптической активности кристалла на сингулярный световой пучок при его распространении в фоторефрактивном кристалле BSO.

Ключевые слова: фоторефрактивный кристалл; распространение; сингулярный световой пучок; филаментация; вращение.

The dynamics of changes in a two-dimensional singular beam during its propagation in a photorefractive sillenite-type crystal

V. V. Davydovskaya, A. V. Fedorova, D. S. Blotskaya, E. V. Tarasjuk

Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin, Mozyr, Belarus, e-mail: davalenta@inbox.ru

A mathematical model has been developed to describe the propagation and interaction of two-dimensional singular light beams in a photorefractive BSO crystal. The influence of the optical activity of the crystal on the singular light beam during its propagation in the photorefractive BSO crystal has been studied.

Keywords: photorefractive crystal; propagation; singular light beam; filamentation; rotation.

Введение

Актуальность использования квазисолитонных структур в фоторефрактивных кристаллах обусловлена развитием современных методов и устройств оптоэлектроники, требующих создания новых способов осуществления управляемой адресной локализации световых пучков.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию пространственных солитонов так как в они способны передавать большие объёмы информации и распространяться практически без дифракционной расходимости и изменения формы светового пучка.

Разработка новых способов управления квазисолитонными сингулярными пучками с использованием фоторефрактивных кристаллов, установление механизмов, особенностей и закономерностей динамики преобразования вихревых пучков при их распространении и взаимодействии в средах с фоторефрактивной нелинейностью является актуальной задачей когерентной оптики [1].

Вихревые пучки могут быть полезными для многих приложений, таких как информационные технологии, микроскопия, оптические пинцеты и телекоммуникации, а также могут использоваться для создания запутанных состояний света и управления

ими, что может быть использовано для разработки новых методов квантового вычисления и квантовой связи [2–3].

1. Обсуждение основных результатов

Для моделирования использовалась модель сингулярного пучка, представленная в [4], характерный размер входного пучка $r_0 = 20$ мкм, топологический заряд пучка $m = 1$. Максимальное значение относительной интенсивности сингулярного светового пучка на входе в кристалл $I_{\max} = 1$ (рис. 1).

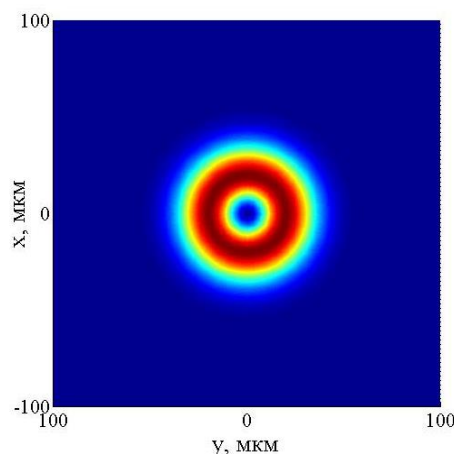


Рис. 1 Вид вихревого пучка на входе в кристалл: распределение относительной интенсивности $I(x, y)$ в пучке при наблюдении навстречу оси z

При моделировании были использованы следующие значения параметров:

- показатель преломления $n_0 = 2,54$;
- электрооптический коэффициент $r_{41} = 5 \cdot 10^{-12}$ м/В;
- удельное вращение кристалла $\rho = 22$ град/мм;
- длина волны излучения $\lambda = 0,6328$ мкм;
- радиус светового пучка $r_0 = 15$ мкм;
- длина кристалла 1,5 мм;
- входная плоскость кристалла $(\bar{1}\bar{1}0)$;
- ориентационный угол $\theta \approx 35,3^\circ$;
- напряжённость внешнего электрического поля $\vec{E}_0 \parallel [1\bar{1}\bar{1}]$, а её модуль

$E_0 = 1,2$ кВ/см.

Рассмотрим динамику изменения двумерного сингулярного пучка в процессе его распространения в фоторефрактивном кристалл BSO без учета оптической активности кристалла. Следует отметить, что, как и для кристалла SBN, наблюдается образование двух независимых филаментов (рис. 2, в, г).

