

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ
ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ИСЛАНДСКОМ ШПАТЕ ДЛЯ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГАУССОВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИНТЕНСИВНОСТИ**

Нестеров Н.А. (Университет ИТМО), **Петров А.А.** (Университет ИТМО),
Шкуратова В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Костюк Г.К. (Университет ИТМО)

Введение. В настоящее время, как в прикладных, так и в фундаментальных исследованиях взаимодействия излучения с веществом значительное внимание уделяется созданию фазовых оптических элементов, позволяющих преобразовать Гауссов пучок в оптическое поле, с заданным распределением интенсивности по сечению лазерного пучка, распределением вектора поляризации и формой волнового фронта [1,2]. Стремительное развитие лазерных технологий и их активное внедрение в промышленность, позволяют найти самое широкое применение оптическим полям с заданными пространственными характеристиками в различных высокотехнологических областях [3], например, в высококачественной лазерной микро- и нанообработке поверхностей материалов [4,5]. Для создания подобных полей в основном применяются пространственные световые модуляторы (ПСМ) [6]. Однако, применение ПСМ ограничено тем, что они базируются на массивах жидких кристаллов, для применения которых требуется кодировка в специализированном программном обеспечении [7]. Кроме того, низкий порог разрушения жидких кристаллов ограничивает применение ПСМ с высокомошными лазерными пучками [8].

В настоящей работе мы предлагаем использовать фазовый оптический элемент (ФОЭ), изготовленный на поверхности исландского шпата (одноосного двулучепреломляющего кристалла с кристаллической осью, ориентированной параллельно поверхности пластин) для преобразования Гауссова пучка в оптическое поле с плоской вершиной в распределении интенсивности. Мы использовали технологию лазерно-индуцированной микроплазмы (ЛИМП), позволяющую получить ФОЭ с областями любой формы, вытравленными на заданную глубину, обеспечивающую строго определенный сдвиг по фазе, что в свою очередь позволяет получить необходимую форму и распределение интенсивности. Это реализуется при ориентации вектора линейной поляризации под углом 45° к направлениям главных осей ФОЭ.

Основная часть. Предварительно проводится механическая шлифовка графитовой пластины (подложки) наждачной бумагой различной зернистости (P100 – P3000), это позволяет повысить качество получаемых результатов, так как на данный момент нами применяется пористый графит с неоднородной структурой, обладающий порами как на поверхности, так и в объеме. Полировка в значительной мере помогает избавиться от этого недостатка. Перед началом экспериментов пластина исландского шпата отжигается при 170°C в течение 30 минут, для устранения воды, содержащейся в поверхностной структуре кристалла, способной разрушить его при лазерном воздействии. Далее проводится непосредственная запись структур методом ЛИМП. Последним этапом обработки образца являются влажная лазерная очистка с применением спирта (96%) и отжиг полученных образцов при 470°C в течение 2 часов, для снятия поверхностных напряжений, появляющихся в материале в процессе записи.

Качество изготовленных ФОЭ исследовалось с применением контактного профилометра Hommel Werke T8000 с вертикальным разрешением ± 10 нм и оптического микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A1.m. Тестирование изготовленных ФОЭ осуществлялось в экспериментальной установке с наносекундным лазером с $\lambda = 1,06$ мкм. Для оценки эффективности конверсии энергии проводились измерения мощности падающего на ФОЭ пучка и пучка на выходе из него.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ФОЭ, изготовленные на исландском шпате технологией ЛИМП способны преобразовывать Гауссов пучок в распределение интенсивности с плоской вершиной, а также, являются перспективными в лазерной микрообработке материалов с высокой эффективностью конверсии энергии (до 80%).

Список использованных источников:

1. Liu S. et al. Highly efficient generation of arbitrary vector beams with tunable polarization, phase, and amplitude //Photronics Research. – 2018. – Т. 6. – №. 4. – С. 228-233.
2. Zheng H. Z. et al. Photonic crystal changes coherent laser to incoherent laser with random phase //Optics communications. – 2010. – Т. 283. – №. 7. – С. 1394-1396.
3. Chen M. et al. Dynamics of microparticles trapped in a perfect vortex beam //Optics letters. – 2013. – Т. 38. – №. 22. – С. 4919-4922.
4. Hnatovsky C. et al. Materials processing with a tightly focused femtosecond laser vortex pulse //Optics letters. – 2010. – Т. 35. – №. 20. – С. 3417-3419.
5. Kostyuk G. K. et al. Multisector binary phase plates on fused silica for generation of optical vortex beams superposition: Fabrication, characterization, and applications //Optics & Laser Technology. – 2022. – Т. 152. – С. 108161.
6. Ouyang J. et al. Tailored optical vector fields for ultrashort-pulse laser induced complex surface plasmon structuring //Optics express. – 2015. – Т. 23. – №. 10. – С. 12562-12572.
7. Tang Y. et al. Laser-material interactions of high-quality ultrashort pulsed vector vortex beams //Micromachines. – 2021. – Т. 12. – №. 4. – С. 376.
8. Beck R. J. et al. Application of cooled spatial light modulator for high power nanosecond laser micromachining //Optics express. – 2010. – Т. 18. – №. 16. – С. 17059-17065.