

УДК 537.312.51:544.537

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА НА ВРЕМЯ ЖИЗНИ ПЛАЗМЕННОГО ФАКЕЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛАВЛЕННОГО КВАРЦА МИКРОПЛАЗМОЙ

Рымкевич В. С. (Университет ИТМО),

Болошко А.А. (Университет ИТМО),

Научный руководитель – к.т.н, Сергеев М.М.

(Университет ИТМО)

Аннотация

В данной работе было исследовано влияние длительности лазерных импульсов в фемто- и нанодиапазоне на время жизни плазменного факела, формируемого в процессе лазерно-индуцированной обработки стекла микроплазмой. Полученные результаты позволяют определить предел длительности импульса, при котором обработка лазерно-индуцированной микроплазмой переходит в прямую лазерную запись.

Введение. Обработка стекол на основе лазерно-индуцированных технологий, таких как сухое лазерно-индуцированное травление тыльной поверхности (LIBDE), лазерно-индуцированное травление плазмой (LIPAA) и микроплазмой актуальны благодаря простоте реализации и широкому выбору лазерных источников. Длительность импульса лазерных источников, используемых в приведенных методах, варьируются от фемтосекундного до миллисекундного диапазона. Согласно численному моделированию в работе по LIPAA, с увеличением длительности импульса в миллисекундном диапазоне происходит увеличение размера каналов на поверхности стекла, формируемых плазменным факелом, в связи закачкой большей энергии в плазменный факел и увеличения его времени жизни. В настоящей работе, рассматривался метод лазерно-индуцированной обработки микроплазмой (LIMP). В методе LIMP графитовая мишень и образец не имеют зазора между друг другом, что отличает его от часто рассматриваемого в научной литературе метода LIPAA. В LIMP исторически используется длительность импульса в 50 нс, однако научного обоснования данному решению в известной литературе не приводится. Таким образом, исследование влияния длительности импульса на время жизни плазменного факела представляет научный и практический интерес: определение предела длительности импульса, при котором обработка лазерно-индуцированной микроплазмой переходит в прямую лазерную запись.

Основная часть. В данной работе была поставлена цель определения времени жизни плазменного факела, формируемого на границе раздела мишень-образец лазерно-индуцированной микроплазмой в диапазоне от нано- до фемтосекунд. В процессе записи ЛИМП от фемтосекундных импульсов максимальная плотность энергии была подобрана таким образом, чтобы исключить прямую лазерную запись. В наносекундном диапазоне плотность энергии была постоянна в 0.89 Дж/см^2 , а в фемтодиапазоне изменялась от 1.96 Дж/см^2 до 3.33 Дж/см^2 . В эксперименте треки записывались при частоте следования импульсов 40 кГц и скорости линейного перемещения образца и мишени 20 мм/с. Излучение от плазменного факела в зоне обработке, заводилось через волокно, направленное максимально перпендикулярно к границе раздела, в фотоумножитель. Сигнал от фотоумножителя, представляющий собой относительную интенсивность излучения от плазменного факела, передавался в осциллограф. Интенсивность плазменного факела регистрировалась для каждого импульса лазерного излучения, а затем усреднялась. Одновременно с этим регистрировался сигнал лазерного излучения. Время жизни плазмы и длительность лазерного импульса находились путем аппроксимации графиков интенсивности соответствующих излучений гауссовой функцией с последующим расчетом их полуширины. Время задержки между лазерным импульсом и плазмообразованием было найдено нахождением разницы между наименьшими координатами абсцисс на полувысоте гауссовых функций.

Выводы. Экспериментально была выявлена линейная зависимость предельной плотности энергии плазмообразования от длительности импульса в диапазоне от 220 фс до 3 пс. В наносекундном диапазоне, время жизни плазмы имеет два разных поведения (до и после 30 нс). Данные, расположенные на отрезке до 30 нс хорошо аппроксимируются коренной зависимостью, а после – имеют степенной вид. Подобное поведение может служить свидетельством того, что что плазменный факел подпитывается оставшейся частью лазерного импульса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта НИРМА ФТ МФ

Рымкевич В.С. (автор)

Подпись

Сергеев М.М. (научный руководитель)

Подпись