

**ПРЯМАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЗАПИСЬ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩИХ СТРУКТУР В МНОГОКОМПОНЕНТНОМ СТЕКЛЕ ПРИ НИЗКОАПЕРТУРНОЙ ФОКУСИРОВКЕ**

**Стопкин С.И.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева), **Озерова А.И.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева),  
**Липатьев А.С.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева), **Сигаев В.Н.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**Научный руководитель – доцент, кандидат химических наук, Липатьев А.С.**  
(РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**Введение.** Развитие фемтосекундных лазеров открыло возможности локально изменять свойства прозрачных материалов благодаря механизмам нелинейного поглощения, происходящего при фокусировке лазерного излучения в объеме материала [1]. При лазерном модифицировании кварцевых стекол можно выделить образование нескольких основных типов структур, из которых наибольший интерес представляют нанорешетки (тип II) [2]. Такие структуры обладают двулучепреломлением формы. Недавно был обнаружен и другой вид модификаций (тип X), образующийся при низкоапертурной фокусировке и обладающий поляризационно-контролируемым двулучепреломлением [3]. Данный тип модификаций, представляющий собой массив вытянутых нанопор, интересен тем, что имеет пониженное по сравнению с нанорешетками светорассеяние. Регулировка параметров лазерного излучения позволяет контролировать параметры двулучепреломляющих структур – угол медленной оси и фазовую задержку, что позволяет создавать конвертеры поляризации света в объеме стекла.

**Основная часть.** Для записи двулучепреломляющих структур с пониженным светорассеянием было использовано многокомпонентное стекло марки AF32, имеющее состав 55%-65% SiO<sub>2</sub>, 15%-20% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5%-10% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 10%-15% оксидов щелочноземельных металлов. В качестве источника лазерного излучения использовался фемтосекундный регенеративный усилитель Pharos SP (Light Conversion Ltd). Лазерный луч фокусировался асферической линзой New Focus 10x (числовая апертура = 0,16) в глубину образца стекла, установленного на прецизионном трехкоординатном позиционере ABL1000 (Aerotech). Двулучепреломление лазерно-индуцированных модификаций регистрировали с помощью системы количественного микроанализа двулучепреломления Abrio (CRi). В ходе работы были записаны серии площадок размером 200 мкм с энергией импульса от 400 до 2000 нДж, частотой повторения от 100 до 500 кГц, длительностью импульса от 200 до 800 фс и скоростью следования от 1 до 4 мм/с. Для всех режимов при низких энергиях импульса до 400-550 нДж не происходило формирование двулучепреломляющих структур. При высоких значениях энергии и частоты повторения импульсов возникали заметные лазерно-индуцированные напряжения, которые обычно оказывают негативное влияние на итоговые характеристики фазовых элементов. Максимальная фазовая задержка, полученная для прозрачных двулучепреломляющих структур, составила 42 нм.

**Выводы.** На основе полученных экспериментальных данных по лазерному модифицированию многокомпонентного стекла при низкоапертурной фокусировке был подобран оптимальный режим - частота повторения импульсов 200 кГц, скорость записи 1 мм/с, длительность импульса 800 фс и энергия импульса 630 нДж, и записан конвертер поляризации, работающий на длине волны 633 нм, диаметром 2 мм с низким светорассеянием.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 22-79-10231).*

**Список использованных источников:**

1. Schaffer C.B., Brodeur A., Mazur E. Laser-induced breakdown and damage in bulk transparent materials induced by tightly focused femtosecond laser pulses // *Meas. Sci. Technol.* 2001. Vol. 12, № 11. P. 1784–1794.
2. Shimotsuma Y. et al. Self-Organized Nanogratings in Glass Irradiated by Ultrashort Light Pulses // *Phys. Rev. Lett.* 2003. Vol. 91, № 24. P. 247405.
3. Sakakura M. et al. Ultralow-loss geometric phase and polarization shaping by ultrafast laser writing in silica glass // *Light Sci Appl.* 2020. Vol. 9, № 1. P. 15.