

Применение интерференционных приборов для измерения параметров подложек лазерных зеркал

И. Ю. Цельмина¹, Г. Н. Вишняков²

¹ АО «Раменский приборостроительный завод», Раменское, Россия

² ФГУП «Всероссийский научно исследовательский институт оптико-физических измерений»,
Москва, Россия

Основным элементом кольцевого лазера являются плоские и сферические зеркала. Коэффициент отражения и основные геометрические параметры зеркал на 70% зависят от качества подложек этих зеркал, которые чаще всего изготавливаются из кварца и ситалла. Основные требования, предъявляемые к подложкам, — это оптическая чистота, форма и шероховатость поверхности, радиус кривизны и децентровка сферической поверхности. Для достижения и контроля заданных параметров подложек при разработке технологических процессов их изготовления широко применяются различные интерференционные приборы. В настоящей работе обобщен опыт применения интерференционных приборов на производстве, приведены результаты измерений при отработке технологического процесса изготовления подложек зеркал с применением линейки таких интерференционных средств измерений, как интерферометр «белого света», интерференционный профилометр ПИК-30, интерференционный микроскоп.

Ключевые слова: лазерные зеркала, интерферометр, шероховатость, радиус кривизны.

Цитирование: **Цельмина, И. Ю.** Применение интерференционных приборов для измерения параметров подложек лазерных зеркал / И. Ю. Цельмина, Г. Н. Вишняков // НОЛОЕХРО 2021 : XVIII Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — С. 291–293.

Применение интерферометра фазового сдвига ПИК-30 [1, 3, 7–9] (производство ФГУП «ВНИИОФИ») позволило отработать технологию механической обработки сферической поверхности многодетальным методом. Благодаря измерениям и анализу полученных данных откорректированы режимы обработки, выполнен перерасчет оснащения, отработан этап блокирования деталей. В результате точность выполнения радиуса кривизны сферической поверхности в диапазоне от 2000 до 7000 мм составила ± 5 мм, причем не для одной детали, а для блока из 30 подложек. Процент годных деталей по радиусу кривизны вырос с 65% до 99%. Процент годных деталей по децентровке (отклонение центра сферической поверхности от оси диаметра детали) также вырос с 76% до 93%.

Применение лазерного конфокального микроскопа привело к разработке, отработке и внедрению технологии химической обработки для достижения необходимых требований по оптической чистоте поверхностей подложек. Выявлены этапы возникновения образований, представленных на рис. 1, на поверхностях сферических подложек зеркал, которые были своевременно исключены. В настоящее время на 100% поверхностей отсутствуют паразитные точки, вместо 50% до применения микроскопа. Изображения поверхностей до и после разработки технологии с применением микроскопа представлены на рис. 2.

