

УДК 544.032.65

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЯЧЕЕК НА ПЛАВЛЕНОМ КВАРЦЕ МЕТОДОМ ЛИМП ВАРИАЦИЕЙ КОЛИЧЕСТВА ИМПУЛЬСОВ, ПРИХОДЯЩИХСЯ В ОБЛАСТЬ ОБРАБОТКИ

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

Научный руководитель – к.т.н., научный сотрудник, Г.К. Костюк (Университет ИТМО).

Введение. В настоящее время в сфере лазерных технологий как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях востребовано применение мультиплицированных лазерных пучков и пучков с тёмным отверстием в центре, которые обладают такими уникальными свойствами, как кольцевое распределение профиля интенсивности по сечению пучка, фазовая сингулярность в центре пучка, пространственная неизменность при распространении пучка в свободном пространстве, а также спиновый и орбитальный угловой момент. [1] Благодаря этим свойствам пучки с тёмным отверстием в центре находят применение, например, в современной оптике и в микро- и нанообработке. [2]. Одним из простейших методов получения данных пучков является использование фазовых оптических элементов (ФОЭ), принцип которых основан на деструктивной интерференции. Существует несколько методов создания ФОЭ, например, использование фазовых масок, литография. [3-4] Сравнительно недавно для создания ФОЭ начали использовать метод лазерно-индуцированной микроплазмы (ЛИМП), основными преимуществами которого в сравнении с известными методами является относительная простота реализации и малая длительность изготовления, которая составляет единицы минут.

В настоящей работе исследуется метод ЛИМП при изготовлении ФОЭ на плавленом кварце с целью определения возможности увеличения воспроизводимости результатов травления посредством получения минимального отклонения по глубине травления, а также достижения конкретных глубин травления, обеспечивающих сдвиг фаз в π радиан на длине волны 1,064 мкм. На основе ранее проведённых исследований метода ЛИМП, в которых в качестве мишени использовался пористый графит марки МПГ-6, характеризующийся неоднородной структурой, проявляющейся в наличии пористых областей с размерами, соизмеримыми с диаметром лазерного пучка на поверхности мишени, что предположительно является основным фактором, влияющим на качество записи, в настоящей работе будет использоваться пиролитический графит, плотность которого, как правило, составляет $\approx 2,0$ г/см³, а однородность плотности по поверхности пластины не превышает $\pm 0,01$ г/см³.

Основная часть. Этапом, предшествующим записи элементарных ячеек на поверхности плавленого кварца методом ЛИМП, являлось проведение механической шлифовки пластины пирографита наждачной бумагой с различной зернистостью (P100-P1200). Это позволяло понизить шероховатость материала до значений $R_a = 200$ нм и тем самым обеспечить более плотный контакт мишени и образца. Запись элементарных ячеек методом ЛИМП проводилась при различных режимах лазерной записи. Каждая элементарная ячейка состояла из 4-х участков 1x1 мм для оценки среднеквадратичного отклонения по глубине. После записи проводился отжиг полученных образцов при 900°C в течение одного часа для удаления частиц графита и снижения шероховатости поверхности на записанных областях.

Качество записанных элементарных ячеек оценивалось с применением контактного профилометра Hommel Werke T8000 с ошибкой измерения ± 10 нм и оптического микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A1.m.

Выводы. В настоящей работе были получены следующие результаты:

1. Выявлено, что качество лазерной записи определяется количеством импульсов, приходящихся в область лазерного пятна на поверхность обрабатываемого материала, которое в свою очередь определяется коэффициентами перекрытия лазерных пятен по координатам x и y .
2. Найдены режимы лазерной записи, обеспечивающие необходимую глубину травления для работы ФОЭ на длине волны 1,064 мкм с минимальным отклонением по глубине травления.

Работа выполнена при финансовой поддержке научной подготовки бакалавров, магистрантов и аспирантов в рамках выполнения научно-исследовательских работ на базе Физико-технического мегафакультета Университета ИТМО (конкурс НИР МиА).

Список использованных источников:

1. Yin J., Gao W., Zhu Y. Generation of dark hollow beams and their applications //Progress in optics. – 2003. – Т. 45. – С. 119.
2. Duocastella M., Arnold C. B. Bessel and annular beams for materials processing // Laser & Photonics Reviews. – 2012. – Т. 6, № 5. – С. 607-621.
3. Lai W. J. et al. Generation of radially polarized beam with a segmented spiral varying retarder // Optics Express. – 2008. – Т. 16. – №. 20. – С. 15694-15699.
4. Cheong W. C. et al. Direct electron-beam writing of continuous spiral phase plates in negative resist with high power efficiency for optical manipulation //Applied physics letters. – 2004. – Т. 85. – №. 23. – С. 5784-5786.