

Опыт применения фазоконтрастного видеомикроскопа для исследования качества отверстий и каналов ситалловых корпусов лазерных резонаторов

И. Ю. Цельмина

Раменский приборостроительный завод АО «РПЗ», г. Раменское, МО, Россия

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

В настоящей работе приведены результаты исследования внутренних полостей корпусов лазерных резонаторов с применением фазоконтрастного видеомикроскопа.

Ключевые слова: Фазоконтрастный видеомикроскоп, Ситалл, Лазерный резонатор

Цитирование: **Цельмина, И. Ю.** Опыт применения фазоконтрастного видеомикроскопа для исследования качества отверстий и каналов ситалловых корпусов лазерных резонаторов / И. Ю. Цельмина // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 257–261.

Введение

Базовым конструкционным элементом лазерного резонатора является корпус с системой каналов, заполненных активной средой – смесью изотопов He – Ne. Качество изготовления корпуса играет немаловажную роль для дальнейшей работы изделия в целом. Высокие требования предъявляются как к геометрии, форме и оптической чистоте поверхностей, так и к качеству материала. Оптимальный материал для изготовления корпусов – поликристаллический ситалл типа СО – 115М. Оценкой качества резонаторов является пороговый ток генерации, величина которого не должна превышать 0,3 мА.

Таким образом, процесс изготовления корпусов – это комплексное сочетание применяемых методов и средств измерений, инструментов, приспособлений, оборудования и вспомогательных материалов, а также категорий помещений и классификации специалистов, которое позволяет изготавливать изделия с требуемыми характеристиками. В случае изменения какого – либо фактора на этапе отработанного процесса возможно возникновение нежелательных изменений в характеристиках данного типа изделий, требующих исследования их влияния на дальнейшие параметры сборки и нахождения истинной причины возникновения этих изменений для их исключения.

Для получения заданных параметров, а также для отработки технологических процессов изготовления изделий необходимо применять интерференционные и микроскопические методы и соответствующие средства измерений.

1. Эксперимент

Были исследованы поверхности внутренних полостей корпусов резонаторов, изготовленных с применением двух различных алмазно-абразивных инструментов: гальваническим однослойным – тип 1 и, изготовленный методом вакуумного жидкостного спекания

металлизированных алмазных порошков – тип 2, с одинаковым режимом обработки. Так же исследовано влияние профиля поверхности, созданного каждым типом инструмента, на дальнейшую работу резонатора.

Исследования полученных поверхностей отверстий выполняли на заключительном этапе предварительной обработки резонатора, перед жидкостным травлением внутренних полостей с применением фазоконтрастного видеомикроскопа, с последующими химическим травлением, затем полировкой внешних прецизионных поверхностей. На образцах, обработанных инструментом типа 1, было обнаружено повреждение слоя материала вдоль стенок некоторых каналов и отверстий, представленных на рисунке 1. Исследуемое изделие устанавливалось на моторизованном предметном столике с перпендикулярным расположением осей отверстий к оптической оси средства измерения. Так как отверстия расположены в теле прозрачного объекта, то представленные на рисунках в настоящей работе изображения, рассматриваются через толщину прозрачного материала.

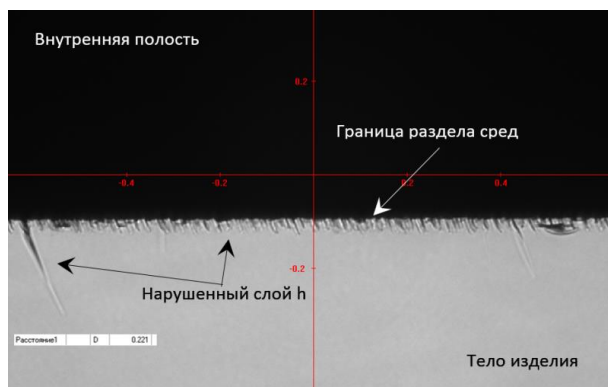
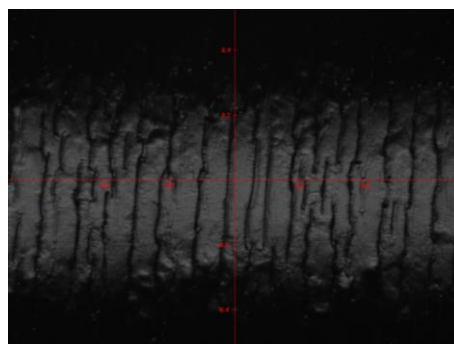
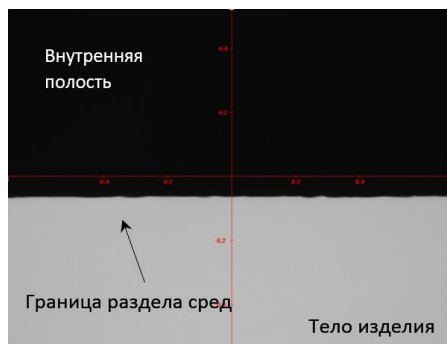