Для определения изменения максимальной интенсивности в филаментах рассмотрим сечение сингулярного пучка плоскостью, параллельной плоскости XOZ и проходящей через точку, в которой достигается максимум интенсивности (рис. 2, б), сечение отмечено пунктирной линией (рис. 2, а).

Из графика видно, что в точке максимума относительная интенсивность филаментированного сингулярного пучка практически равна входной относительной интенсивности сингулярного пучка на входе в кристалл (рис. 2, б).

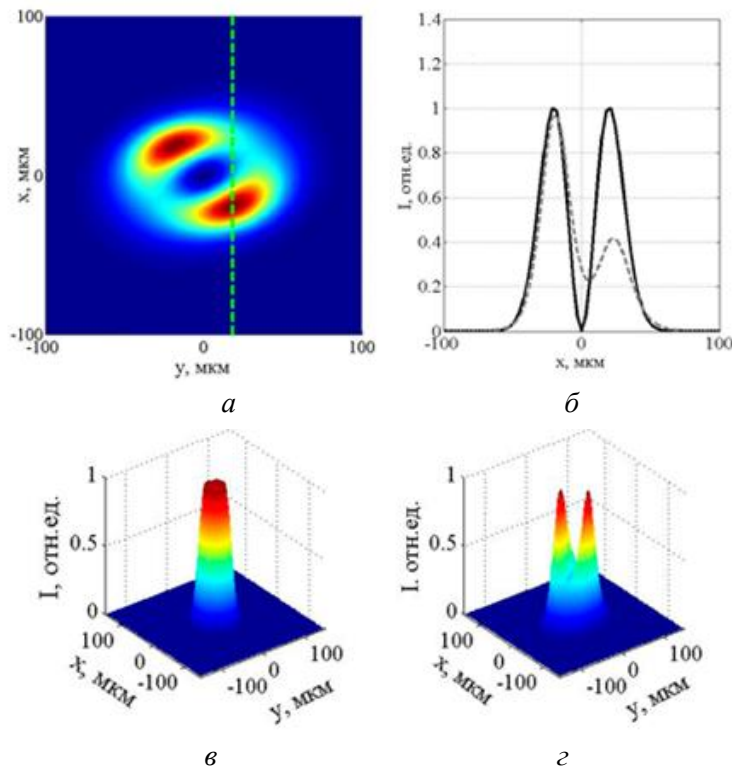


Рис. 2. Вид вихревого пучка на выходе из кристалла без учета оптической активности:
 а – распределение относительной интенсивности $I(x, y)$ в пучке на выходе из кристалла при наблюдении навстречу оси z ;
 б – сечения сингулярных пучков плоскостью, параллельной плоскости XOZ и проходящей через точку, в которой достигается максимум интенсивности (сплошная линия – входной пучок, пунктирная линия – пучок на выходе из кристалла);
 в, г – трехмерное модельное изображение зависимости $I(x, y)$ сингулярного светового пучка на входе в кристалл и выходе из кристалла соответственно

Также наблюдается поворот против часовой стрелки образовавшихся филаментов относительно оси пучка по мере его распространения в фоторефрактивном кристалле силленит типа.

Оптическая активность приводит к уменьшению максимальной относительной интенсивности сингулярного светового пучка на выходе из кристалла (рис. 3, б), также уменьшается угол вращения сингулярного пучка относительно его оси (рис. 3, а). Максимальная относительная интенсивность пучка на входе в кристалл составляла значение $I_{\max} = 1$ отн. ед., то на выходе из кристалла $I_{\max} \approx 0.6$ отн. ед.

Закключение

Теоретически установлено, что распространение сингулярного пучка в кристалле BSO приводит к формированию двух независимых филаментов. Аналогично эффекту в кристаллах SBN, в силленитах наблюдается поворот филаментов против часовой стрелки относительно оси пучка. Показано, что оптическая активность кристалла снижает как максимальную относительную интенсивность пучка, так и угол его вращения.

