
ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО
МИКРОСТРУКТУРИРОВАНИЯ
ПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2020 г. Н. В. Минаев, Е. О. Епифанов,
А. Г. Шубный, В. И. Юсупов

Поступила в редакцию 11.07.2019 г.
После доработки 11.07.2019 г.
Принята к публикации 14.07.2019 г.

DOI: 10.31857/S0032816219060272

Одной из перспективных технологий обработки оптически прозрачных материалов является технология лазерно-индуцированного импульсного жидкостного травления (laser-induced back-side wet etching – LIBWE) [1]. Технология предполагает фокусировку импульсного лазерного излучения на границе раздела образец–поглощающая жидкость с формированием микроскопической области с экстремально высокой температурой. Это приводит к травлению, частичному испарению и термокавитационному разрушению материала с возможностью формирования микроструктур в различных твердых прозрачных материалах [2, 3].

Принципиальная схема и общий вид установки для лазерно-индуцированного микроstructuring прозрачных материалов представлены на рис. 1. Источником излучения служит импульсный лазер 1 с активной модуляцией добротности ТЕСН-527 с длиной волны 527 нм, максимальной энергией в импульсе ~200 мкДж, длительностью импульса ~5 нс и частотой 1–10 кГц. Включение и выключение излучения, регулировка мощности происходят синхронизированно с перемещением трехкоординатного стола, посредством G-code. Излучение подводится к образцу 3 с помощью системы диэлектрических зеркал 5. При этом оно последовательно проходит через регулятор мощности 4, диафрагму 6 и объектив 7.

Главным отличием установки от всех используемых ранее [1–3] является наличие реактора

высокого давления 2 объемом 2 мл, на котором устанавливается структурируемый образец 3. Контроль параметров давления в реакторе осуществляется с помощью датчика давления и системы нагнетания давления 10 с запорными вентилями для предотвращения утечек. Максимальное давление составляет 250 атм. Реактор высокого давления крепится на высокоточном трехмерном моторизованном столе 9, управляемом также посредством G-code с помощью персонального компьютера. Камера 8 позволяет визуализировать процесс микроstructuring прозрачного образца.

По сравнению с установкой для микроstructuring, использующей гальваносканирующую головку [3], данная система может осуществлять непрерывное перемещение вдоль оси лазерного излучения (оси Z), смещая фокус на нужное расстояние в глубь образца. Использование реактора позволяет проводить микроstructuring при повышенном давлении, что существенно (в 1.5–2 раза) повышает эффективность травления [4].

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН в части совершенствования лазерных технологий, а