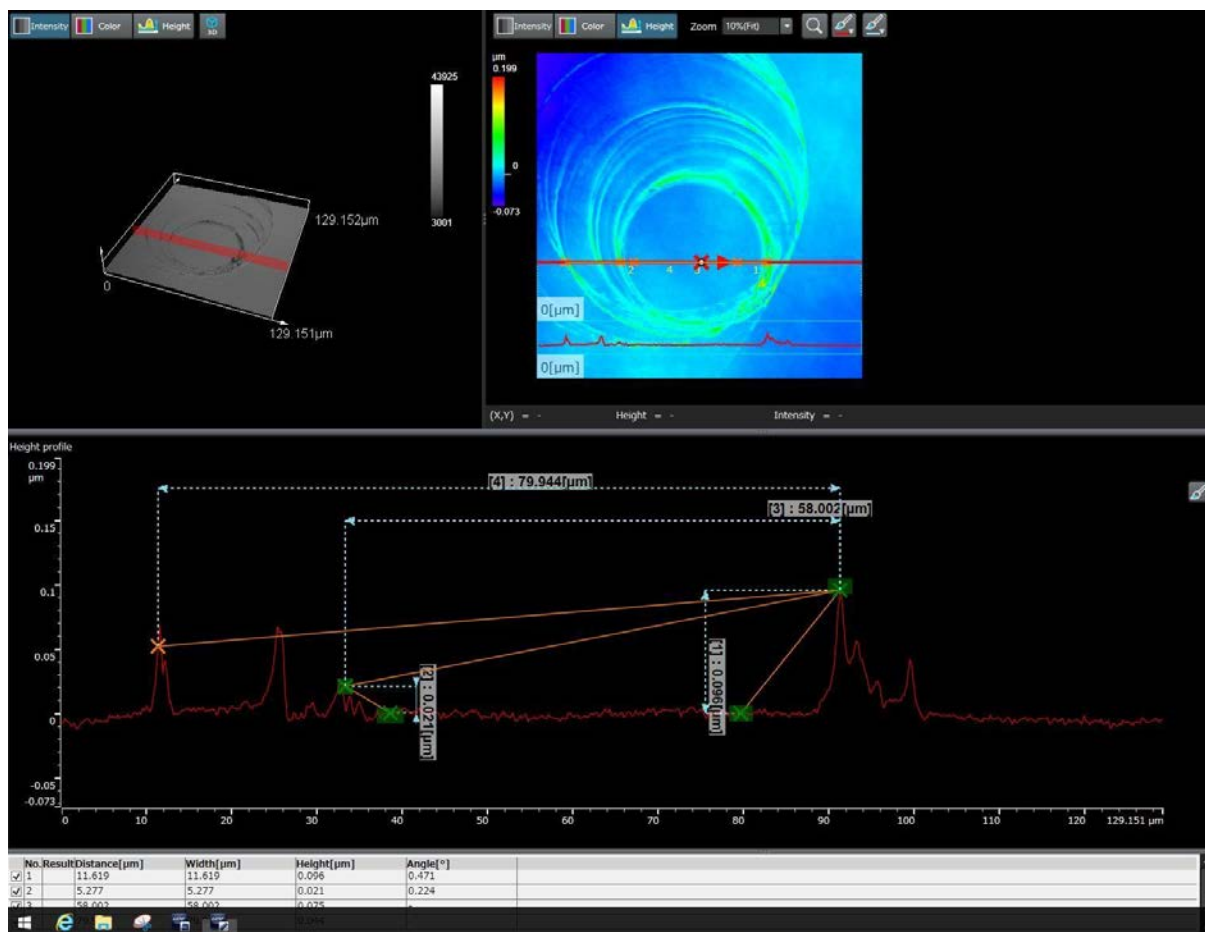


Рис. 1. Образования на поверхности подложки зеркала

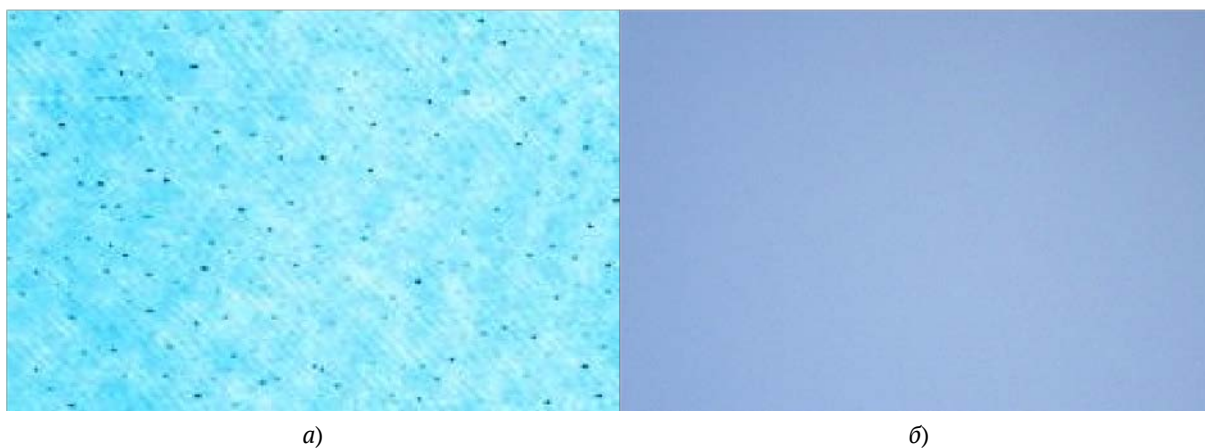


Рис. 2. Качество поверхности подложки до разработки технологии с применением микроскопа (а) и после (б). Увеличение $500\times$, размер кадра $5 \times 5 \text{ мм}^2$