Рис. 1. Поврежденный слой материала вдоль стенок отверстий, с максимальной глубиной 0,221 мм., среднее значение по глубине, с исключением максимальных пиков, составляет 0,044 мм., увеличение 70*

Для дальнейшего исследования корпуса резонаторов отправили на жидкостное травление с эффектом полирования. Затем выполнили повторное исследование на фазоконтрастном видеомикроскопе. Полученные результаты представлены на рисунке 2.



а) форма фрагмента границы раздела сред, 70* б) фронтальный вид фрагмента стенки отверстия, 185*

Рис. 2. Внешний вид фрагмента отверстий с дефектами после жидкостного травления с эффектом полирования

Из рисунка 2 а) видно, что в большинстве случаев максимальные глубинные дефекты устранены травлением. Однако, граница раздела сред представляет собой волнистую форму, а на фронтальном изображении 2 б) отверстия просматриваются оплавленные «рубцы» от внутренних микротрещин. По рисункам 1 и 2б) можно хорошо представить распределение повреждений в толще материала вдоль стенок отверстий. При этом, нужно заметить, что не на всех отверстиях, с применением инструмента типа 1 наблюдаются такие явления.

Для более наглядного представления различий формы поверхностей стенок отверстий, на рисунке 3 приведен пример фрагмента стенок отверстий до жидкостного травления без видимых дефектов (инструмент типа 2) и с аналогичными дефектами (инструмент типа 1), на одном и том же корпусе.

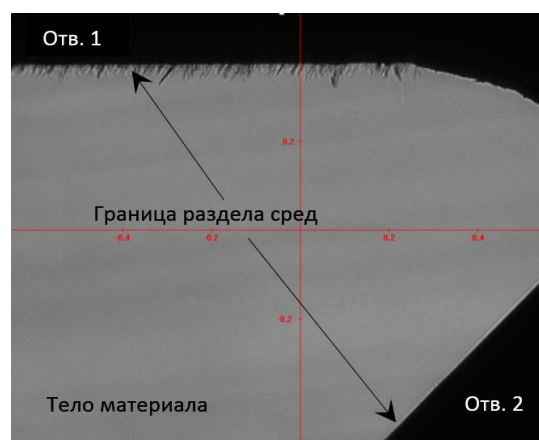
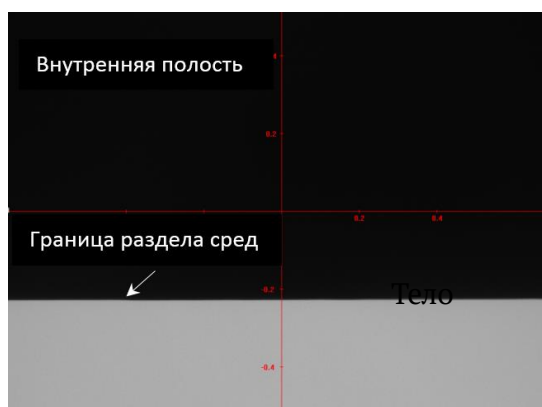
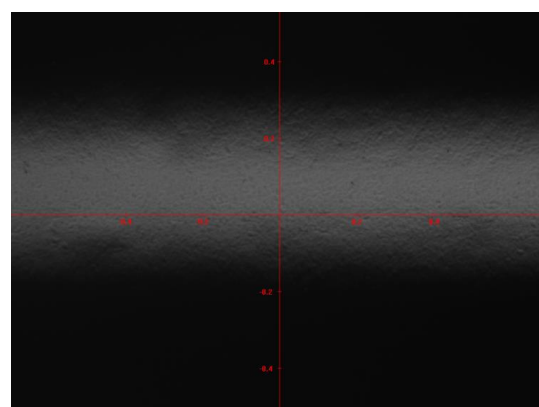


Рис. 3. Внешний вид фрагмента отверстий с дефектами и без перед жидкостным травлением, 70*. На образце также просматриваются свилевые потоки.

На рисунке 4 приведен пример фрагмента отверстий после жидкостного травления, на котором не обнаружены описанные выше дефекты перед травлением во время исследования на фазоконтрастном видеомикроскопе. Отверстия выполнены с применением инструмента типа 2.



