

ФОРМИРОВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ЛАЗЕРНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОБЛАСТЕЙ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Е.В. Вишневецкая, О.О. Людчик, Ю.О. Людчик, В.Н. Михей

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: lyudchik@bsu.by

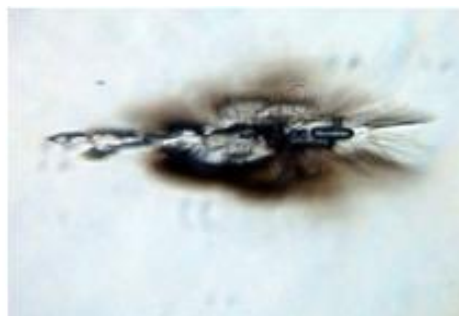
В последние 5 лет появились первые публикации, посвященные разработке лазерных методов записи информации внутри прозрачных материалов, которые потенциально обладают достаточно высокой плотностью записи [1]. В известных источниках предлагаются методы, основанные на изменении поляризации света, проходящего через массивы микропробоев. Для считывания информации, записанной таким способом, требуется специализированное высокоточное оборудование.

В настоящей работе продолжено изучение метода записи информации внутри прозрачных материалов с использованием явления лазерного пробоя и прецизионной лазерной обработки, для считывания которой можно использовать простейшее оптическое оборудование [2, 3].

После детального изучения явления лазерного пробоя нами было установлено, что микродефект имеет несимметричную структуру, представляющую собой протяженный объект сложной формы, близкой к эллипсоиду, с системой микротрещин. Внешний вид типичного микродефекта, сфотографированного в двух взаимно перпендикулярных направлениях, приведен на рис. 1, а, б.



а)



б)

Рис. 1. а) – вид микродефекта сверху, б) – вид микродефекта сбоку

В экспериментах для формирования микродефектов внутри стекла была использована установка ELS-02М, позволяющая создавать различные по размеру области микропробоя в зависимости от энергии лазерного импульса. Пространственная несимметричность лазерного пробоя, а также возможность управлять его размером легли в основу записи информации.

В работе реализованы и проанализированы два способа записи и кодирования информации, а также разработан алгоритм ее считывания.

Первый основан на ориентации области микропробоя. Поворот микродефекта позволяет получить три различных устойчивых состояния. Вертикально расположенному дефекту можно присвоить состояние «1», горизонтально расположенному – состояние «2», а дефекту, сформированному перпендикулярно первым двум – состояние «3»

Таким образом, информация записывается в закодированном виде (числа 1, 2, 3) в зависимости от местоположения и ориентации областей лазерного пробоя внутри стекла.

Второй способ записи основан на различии в размерах микродефектов при их одинаковой ориентации. Для трех энергий лазерного импульса формируются устойчивые области пробоя, заметно различающиеся по размеру. Дефектам, расположенным в порядке возрастания размеров, присваиваются состояния «1», «2» и «3», соответственно.

Таким образом, в первом и втором методе каждой заданной области внутри прозрачного материала, содержащей микродефект, может быть присвоено три различных состояния.

Учитывая малый размер микродефектов, алгоритм считывания основывается на послышной регистрации массивов дефектов, наблюдаемых в оптический микроскоп с необходимым разрешением.

Далее проводится процедура автоматического присвоения заданным областям пространства одного из трех вышеописанных состояний. На основе полученных результатов выстраивается многомерная матрица закодированной информации в системе от «1» до «3».

Для последовательного считывания информации и перевода ее в цифровой код было разработано приложение, позволяющее преобразовывать графическую информацию, полученную путем регистрации микродефектов в соответствующую матрицу состояний. Программа включает в себя два основных блока. Вначале программа обрабатывает первичные изображения микродефектов и преобразует их в бинаризованные изображения. Второй блок осуществляет преобразование полученного бинаризованного изображения микродефектов в цифровой код на основе распознавания областей микропробоев нейронной сетью.

Разработанная система записи и считывания информации успешно апробирована на тестовых образцах стекла с массивами микропробоев.

1. Zhang J., Gecevičius M., Beresna M. // Phys. Rev. Lett. 2014. № 112.
2. Делоне Н.Б.. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: Наука, 1989.
3. Вишневская Е.В., Людчик О.О., Людчик Ю.О., Михай В.Н. // Квантовая электроника: Матер. 10-й Междунар. конф. Мн.:БГУ, 2015. С. 121.