

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% SiO₂, 15%-20% Al₂O₃, 5%-10% B₂O₃ 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 Ario (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.