ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССЕИВАЮЩИХ МАССИВОВ ДЕФЕКТОВ В СТЕКЛЕ

О.Р. Людчик, М.В. Лобанок
Белорусский государственный университет,
пр. Независимости 4, Минск 220030, Беларусь, Lyudchik@bsu.by

Проведены исследования влияния плотности записи оптических пробоев на пропускание оптического стекла. Наносекундными лазерными импульсами (излучаемыми лазерной системой Nd:YAG, λ=1064 нм и $W_{имп}$=10-20 мДж) в оптическом стекле марки К8 сформированы массивы дефектов с разной степенью заполнения и различным количеством слоёв. Сформированные массивы изучены методом оптической микроскопии. Влияние параметров лазерной записи дефектов на интенсивность пропускания изучена с помощью лазера и спектрофотометра S100.

Ключевые слова: лазерная обработка; стекло; наносекундное облучение; оптические свойства.

PHOTOELECTRIC CHARACTERISTICS OF BARRIER STRUCTURES 3C-SiC/Si

O.R. Lyudchik, M.V. Lobanok
Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave., 220030 Minsk, Belarus, Lyudchik@bsu.by

The influence of optical breakdown recording density on the transmission of optical glass has been studied. Nanosecond laser pulses (radiated by the Nd:YAG laser system, λ=1064 nm and Wimp=10-20 mJ) formed arrays of defects with different degrees of filling and different number of layers in K8 optical glass. The formed arrays were studied by optical microscopy. The influence of the parameters of laser writing of defects on the transmission intensity was studied using a laser and an S100 spectrophotometer.

Keywords: laser treatment; glass; nanosecond irradiation; optical properties.

Введение

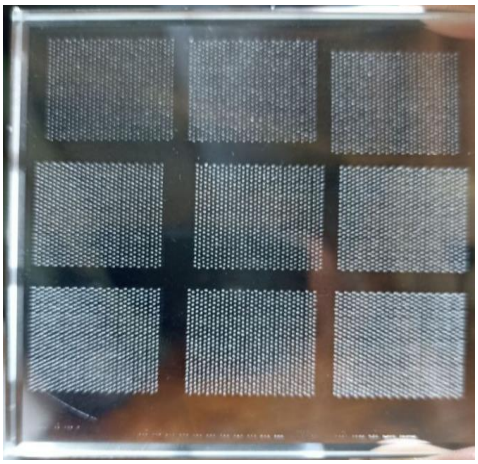
В настоящее время различные оптические диффузоры широко используются в различных приборах оптоэлектроники, где возникает необходимость создания пучка света с заданными параметрами [1, 2]. К таким приборам можно отнести как жидкокристаллические (ЖК) дисплеи, так и различные проекционные системы. В отличие от матовой плёнки, диффузоры позволяют управлять параметрами рассеяния света, что используется для увеличения эффективности излучения светодиодов, полупроводниковых лазеров и других источников. Поскольку ЖК-дисплеи не могут самостоятельно излучать свет, то для создания видимого изображения требуется использование задней подсветки, которая преобразуется из точечного или линейного источника света с помощью модуля задней подсветки.

С другой стороны, оптические рассеиватели могут быть использованы для преобразования интенсивности светового луча в заданный шаблон [2, 3]. В зависимости от используемого метода рассеивания оптические рассеиватели подразделяются на объемные и рельефные.

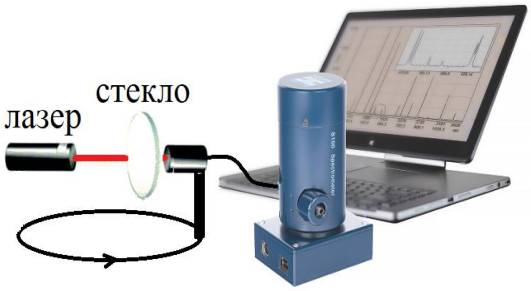
Материалы и методы исследования

Массивы дефектов формировали в оптическом стекле марки К8 размером 80x80x10 мм. Лазерную обработку проводили с помощью лазерной системы Nd:YAG, λ=1064 и $W_{имп}$=10-20 мДж. Интенсивность лазерного излучения контролировалась с помощью Thorlabs PM100USB. В работе изучались массивы,

приведённые на рис. 1а и содержащие от 1 до 6 слоёв дефектов. Первый слой массива дефектов формировался в 2 мм от нижнего края стекла. Дефекты в плоскости слоя находятся в центрах равносторонних треугольников на расстоянии 675 мкм. Они были созданы с разными энергиями накачки (8, 8.3, 8.6) Дж что соответствует энергиям генерации (16.6, 19.5, 12.2) мДж. Расстояние между соседними слоями дефектов задавалось таким образом, чтобы расстояние между центрами дефектов составляло не менее1мм.