Применение интерферометра «белого света» [2, 4–6, 10] для измерения параметров шероховатости подложек лазерных зеркал позволило достичь шероховатость поверхности сферической области подложки в диапазоне $0,7\text{--}0,4 \text{ \AA}$, вместо $1,5\text{--}0,7 \text{ \AA}$. Для достижения таких параметров данное исследование позволило подобрать необходимые материалы для механической обработки, последовательность их применения, отработать режимы обработки и откорректировать расчетные характеристики оснащения для используемого оборудования.

Заключение

Благодаря правильно подобранной линейке средств интерференционных измерений появилась возможность исследований и анализа полученных данных, которые затем использовались для отработки технологии химико-механической обработки деталей, что повлекло за собой выполнение всех требуемых характеристик изготавливаемых изделий.

Список источников

- [1] **Вишняков, Г. Н.** Автоматизированный интерферометр для контроля плоских и сферических полированных поверхностей / Г. Н. Вишняков, Г. Г. Левин, В. Л. Минаев, И. Ю. Цельмина // Оптический журнал. — 2013. — № 5. — С. 76–82.
- [2] **Вишняков, Г. Н.** Исследование качества оптической поверхности, обработанной полиуретанами оптическими / Г. Н. Вишняков, И. Ю. Цельмина // Оптический журнал. — 2012. — № 12. — С. 68–71.
- [3] **Вишняков, Г. Н.** Измерение радиуса кривизны и децентровки подложек лазерных зеркал на компьютерном интерференционном профилометре / Г. Н. Вишняков, И. Ю. Цельмина // Измерительная техника. — 2012. — № 8. — С. 37–39.
- [4] **Моисеев, Н. Н.** Измерение параметров шероховатости на интерференционном микроскопе / Н. Н. Моисеев, И. Ю. Цельмина // Метрология. — 2012. — № 5. — С. 19–21.
- [5] **Вишняков, Г. Н.** Интерференционная микроскопия субнанометрового разрешения по глубине. Численное моделирование / Г. Н. Вишняков, Г. Г. Левин, В. Л. Минаев, И. Ю. Цельмина // Оптика и спектроскопия. — 2013. — Том 115. — № 6. — С. 168–174.
- [6] **Вишняков, Г. Н.** Интерференционная микроскопия субнанометрового разрешения по глубине / Г. Н. Вишняков, Г. Г. Левин, В. Л. Минаев, И. Ю. Цельмина // Мир голографии. — 2013. — Том 1. — № 1. — С. 157–159.
- [7] **Вишняков, Г. Н.** Интерференционные измерения геометрических параметров подложек лазерных зеркал / Г. Н. Вишняков, И. Ю. Цельмина // Сборник докладов XVII конференции «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение». — М. : 2008. — С. 41–43.
- [8] **Вишняков, Г. Н.** Интерференционный метод контроля геометрических параметров подложек лазерных зеркал / Г. Н. Вишняков, А. Г. Ломакин, И. Ю. Цельмина // Сборник докладов V научно-практической конференции «Голография в России и за рубежом» (Санкт-Петербург). — М. : 2008. — С. 222–223.
- [9] **Вишняков, Г. Н.** Применение интерферометра «белого света» для измерения профиля и шероховатости поверхности оптических деталей / Г. Н. Вишняков, Э. Ю. Левина, И. Ю. Цельмина // Научно-практическая конференция «Голография в России и за рубежом. Наука и практика» (Москва). — М. : 2009. — С. 72.
- [10] **Вишняков, Г. Н.** Интерферометрия фазовых шагов с модуляцией длины волны лазерного диода / Г. Н. Вишняков, Г. Г. Левин, И. Ю. Цельмина // Научно-практическая конференция «Голография в России и за рубежом. Наука и практика» (Москва). — М. : 2011. — С. 205–206.