

Физико-технологические методы создания массивов лазерных пробоев в прозрачном материале для записи и хранения информации

О. Р. Людчик, И. Г. Лопато, В. Н. Михей

Белорусский государственный университет, Минск; e-mail: lopato.ignat@gmail.com

Используемые на данный момент технологии записи, хранения и считывания информации обеспечивают огромные плотности и скорости считывания информации. Однако, эти технологии обладают малой долговечностью и устойчивостью к воздействиям внешней среды. Более того, стоит вопрос о защите информации от несанкционированной перезаписи, что усугубляется тем, что наиболее распространенные технологии записи, хранения и считывания информации не поддерживают однократную запись. Поскольку кварцевое стекло является относительно устойчивым к тепловому и радиационному воздействиям и практически невосприимчиво к электромагнитным полям, целесообразно изучить возможность создания технологий записи, хранения и считывания информации на основе массивов лазерных пробоев в стекле, которые не имеют вышеуказанных недостатков..

Ключевые слова: лазер, лазерный пробой, стекло, обработка изображений

Введение

Настоящая работа является частью более масштабной работы по изучению возможности использования массивов лазерных пробоев в стекле как высокоустойчивых носителей информации. В ходе этой работы в дальнейшем планируется поиск метода создания области пробоя с максимальным количеством возможных состояний; тестирование лазерных пробоев в стекле как носителей информации; тестирование устойчивости лазерных пробоев в стекле в экстремальных условиях. Целью настоящей работы является подтверждение принципиальной возможности использования массивов лазерных пробоев в стекле как носителей информации.

Формирование лазерных пробоев в прозрачном материале

Внутри образцов технического стекла были созданы шесть массивов лазерных пробоев. Для формирования массивов использовалась лазерная система с Nd:YAG лазером, работающим в режиме модулированной добротности на второй гармонике, и трехкоординатным столом с программным управлением. Массивы состоят из пяти слоев областей микропробоев на расстоянии 1,5 мм друг от друга вглубь образца, и каждый слой представляет собой квадрат из 400 дефектов, где дефекты расположены на расстоянии не менее 0,5 мм друг от друга во избежание разрушения стеклянного образца. В эксперименте использовались лазерные импульсы линейно поляризованного излучения с длиной волны 532 нм, длительностью 15 нс и энергией от 1 до 10 мДж, которые фокусировались на нужной глубине внутри стекла с помощью линзы с фокусным расстоянием 90 мм. Половина массивов была создана со всеми слоями, расположенными строго друг над другом, чтобы дефекты в слоях перекрывались при наблюдении сверху; во второй половине массивов слои были смещены относительно друг друга таким образом, чтобы дефекты от разных слоев не перекрывались при наблюдении сверху. Каждый из пяти слоев во всех массивах формировался при различных энергиях лазерных импульсов.

С помощью микроскопа Nikon Eclipse LV150N и веб-камеры с разрешением 2048*1536 px для каждого слоя каждого массива были получены фотографии (масштаб 0,29 мкм² на пиксель, получен с помощью микрометра) дефектов. Пример изображения микропробоев в одном из слоев массива приведен на рис. 1.



Рис. 1. – Пример фотографии областей пробоя в четвертом слое шестого массива.

Затем эти фотографии были обработаны разработанным для этой цели программным приложением для распознавания дефектов и измерения их размера. Благодаря короткофокусному объективу микроскопа, с помощью которого были получены фотографии областей пробоя, а также малому размеру микропробоя в сравнении с расстояниями между слоями, изображения каждого слоя наблюдались достаточно четкими даже в случае, когда слои дефектов располагались строго друг над другом. В результате, программное приложение смогло распознавать дефекты во всех слоях всех массивов без помех и безошибочно идентифицировать области пробоя в трех различных независимых состояниях, вне зависимости от местоположения дефектов внутри прозрачного материала.

Заключение

В данной работе были сформированы массивы лазерных дефектов в прозрачном материале; получены их изображения, включая случаи, когда дефекты в массиве взаимно перекрывались; создано программное приложение, распознающее лазерные дефекты в изображении, позволяющее измерить их размеры и идентифицировать по различным состояниям. Полученные результаты могут быть использованы в задачах записи информации внутри оптически прозрачных материалов.

Physical and technological methods of creation of laser-induced breakdown in transparent material for the purpose of recording and storage of information

O.R. Lyudchik, I. G. Lopato, V.N. Mikhey

Belarusian State University, Minsk; e-mail: lopato.ignat@gmail.com

Contemporary information recording, storage and reading technologies ensure great storage density and reading speeds. However, these technologies suffer from low longevity and vulnerability to external influences. Moreover, there exists the problem of protecting information from unsanctioned editing, made worse by the fact that most popular information storage technologies at the moment do not support write-once-read-many. Since quartz glass is relatively resistant to heat and radiation, and is practically unsusceptible to electromagnetic fields, it is sensible to study the possibility of creating information recording, storage and reading technologies based on arrays of laser-induced breakdowns in glass that lack aforementioned flaws.

Keywords: laser, laser-induced breakdown, glass, image processing.