

УДК 544.032.65

Лазерная запись микрофлюидной системы для хемилюминесцентного анализа и исследования её геометрических и оптических свойств

Бондаренко А.Г. (Университет ИТМО), **Алексан Г.В.** (Университет ИТМО),

Палехова А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Заколдаев Р.А.

(Университет ИТМО)

Научный консультант –PhD, Дададжанов Д.Р.

(Университет ИТМО)

Введение. Микрофлюидика – это область, занимающаяся изготовлением аналитических платформ и изучением поведения малых объемов реагентов (до 10 мкл) с помощью микроэлементов размерами до сотен микрометров [1,2]. Данное направление позволяет быстро и эффективно проводить различные анализы и реакции. Микрофлюидика находит свое применение в диагностике, химии, медицине, мониторинге окружающей среды, инженерии [3-7]. Микрофлюидные устройства могут быть изготовлены на различных материалах - на кремнии, металле, полимере, бумаге. Стекло, в частности кварцевое, обладает превосходной прозрачностью, химической стойкостью и физической прочностью [8] и является удачным материалом в качестве микрофлюидной подложки. Однако существует проблема прецизионной обработки поверхности кварцевого стекла для создания элементов микрофлюидики. Применение лазерных технологий обработки силикатных материалов, основанных на резонансном поглощении излучения CO₂-лазера, можно отнести к перспективному направлению создания микрофлюидных элементов. В работе [9] было продемонстрировано и исследовано три основных режима воздействия CO₂-лазерного излучения на матрицу SiO₂ — денсификация матрицы, абляция нанометровых слоев за импульс и линейная абляция слоев толщиной более 150 нм за импульс. Таким образом, варьируя параметры лазерного излучения (мощность, скорость сканирования, частоту следования импульсов), есть возможность создавать микрофлюидные структуры с различными значениями ширины, глубины и шероховатости с высокой точностью. Однако до сих пор существует мало исследований, которые бы описывали применение CO₂-лазера в качестве инструмента для изготовления микрофлюидных стеклянных систем.

Основная часть. Данная разработка предлагает метод лазерной записи микрофлюидной системы на поверхности кварцевого стекла с использованием коммерческой лазерной установки “С-Marker” (ООО “Лазерный Центр”, Россия). В качестве используемого материала были выбраны доступные и дешевые пластины кварцевого стекла JGS1. Геометрия микрофлюидного элемента была исследована с помощью оптического микроскопа ЛОМО и контактного профилометра Hommel Tester T8000, а коэффициент оптического пропускания материала – с помощью микроскопа-спектрофотометра МСФУ-К. Паттерн микрофлюидной системы был предложен и изготовлен для решения задачи в рамках проекта НИРМА с целью исследования сигналов хемилюминесценции. Глубина микрофлюидного резервуара составляет порядка 50±7 мкм, а наличие шероховатости порядка нескольких сотен нм может послужить условием, обеспечивающим лучшее смешивание аналитов. Изготовленная микрофлюидная система будет открытой, а значит для ввода жидкостей не потребуется дополнительного оборудования кроме нескольких дозаторов.

Выводы. Было изучено влияние параметров лазерного излучения на геометрические и оптические характеристики микрофлюидной аналитической системы для исследования

оптических откликов в результате химических процессов окисления. Параметры режимов лазерной обработки поверхности кварцевого стекла позволяли сохранять высокую оптическую прозрачность материала, при этом была достигнута желаемая геометрия микрофлюидной системы (глубина = 50 ± 7 мкм, ширина = $1 \pm 0,3$ мм, шероховатость $S_a = 600 \pm 100$ нм) для решения поставленной исследовательской задачи.

Список использованных источников

1. Whitesides G. M. The origins and the future of microfluidics //nature. – 2006. – Т. 442. – №. 7101. – С. 368-373.
2. Geng Y., Ling S., Huang J., Xu J. Multiphase microfluidics: fundamentals, fabrication, and functions //Small. – 2020. – Т. 16. – №. 6. – С. 1906357.
3. Fang S., Tian H., Li X., Jin D., Li X., Kong J., Liu T.l. Clinical application of a microfluidic chip for immunocapture and quantification of circulating exosomes to assist breast cancer diagnosis and molecular classification //PloS one. – 2017. – Т. 12. – №. 4. – С. e0175050.
4. Meier M., Lucchetta E. M., Ismagilov R. F. Chemical stimulation of the Arabidopsis thaliana root using multi-laminar flow on a microfluidic chip //Lab on a chip. – 2010. – Т. 10. – №. 16. – С. 2147-2153.
5. Moore T. A., Brodersen P., Young E. W. K. Multiple myeloma cell drug responses differ in thermoplastic vs PDMS microfluidic devices //Analytical chemistry. – 2017. – Т. 89. – №. 21. – С. 11391-11398.
6. Cocovi-Solberg D. J. Rosende M., Michalec M., Miró M. 3D printing: the second dawn of lab-on-valve fluidic platforms for automatic (bio) chemical assays //Analytical chemistry. – 2018. – Т. 91. – №. 1. – С. 1140-1149.
7. Tandiono, Ohl S. W., Ow D. S., Klaseboer E., Wong V. V., Dumke R., Ohl C. D. Sonochemistry and sonoluminescence in microfluidics //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2011. – Т. 108. – №. 15. – С. 5996-5998.
8. Hwang J., Cho Y. H., Park M. S., Kim B. H. Microchannel fabrication on glass materials for microfluidic devices //International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2019. – Т. 20. – С. 479-495.
9. Temmler A., Weingarten C. B., Schober B., Uluz E. Investigation on laser beam figuring of fused silica using microsecond pulsed CO2 laser radiation //Applied Surface Science. – 2021. – Т. 555. – С. 149609.

Бондаренко А.Г. (автор)

Подпись

Заколдаев Р.А. (научный руководитель)

Подпись