а) фрагмент формы границы раздела сред, 70*



б) фронтальный вид фрагмента стенки отверстия, 185*

Рис. 4. Внешний вид фрагмента отверстий без обнаруженных дефектов после жидкостного травления

По изображениям на рисунке 4 хорошо видно, что граница раздела сред представляет собой ровную четкую линию 4 а), а на фронтальном изображении 4 б) поверхность гладкая, с отсутствием следов повреждения материала.

При дальнейшем исследовании поверхностей на панкратическом стереоскопическом микроскопе при увеличениях (15 – 25)* наблюдалось следующее:

- стенки отверстий, изготовленные с применением инструмента типа 1, не являются полностью прозрачными и также четко просматривается «рифление» поверхности. Однако, следов недотравов – наличие мата, не обнаружилось;

- стенки отверстий, изготовленные с применением инструмента типа 2, прозрачные и ровные.

Для сравнения внешний вид «ровных» и «рифленых» отверстий, представлен на рисунке 5. Изображение объекта выполнено на том же видеомикроскопе.

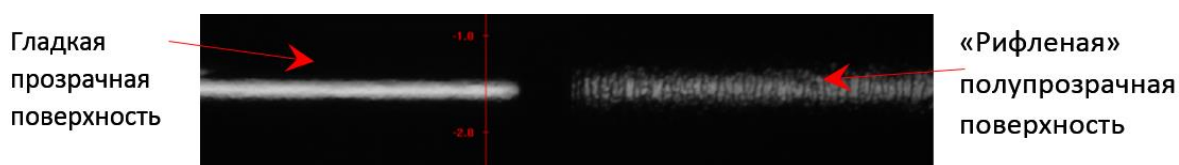


Рис. 5. Внешний вид стенок отверстий после жидкостного травления с применением инструментов типа 1 и типа 2, 70*.

Корпуса с наличием вышеописанных особенностей отправили на последующие этапы работ для дальнейших исследований, с целью определения влияния данного типа дефекта на работу изделия.

2. Результат

После выполнения сборки изделия и проведения циклов вакуумно – технологической отработки были произведены окончательные измерения порогового тока генерации резонаторов. Результаты по пороговым токам генерации на 10 исследуемых приборах с указанием применяемого типа инструмента при изготовлении отверстий и каналов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений

№ прибора	Пороговый ток генерации, мА	Тип инструмента	№ прибора	Пороговый ток генерации, мА	Тип инструмента
1	0,25	Тип 1/ тип 2	6	0,27	Тип 2
2	0,24	Тип 1/тип 2	7	0,22	Тип 2
3	0,25	Тип 1	8	0,2	Тип 2
4	0,25	Тип 1	9	0,22	Тип 1/ Тип 2
5	0,21	Тип 1	10	0,25	Тип 1/ Тип 2

Заключение

В настоящей работе представлено исследование поверхностей внутренних полостей лазерного резонатора, полученных двумя типами алмазно-абразивного инструмента, с применением фазоконтрастного видеомикроскопа. Также проведена работа с предоставлением полученных данных по исследованию влияния качества обработки поверхностей отверстий на работу лазерного резонатора в целом. Согласно полученным результатам можно сделать нижеперечисленные выводы:

- применение инструмента типа 1, в отличие от инструмента типа 2, приводит к образованию дефектов в приповерхностном слое материала, достигающих максимальной величины от 0,220 мм до 0,315 мм и может приводить к выкрашиванию материала во время обработки (см. рисунок 1);

- дефектный слой, сформированный инструментом типа 1, удаляется химическим травлением, с образованием волнообразного контура на границе сред и оплавлением «рубцов» (см. рисунок 2);

- полученный результат, с применением инструмента типа 1, усложняет проведение проверки внутренних полостей изделия из-за своей формы поверхности и отсутствия полной прозрачности. Однако, на качество химической очистки после оптической обработки поверхностей влияния не оказывает;

- также, исходя из результатов, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод, что на работу конкретного изделия, формируемый профиль поверхности внутренних полостей в представленном размерном соотношении влияния не оказывает.

- выбор типа инструмента может определяться соотношением цены, доступности и производительностью.

Experience in the use of a phase-contrast video microscope for studying the quality of holes and channels of sitall housings of laser resonators

I. Y. Tselmina^{1,2}

¹Ramenskoye instrument – Marking Plant of JSC «RPZ»

²Bauman Moscow State Technical University

This paper presents studies of the internal cavities of resonator housings using measuring instruments such as a phase-contrast video microscope, with the results of subsequent assembly of laser resonators.

Keywords: Phase-contrast video microscope, Sitall, Laser Resonator.