

УДК 535.8

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВИХРИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ТОПОЛОГИЧЕСКИМ ЗАРЯДОМ

Соломонов А. И. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – проф., д. ф.-м. н., Рыбин М. В.
(Университет ИТМО)

Введение. В конце прошлого века L. Allen и соавторы [1] обнаружили, что фотоны могут обладать орбитальным моментом импульса, помимо спина, таким образом, являясь дополнительной степенью свободы квантового состояния. Одно из самых важных свойств вихревых состояний с различным орбитальным моментом - ортогональность. Это означает, что два состояния с различными значениями l никогда не могут быть непрерывно преобразованы друг в друга; следовательно, смешанные состояния всегда могут быть разделены. Ортогональность нашла широкое применение в обработке и кодировании информации в свободном пространстве и в оптических коммуникациях как классического, так и квантового характера.

Были продемонстрированы различные подходы к генерации закрученных фотонов. Однако они могут иметь свои ключевые недостатки: фазовые пластинки и метаповерхности требуют высокой точности в изготовлении и многоэтапного процесса в условиях вакуума. Пространственные модуляторы света могут быть достаточно объемными для интеграции в микрофотонные и фотонные интегральные схемы. Более того, в пространственных модуляторах света могут наблюдаться шумы и дрейф значений пикселей со временем, что негативно влияет на стабильность оптического вихря.

Основная часть. Мы предлагаем истинно двумерные структуры, которые устойчивы к шуму и могут быть изготовлены избегая дорогостоящих этапов производства. Эти структуры основаны на материалах с фазовой памятью и созданы путем локального изменения фазы материала при помощи метода прямой лазерной записи. Материал с фазовой памятью Ge-Sb-Te способен выдерживать многократные циклы записи-стирания, позволяя создавать структуры и быстро изменять их в оптических схемах.

Мы использовали метод голограмм для создания оптических вихрей с топологическим зарядом [2]. Далее, на основе этой голограммы, мы оценили рассеяние в приближении Борна [3]. Для оценки топологического заряда мы произвели астигматическое преобразование добавляя функцию цилиндрической линзы [4]. После этого мы изготовили голограмму локальным нагревом пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ методом прямой лазерной записи. Мы наблюдаем хорошее согласие с теоретическими расчетами. Также, мы успешно переписали голограмму на той же подложке GST и продемонстрировали увеличение топологического заряда оптического в той же оптической установке.

Выводы. Таким образом экспериментально и теоретически продемонстрирована возможность генерации оптического вихря с ненулевым топологическим зарядом. Показана возможность перестройки топологического заряда при перезаписи пленки Ge-Sb-Te на той же оптической установке.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 21-79-10214).
<https://rscf.ru/project/21-79-10214/>.

Список использованных источников:

1. Allen L. et al. Orbital angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes //Physical review A. – 1992. – Т. 45. – №. 11. – С. 8185.
2. Arlt J. et al. The production of multiringed Laguerre-Gaussian modes by computer-

generated holograms //Journal of modern optics. – 1998. – T. 45. – №. 6. – C. 1231-1237.

3. Rybin M. V. et al. Dimensionality effects on the optical diffraction from opal-based photonic structures //Physical Review B. – 2013. – T. 87. – №. 12. – C. 125131.

4. Denisenko V. et al. Determination of topological charges of polychromatic optical vortices //Optics express. – 2009. – T. 17. – №. 26. – C. 23374-23379.