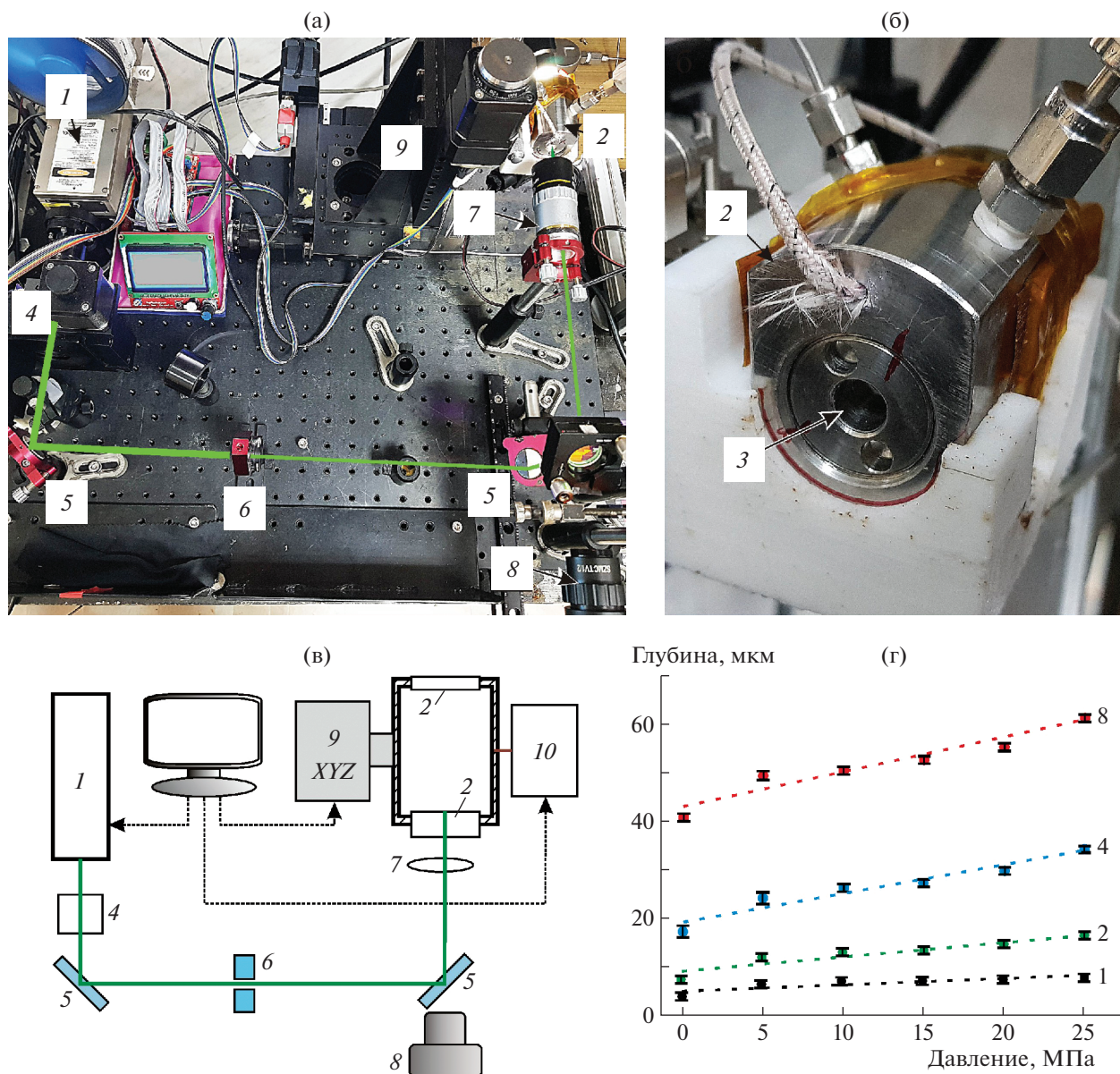


Рис. 1. Внешний вид установки (а) и реактора высокого давления (б), принципиальная схема установки (в) и пример зависимости глубины канала в сапфире от числа проходов (цифры у кривых) и давления в реакторе (г). 1 – лазер, 2 – реактор высокого давления, 3 – структурируемый образец, 4 – регулятор мощности, 5 – система зеркал, 6 – диафрагма, 7 – объектив, 8 – камера, 9 – трехмерный моторизированный стол, 10 – система напуска давления.

также гранта РФФИ 18-29-06056 в части развития сверхкритических технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang J., Niino H., Yabe A. // Applied physics A. 1999. V. 69 (1). P. S271.
2. Tsvetkov M.Yu., Yusupov V.I., Minaev N.V., Akovantseva A.A., Timashev P.S., Bagratashvili V.N., Golant K.M., Chichkov B.N. // Optics and Laser Technology. 2017. V. 88. P. 17. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2016.05.020>
3. Минаев Н.В., Шубный А.Г., Юсупов В.И., Цветков М.Ю., Баграташвили В.Н. // ПТЭ. 2018. № 6. С. 127. <https://doi.org/10.1134/S0032816218060101>
4. Shubny A.G., Epifanov E.O., Minaev N.V., Tsvetkov M.Yu., Sviridov A.P., Minaeva S.A., Yusupov V.I. // Laser Physics Letters. 2019. V. 16. P. 086001. <https://doi.org/10.1088/1612-202X/ab2642>

Адрес для справок: Россия, 108840, Москва, Троцк, ул. Пионерская, 2, Институт фотонных технологий ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН. Тел.: +7(915)053-21-03. E-mail: minaevn@gmail.com (Минаев Никита Владимирович)