

Тезисы к статье «Получение микроканалов в стекле для микрофлюидных чипов с помощью фемтосекундной лазерной абляции»

В статье рассмотрена актуальная задача разработки эффективных методов изготовления микрофлюидных чипов из силикатного стекла, которые обладают высокой химической стойкостью и оптической прозрачностью, что делает их предпочтительными для работы с агрессивными средами по сравнению с полимерными аналогами. Показано, что традиционные методы обработки стекла (химическое травление, механическое фрезерование) имеют ограничения по точности, трудоёмкости или требуют использования сложных литографических процессов, поэтому перспективной альтернативой является фемтосекундная лазерная абляция.

Экспериментальные исследования проводились на установке на основе фемтосекундного импульсного генератора с длиной волны 1035 нм, длительностью импульса 270 фс и частотой повторения 60 кГц на образцах предметных силикатных стекол размером 1×25×75 мм. В ходе работы варьировались средняя мощность лазера (от 1,5 до 10 Вт), скорость сканирования (1000 мм/с) и количество проходов лазера по материалу, а геометрия полученных микроканалов оценивалась с помощью металлографического микроскопа Olympus GX51.

Экспериментально определено пороговое значение плотности энергии, необходимое для инициации нелинейной абляции силикатного стекла, и установлено, что диаметр зоны абляции подчиняется логарифмической зависимости от отношения текущей плотности энергии к пороговой.

Показано, что с увеличением плотности энергии глубина микроканалов возрастает нелинейно и после достижения некоторого критического значения выходит на насыщение, что объясняется эффектами экранирования лазерного излучения продуктами абляции и перераспределением энергии в зоне обработки.

Обнаружено, что увеличение количества проходов лазера приводит к снижению эффективного порога абляции, что позволяет формировать более глубокие каналы при меньшей плотности энергии за счёт накопления повреждений материала и изменения его оптических свойств. Дополнительно отмечено, что бесконтактный характер обработки исключает возникновение механических напряжений в стекле, а точность формирования каналов достигает ± 5 мкм, что сопоставимо с результатами, получаемыми методами литографии.

На основе полученных результатов предложены рекомендации по выбору оптимальных параметров лазерной обработки для создания микрофлюидных каналов с контролируемой геометрией: для достижения максимальной глубины при минимизации ширины зоны термического влияния целесообразно использовать многопроходное сканирование с плотностью энергии, близкой к порогу насыщения.

В выводах подчёркивается, что фемтосекундная лазерная абляция является высококонтролируемым, гибким и экологически чистым методом, пригодным для быстрого прототипирования сложных микрофлюидных устройств на стекле, а также для серийного изготовления при условии должной автоматизации процесса.

Полученные в работе количественные зависимости могут быть использованы при проектировании микрофлюидных чипов для биологических и химических анализов, систем капельной микрофлюидики и лабораторий на чипе.