

УДК 537.312.51:544.537

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИИ МИШЕНИ НА РЕЗУЛЬТАТ ОБРАБОТКИ СТЕКЛА ЛАЗЕРНО ИНДУЦИРОВАННОЙ МИКРОПЛАЗМОЙ

Болошко А.А. (Университет ИТМО)

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

В данной работе было выполнено исследование влияния морфологии поверхности графита на шероховатость обработанной лазерно-индуцированной микроплазмой поверхности стекла. Полученные результаты были использованы для повышения качества и разрешающей способности лазерно-индуцированного метода обработки.

Введение. Методы лазерно-плазменной обработки актуальны для изготовления микрооптических элементов с модификацией микрорельефа поверхности стекла, они выигрывают в контексте низкой стоимости и практической значимости. С точки зрения практического применения эти методы легко интегрируются в технологический процесс, например, с использованием волоконных лазеров, а также не требуют специфического лазерного оборудования для реализации. Существенной проблемой таких методов является качество обработки поверхности и разрешающая способность, для повышения которых необходимо учитывать много факторов. Так, в отличие от прямой лазерной обработки в лазерно-плазменном методе обработка материала происходит не лазерным пучком, а плазменным факелом, из-за чего качество структуры на поверхности стекла зависит еще и от характеристик плазменного факела. При создании регулируемого рельефа (упорядоченного, разупорядоченного) на поверхности стекла, в том числе создание микрооптических элементов, возникает вопрос влияния шероховатости мишени и стекла на качество формируемого рельефа. В настоящее время, для повышения качества получаемых элементов производится исправление шероховатости полученных поверхностей с использованием дополнительных методов, таких как сглаживание CO_2 излучением или отжигом в печи. Подобные методы требуют отдельного оборудования и часто затратные по времени, поэтому существует потребность в модернизации лазерно-индуцированных методов.

Основная часть. На данный момент изменение режима лазерного воздействия приводит только к изменению глубины формируемого рельефа из-за изменения энергии плазменного факела, а качество рельефа задается перекрытием лазерных импульсов. В тоже время, на микрошероховатость обрабатываемой поверхности может влиять величина зазора между стеклом и графитом, а также микрошероховатость самого графита. Эти условия оказывают влияние на зарождение и развитие плазменного факела, соответственно, на его объем и температуру в зоне лазерного воздействия. Это, в свою очередь, оказывает влияние на обработку стекла. Перегрев стекла, а также абляция его частично ионизированной плазмой, в некоторых случаях приводит к терморасширению или разрушению стекла и формированию микро- и нанотрещин. Для изучения влияния данных факторов на шероховатость поверхности были проведены следующие эксперименты. Первый эксперимент представлял из себя формирование карты режимов с различной шероховатостью поверхности мишени с последующей записью ЛИМП поверх нее такой же карты на образце. Второй эксперимент заключался в одновременной записи карты шероховатости на мишени и образце в условиях ограничения распространения плазменного факела, когда образец и мишень находились в плотном контакте. Последний эксперимент представлял из себя обработку поверхности стекла ЛИМП в условиях плотного контакта на нескольких мишенях, отличающихся своей шероховатостью. Измерения морфологии поверхности образца и графита проводились на оптическом микроскопе Zeiss Axio Imager, профилометре контактного типа Hommel Tester и оптическом профилометре Zygo ZeScope.

Выводы. По результатам экспериментов были составлены зависимости влияния зазора и шероховатости мишени на микрошероховатость поверхности образца, получены зависимости для арифметического среднего отклонения от оцениваемого профиля (R_a), среднеквадратичного отклонения профиля шероховатости (R_q) и максимальной высоты профиля от пика до впадины (R_z). Так, с количеством проходов по ячейке в мишени её R_q изменяется с изначального значения в 4 мкм до 12 мкм на 15 проходе. Глубина ячейки в мишени с увеличением проходов линейно растет до 700 мкм, при этом глубина ячейки в стекле уменьшается сначала линейно, примерно до 4 проходов или же до 200 мкм глубины ячейки в мишени, а затем начинает колебаться вокруг значения 200 ± 50 нм. Параметры шероховатости R_a , R_q , R_z ячеек в стекле линейно уменьшались со значений $R_a = 56$ нм, $R_q = 71$ нм, $R_z = 40$ при одиночном проходе в мишени, до базовых значений шероховатости стекла на 15 проходе ($R_a = 54$ нм, $R_q = 66$ нм, $R_z = 35$). Полученные результаты потенциально можно применять для записи дифракционных элементов с улучшенной микрошероховатостью поверхности.

Болошко А.А. (автор)

Подпись

Сергеев М.М. (научный руководитель)

Подпись