(а)



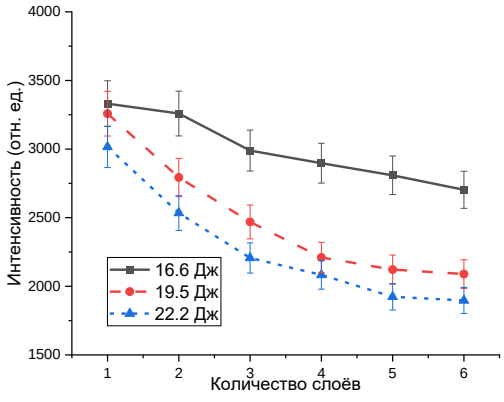
(б)

Рис. 1. а – массивы микродефектов, сформированных с разными энергиями накачки (8, 8.3, 8.6 Дж) и количеством слоёв (1-3 слоя); б – схема измерительной установки интенсивности пропускания с угловым разрешением, используемой для измерения рассеяния на дефектах

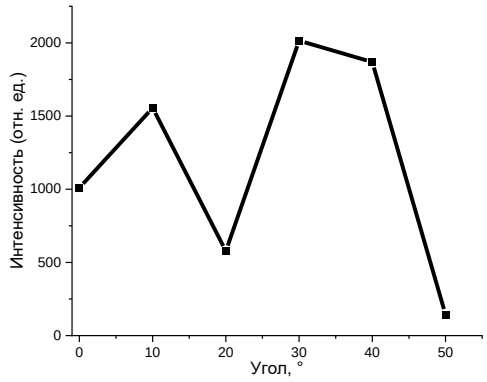
Измерения интенсивности пропускания и отражения измерены с помощью измерительного стенда. Принципиальная схема измерения приведена на рис. 1б. На столе размещены лазер с длиной волны λ~ 680 нм, мощностью 0.6 мДж и неподвижный предметный столик с закреплённым образцом, а также подвижный световод спектрофотометра S100.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 изображены зависимости интенсивности проходящего излучения от количества слоёв в массиве дефектов и угла падения излучения на дефект. На одном слое происходит снижение до 20% интенсивности.



(а)



(б)

Рис. 2. Зависимость интенсивности проходящего излучения: а – от количества слоёв с дефектами; б – от угла прохождения в одном дефекте.

При увеличении количества слоёв дефектов интенсивность проходящего излучения снижается в 2 раза. При этом в многослойной системе наблюдается хорошая равномерность (разница не более 5%), поскольку слои формировались строго друг над другом, таким образом, чтобы между областями пробоя оставались промежутки без точек рассеяния. Из зависимости интенсивности (рис. 2а) следует, что варьирование энергией лазерных импульсов приводит к изменению рассеяния излучения. Увеличение энергии приводит к изменению структурных характеристик массивов дефектов, а именно к увеличению размера дефектов от 0.2 до

0.3 мм по осям x, y, а также от 0.4 до 0.6 мм по оси z. Увеличение плотности записи дефектов приводит к снижению интенсивности пропускания (от 4200 отн.ед при 20% заполнения до 3120 отн ед. при 30%), а также к изменению равномерности рассеяния по площади массива (снижение разницы интенсивности пропускания излучения до 5%).

С помощью измерительной системы были проведены измерения рассеяния в зависимости от стороны, с которой излучение попадает на дефект. Для этого в стеклянном цилиндре был сформирован дефект. Результаты измерения коррелируют с литературными [4]. В исследовании [4] показано, что геометрия раасеивающей точки оказывает определяющее влияние на оптические характеристики системы. Стоит отметить, что влияние геометрии дефекта на равномерность рассеяния все ещё недостаточно изучено.

Заключение

Сформированы многослойные массивы лазерных дефектов в оптическом стекле с различными размерами областей микропробоя внутри слоя в диапазоне от 0.2 до 0.3 мм по осям x, y, а также от 0.4 до 0.6 мм по оси z. Показано влияние условий лазерной обработки на пропускание света. Характеристики сформированных диффузоров зависят от структурных характеристик массивов. Варьирование плотностью массива дефектов и количеством слоёв позволяет прецизионно управлять интенсивностью пропускания и рассеяния излучения, а также повысить однородность рассеяния.

Исследования выполнены в рамках задания 1.16 ГПНИ «Фотоника и электроника для инноваций» на 2021-2025 гг., подпрограмма «Фотоника и ее применение», № ГР 20212701.

Библиографические ссылки

1. Hu J., Zhou Y., Sheng X. Optical diffusers with enhanced properties based on novel polysiloxane CeO_2 PMMA fillers. *J. Mater. Chem. C* 2015; 3(10): 2223-2230.
2. Huang T.C., et al. Fast fabrication of integrated surface-relief and particle-diffusing plastic diffuser by use of a hybrid extrusion roller embossing process. *Opt. Express*, 2008; 16(1): 440-447.
3. Singh A. K., et al., Exploiting scattering media for exploring 3D objects. *Light: Sci. Appl.*, 2017; (6): e16219.
4. Alqurashi T., Alhosani A., Dauleh M., Yetisen A.K., Butt H. Laser inscription of pseudorandom structures for microphotonic diffuser applications. *Nanoscale* 2018; 10: 7095-7107.