

УДК 53.06

## ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОФЛЮИДНЫХ ТОПОЛОГИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Лавриненко В.В. (ЛЭТИ), Васильева А.В. (ЛЭТИ)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Парфенов В.А.  
(ЛЭТИ)

**Введение.** Такие устройства как «Лаборатория на чипе» (Lab on Chip) используются учеными-биохимиками, фармакологами, клиницистами и медиками для анализа биологических и химических жидкостей, для манипуляции разными группами клеток, для создания новых лекарственных препаратов и даже для имитации работы органов человека и животных [1,2]. В отдельную группу чипов можно выделить микрофлюидные устройства для контроля и анализа микропотоков различных жидкостей. Они могут быть изготовлены из широкого спектра материалов, таких как прозрачный силиконовый эластомер, фоторезист, стекло, кремний и различные металлы. В зависимости от используемого материала микрофлюидный рисунок может быть создан с помощью мягкой литографии, горячего тиснения, литья под давлением, струйной печати, механического фрезерования, лазерной микрообработки, травления или даже 3D-печати [3]. Создание микрофлюидного рисунка с помощью лазерной микрообработки имеет ряд особенностей и преимуществ по сравнению с другими методами, например, адаптивность к потребностям производства и экологичность, а использование металла в качестве материала шаблона уменьшает стоимость производства данных изделий.

Создание микроканалов на металлической поверхности с помощью лазерного излучения с длиной волны 1064 нм подробно описано в работе индийских ученых, где рассматриваемые изделия могут применяться в аэрокосмической и микроэлектронной промышленности [4]. Главной задачей этого исследования является получение геометрически точных микроканалов, имеющих низкие шероховатость и конусность, а также морфологию поверхности без микротрещин. В частности, данные параметры важны и для микрофлюидики, так как высокое значение шероховатости может заметно изменить свойства движения жидкости внутри чипа, вплоть до невозможности стабильного функционирования системы. Поэтому решение данной задачи дает новые возможности производства микрофлюидных чипов и других устройств с микроканалами.

**Основная часть.** В данной работе с помощью лазерной обработки металлической пластины решаются следующие задачи микрофлюидики:

- 1) Создание микроканалов с полукруглым профилем.
- 2) Создание сквозных отверстий с низкой конусностью.

Исследования проводились на металлической пластине из нержавеющей стали толщиной 2 мм. В ходе многоэтапного воздействия на неё волоконным иттербиевым лазером с длиной волны 1064 нм и длительностью импульса десятки-сотни наносекунд удалось выявить режимы обработки стали для создания экспериментальных канавок, представляющих собой элементы микрофлюидной системы. Также в ходе работы было обнаружено, что в процессе обработки на дне структур образовывалась оксидная плёнка, которая потенциально может оказать положительный эффект при уменьшении шероховатости стенок каналов за счёт заполнения неровностей слоем оксида. Подбором режимов лазерного воздействия удалось просверлить сквозное отверстие в металлической пластине, конусность которого около 0,05, что является важным практическим результатом.

**Выводы.** С помощью лазерной обработки излучением ИК-диапазона удалось получить на поверхности нержавеющей стали микроканалы с полукруглым профилем глубиной до 500 мкм и сквозные отверстия диаметром до 600 мкм.

Дальнейшим развитием проведенных исследований будет выполнение экспериментов со сканирующим зондовым микроскопом, которые позволят измерить профиль канавок и значение шероховатости обработанной поверхности, что даст возможность в дальнейшем оптимизировать режимы лазерного воздействия и геометрию каналов.

**Список использованных источников:**

1. Т. М. Зими́на, Ю. А. Гвозде́в, Т. В. Шириня́н. Лаборатории-на-чипе: современное состояние // Биотехносфера. 2014, вып. No 6(36). С. 41-66.
2. Халимова А.А., Коваленко А.В., Парамонов Г.В. «ОРГАНЫ-НА-ЧИПЕ»: ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ // Medical & pharmaceutical JOURNAL "PULSE". 2022, Vol.24. №5. P. 81-87.
3. K. L. Wlodarczyk, D. P. Hand, M. M. Maroto-Valer. Maskless, rapid manufacturing of glass microfluidic devices using a picosecond pulsed laser // Scientific Reports. 2019, No 9. P. 1-13.
4. A. K. Sahu, S. Jha. Microchannel fabrication and metallurgical characterization on titanium by nanosecond fiber laser micromilling // Materials and Manufacturing Processes. 2020, No 35. P. 279-290.