

**ФАЗОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ПЛАВЛЕНОМ КВАРЦЕ ДЛЯ  
ГЕНЕРАЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПУЧКОВ.**

**Степанюк Дмитрий Сергеевич** (Университет ИТМО), **Шкуратова Виктория Александровна** (Университет ИТМО), **Петров Андрей Анатольевич** (Университет ИТМО)  
**Научный руководитель – к. т. н. Костюк Галина Кирилловна**  
(Университет ИТМО)

**Введение.**

В настоящее время значительное внимание уделяется созданию скалярных вихревых пучков с орбитальным угловым моментом [1]. Подобное внимание обусловлено тем, что для таких пучков со спиральным волновым фронтом характерно кольцевое распределение интенсивности, в котором интенсивность центральной части на оси пучка стремится к нулю, в следствие чего эти пучки широко востребованы для применений в атомной и молекулярной оптике для охлаждения и улавливания атомов и молекул, в оптических пинцетах, в области микро- и нанообработки материалов, а также в наукоемких областях сверхразрешающей микроскопии и телекоммуникаций [2].

Одним из основных фазовых оптических элементов (ФОЭ), используемых для создания подобных пучков, является спиральная фазовая пластина (СФП), в каждом из секторов которой за исключением первого глубина травления увеличивается от сектора к сектору, обеспечивая сдвиг фазы от 0 в первом секторе до  $2\pi$  в последнем. Подобная конструкция СФП обеспечивает преобразование Гауссова пучка в скалярных вихревой пучок.

Кольцевое распределение интенсивности также может быть создано с использованием так называемых концентрических двух 0 и  $\pi$  и трех 0,  $\pi$ , 0 фазовых пластин. Во всех случаях, когда нет необходимости создания вихревого пучка с орбитальным угловым моментом, а требуется создание только кольцевого распределения интенсивности, целесообразно применение концентрических фазовых пластин (ФП), поскольку их конструкция, а следовательно, и изготовление окажутся значительно более простыми по сравнению с колнструкцией и изготовлением СФП. Кроме СФП и ФП для генерации пучков с кольцевым распределением интенсивности в настоящее время используют пространственные световые модуляторы (ПСМ, работающие как на отражение, так и на пропускание, а также S и q пластины [3].

**Основная часть.**

Высокое качество преобразования Гауссова пучка в пучок с кольцевым распределением интенсивности с эффективностью конверсии более 80% обеспечивают ФОЭ, каковыми являются СФП и ФП, изготовленные технологией литографии. Наряду с технологией литографии для изготовления СФП и ФП в последнее время используется прямая лазерная запись. Однако качество ФОЭ, изготовленных прямой лазерной записью значительно уступает качеству ФОЭ, изготовленных технологией литографии, единственным недостатком которой является длительность процесса изготовления ФОЭ.

СФП и ФП могут быть изготовлены с применением технологии LIMP, которая уже использовалась нами ранее для изготовления многосекторных бинарных фазовых пластин (МБФП). Основываясь на опыте использования LIMP для записи МБФП перед записью СФП и ФП были выбраны и проанализированы основные факторы, обеспечивающие качественное функционирование этих ФОЭ. К таким параметрам были отнесены: соответствие глубин травления в соответствующих областях конструкции каждого из ФОЭ расчетным значениям, отклонение от рассчитанной глубины в этих областях, а также отклонение геометрии очертания вытравленных областей от геометрии очертания в конструкции ФОЭ. Были выполнены экспериментальные исследования, позволяющие определить режимы записи СФП и трехзонной ФП, которые обеспечивали рассчитанную глубину травления в соответствующих областях конструкции каждого из ФОЭ и минимальное отклонение от рассчитанной глубины, а также резкие границы вытравленных областей.

Качество изготовления СФП и ФП оценивалось на контактном профилометре Hommel Tester T8000 с разрешением по глубине  $\pm 10$  нм и на оптическом микроскопе в технике дифракционно-интерференционного контраста. Влияние диаметра лазерного пучка, падающего на ФОЭ, и фокусного расстояния линзы на параметры кольцевого распределения, создаваемого ФОЭ – ширину кольца и полной полуширины половины максимума (FWHM) оценивалось в схеме тестирования с IPG YLPN 1-50 лазером с  $\lambda=1,06$  мкм.

#### **Выводы.**

Были определены режимы записи ФОЭ обоих видов, обеспечивающие качественное функционирование ФОЭ. В ходе тестирования изготовленных ФОЭ было установлено, что и шириной кольца, и полной полушириной половины максимума в кольцевом распределении создаваемых ФОЭ возможно управлять изменением диаметра лазерного пучка, падающего на ФОЭ, и использованием фокусирующих линз с различными фокусными расстояниями.

#### **Список использованных источников:**

1. Wisniewski-Barker E., Padgett M. J. Orbital angular momentum // Photonics. – 2015. – Т. 1. – С. 321-340.
2. Yao A. M., Padgett M. J. Orbital angular momentum: origins, behavior and applications // Advances in Optics and Photonics. – 2011. – Т. 3. – №. 2. – С. 161-204.
3. Liu S. et al. Highly efficient generation of arbitrary vector beams with tunable polarization, phase, and amplitude // Photonics Research. – 2018. – Т. 6. – №. 4. – С. 228-233.

Степанюк Д. С. (автор)

Костюк Г. К. (научный руководитель)