

УДК 544.558, 537.533.75

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТЕКЛА ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ МИКРОПЛАЗМОЙ.

Киян А.И. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н ФЛФО Сергеев М.М.  
(Университет ИТМО)

Обработка стекла лазерно-индуцированной микроплазмой демонстрирует перспективные применения в создании микрооптических элементов. Однако, в данной технологии существует множество факторов, препятствующих воспроизводимости результатов обработки. В данной работе исследовано влияние воздушного зазора между мишенью и образцом при обработке стекла лазерно-индуцированной микроплазмой, что позволит повысить производительность и разрешающую способность технологии.

**Введение.** Микрооптика представляет собой большую дисциплину с множеством функций, не встречающихся в классической оптике. Изменение рельефа поверхности и ее формирование актуально для создания различных микрооптических элементов, например, сферические микролинзы, дифракционные оптические элементы и другие. Особое внимание уделяется лазерным методам структурирования поверхности стекла. Для создания микроструктур применяют различные технологии: фотолитография, химическое травление и глубокое плазменное травление, прямая лазерная обработка. Данные методы основаны на трудоемких и дорогих технологиях. Напротив, группа не прямых лазерных технологий, т.к. лазерно-индуцированная плазменная абляция (LIPAA), лазерно-индуцированное сухое травление (LIBDE), лазерно-индуцированная микроплазма (LIMP), направлены на обработку стекла с использованием промышленных лазерных комплексов и меньшую себестоимость изготавливаемой продукции. Эти технологии имеют много общего, например, реализация достигается, когда стеклянная пластина находится в контакте с мишенью, которая сильно поглощает лазерное излучение, вызывая возникновение плазменного факела. Плазменный факел в первый момент времени представляет собой сжатую парогазовую фазу испаренного материала мишени, состоящую частично из ионов, возбужденных молекул и электронного газа. Плазменный факел обладает высокими температурой (до 10 000 – 15 000 К) и давлением расширения (1 ГПа) и, достигнув тыльной поверхности стекла, осуществляет его эффективное травление.

Основной вопрос в структурировании оптических материалов лазерной-индуцированной микроплазмой состоит в воспроизводимости получаемых результатов: глубины, геометрии и шероховатости окончательной структуры. Были проведены исследования влияния воздушного зазора и положения фокальной плоскости для повышения качества метода LIMP с использованием короткофокусных объективов. Для удешевления технологии LIMP применяют коммерчески доступные f-theta объективы. Данный тип объективов разработаны специально для повышения точности лазерных сканирующих систем. В представленной работе исследовано влияние воздушного зазора между мишенью и образцом при обработке стекла методом LIMP с применением f-theta объектива.

**Основная часть.** В эксперименте пластина предметного стекла марки К8 толщиной 1,0 мм и шероховатостью поверхности 50 нм была подвергнута обработке ЛИМП. В качестве мишени использовалась полированная графитовая пластина с шероховатостью ~ 150 нм. Лазерный источник обеспечивает максимальную среднюю мощность  $P_0 = 20$  Вт с качеством луча  $M_2 = 1,99$ . В исследовании было использовано два f-theta объектива с полями обработки 50x50 мм и 100x100 мм и диаметрами пучка в фокусе 25 и 50 мкм, соответственно. Влияние толщины воздушного зазора проводилось с помощью воздушного клина, формируемого между тыльной поверхностью стекла и поверхностью мишени. Зная длину клина и его высоту у

основания, можно рассчитать изменение ширины зазора на всем протяжении клина. После обработки продукты разрушения мишени удалялись с поверхности стекла с помощью влажной лазерной очистки. Геометрию, шероховатость и морфологию треков измеряли контактной профилометрией (Hommel Tester T8000) с погрешностью измерения  $\pm 10$  нм. Оптический микроскоп (Carl Zeiss Axio Imager A1) применяли для измерения линейных размеров обрабатываемых областей.

**Выводы.** Полученные результаты могут быть использованы для улучшения качества обработки поверхности стекол лазерно-индуцированной микроплазмой и воспроизводимости получаемых результатов.

Киян А.И. (автор)

Подпись

Сергеев М.М. (научный руководитель)

Подпись