

УДК 535.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ПУЧКОВ СВЕТА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРА КВАНТОВАНИЯ**© Кашапова Д.И.<sup>1</sup>, Прокопова Д.В.<sup>2</sup>, Котова С.П.<sup>2</sup><sup>1</sup>*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*<sup>2</sup>*Самарский филиал Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук,  
г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: dianazavrrr@mail.ru

Структурированные световые поля актуальны в прикладных задачах оптики и фотоники [1]. В частности, большой интерес вызывают вихревые световые поля к которым относятся спиральные пучки света. Такие световые пучки используются для захвата и перемещения по заданной траектории микро- и наноразмерных частиц в системах оптического пинцета, в наноскопии (для увеличения осевого разрешения флуоресцентных оптических микроскопов), а также для передачи информации и обработке изображений [2]. В этой связи представляет интерес исследование качественной генерации спиральных пучков в экспериментальных системах. Данная работа посвящена изучению формирования спиральных пучков в форме замкнутого контура от параметра квантования, от которого в сильной степени зависит структура светового поля.

Спиральные пучки света (СПС) – световые поля, сохраняющие структуру интенсивности с точностью до масштаба и вращения при распространении и фокусировке. СПС могут иметь распределение интенсивности самой разной формы (ансамбль пятен, область, кривая и т. д.) [4]. Одной из разновидностей СПС являются пучки в форме замкнутых кривых [5]. Для таких пучков существует условие квантования:

$$S = \frac{1}{2} \pi \rho^2 N \quad (N = 1, 2, \dots)$$

где  $S$  – площадь под кривой,  $\rho$  – гауссов параметр,  $N$  – параметр квантования. В работе параметр квантования меняли в пределах от 5 до 100.

Для формирования спиральных пучков света используются различные методы: амплитудно-фазовых масок, внутррезонаторный, метод астигматического преобразования, часто используемый метод – голографический [5; 6]. В нашей работе используется голографический метод формирования СПС. Его преимущества заключаются в простоте расчета и экспериментальной реализации сложных объектов при помощи фазовых пространственных модуляторов света.

В качестве источника излучения в эксперименте выступает лазер, пучок которого проходит через телескопическую систему и под небольшим углом попадает на матрицу жидкокристаллического пространственного модулятора света при помощи которой формируется голограмма СПС. Пучок от лазера дифрагирует на голограмме и происходит регистрация картины распределения интенсивности восстановленного СПС.

В результате эксперимента были получены картины распределения интенсивности СПС заданных одним и тем же контуром (звездочка, бабочка), но с различным значением параметра квантования  $N$  (см. рис.). Анализируя и качественно оценивая результаты, сделаем выводы, что при увеличении параметра квантования  $N$

структура сформированного голографическим способом спирального пучка света в форме замкнутого контура приближается к структуре контура, по которому строился пучок.

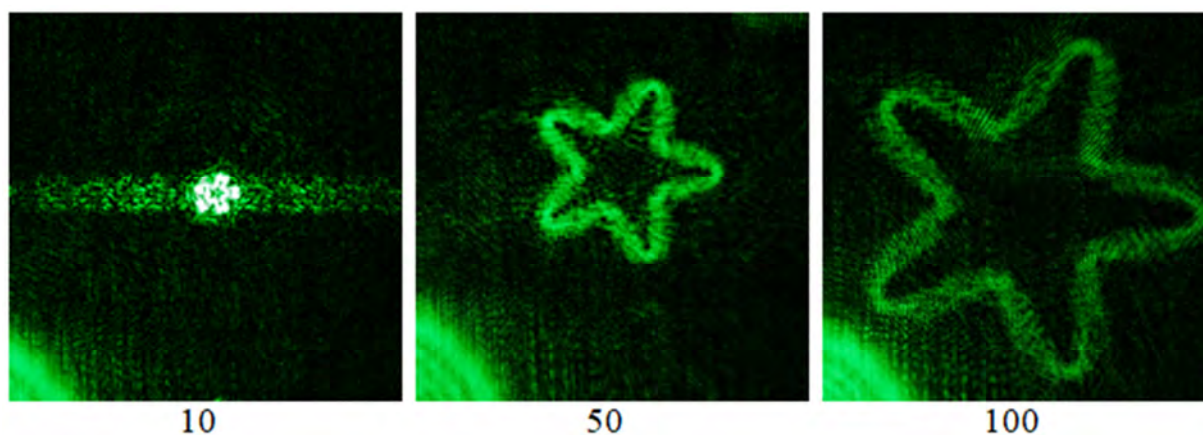


Рисунок – Распределение интенсивности контура звездочки при разных параметрах квантования  $N$  (10, 50, 100).

### Библиографический список

1. Rubinsztein-Dunlop H., Neely T.W., Baker M. et al. Roadmap on structured light // Journal of Optics. 2017. Vol. 19. P. 10–20.
2. Прокопова Д.В., Котова С.П. Фазовые дифракционные оптические элементы с повышенной эффективностью для наноскопии // Фотоника. 2020. Т. 14, № 2. С. 170–183.
3. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. Спиральные пучки света – новое направление когерентной оптики // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 1999. Т. 1, № 2. С. 249–254.
4. Abramochkin E., Volostnikov V. Spiral-type beams // Optics Communications. 1993. Vol. 102. P. 336.
5. Волостников В.Г., Кишкин С.А., Котова С.П. Новый метод обработки контурных изображений на основе формализма спиральных пучков света // Квантовая электроника. 2013. Т. 43, № 7. С. 646–650.
6. Abramochkin E., Volostnikov V. Structurally stable singular wavefields // International Conference on Singular Optics. Proceedings of SPIE. 1998. Vol. 3487. P. 20.