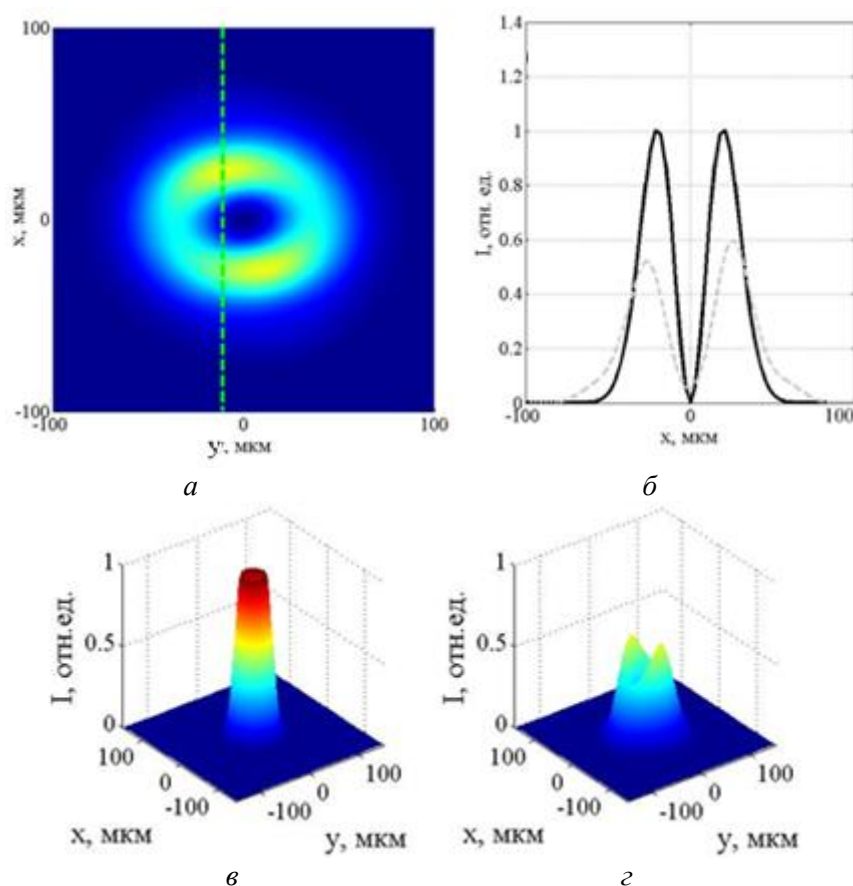


Рис. 3. Вид вихревого пучка на выходе из кристалла с учетом оптической активности:
 а – распределение относительной интенсивности $I(x, y)$ в пучке на выходе из кристалла при наблюдении навстречу оси z ;
 б – сечения сингулярных пучков плоскостью, параллельной плоскости XOZ и проходящей через точку, в которой достигается максимум интенсивности (сплошная линия – входной пучок, пунктирная линия – пучок на выходе из кристалла);
 в, г – трехмерное модельное изображение зависимости $I(x, y)$ сингулярного светового пучка на входе в кристалл и выходе из кристалла соответственно

Полученные результаты подтверждают перспективность применения фоторефрактивных кристаллов для управления квазисолитонными структурами. Результаты работы могут быть использованы для дальнейших исследований по управляемой локализации света и создания новых оптоэлектронных устройств.

Библиографические ссылки

1. Mamaev, A. V. Propagation of a mutually incoherent optical vortex pair in anisotropic nonlinear media / A. V. Mamaev, M. Saffman, A. A. Zozulya // J. Opt.B: Quantum Semiclass. Opt. 2004. V. 6. P. S318–S322.
2. Wang, J. Advances in communications using optical vortices // Photonics Research. 2016. V.4. P. 14–28.
3. Andrews, D. Symmetry and Quantum Features in Optical Vortices // Symmetry. 2021. V. 13. P. 1368.
4. Спектральное уширение фемтосекундных оптических вихрей при филаментации в плавленом кварце в условиях аномальной дисперсии групповой скорости / С. А. Шленов [и др.] // ЖЭТФ. 2021. 159(3). С. 400–408.