

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАЗОВОГО СДВИГА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Р.В. Минаев, Д.Б. Охрименко, И.Ю. Фандиенко
ООО «Электростекло», Москва, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

В ведущих странах мира оптические технологии и оптическое приборостроение начинают занимать все более значимое место, особенно в таких высокотехнологичных отраслях, как авиационно-космическая промышленность; атомный энергопромышленный комплекс; радиоэлектронная промышленность и др.

В этих направлениях возникают измерительные задачи, связанные с качественной и количественной оценкой геометрических параметров рельефа поверхностей изделий в микро- и нанометровом диапазоне, что ставит актуальную задачу метрологического обеспечения данного вида измерений.

1. ПОСТАНОВКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

В настоящее время получают распространение бесконтактные методы, базирующиеся на принципах лазерной интерферометрии высокого пространственного разрешения. Оптическая микроинтерферометрия, основанная на реконструкции фазы методом фазовых шагов, является одним из наиболее эффективных методов оценки параметров поверхностей изделий.

Для метрологического обеспечения измерений параметров поверхностей изделий перед специалистами ООО «Электростекло» была поставлена задача разработка методов и средств

интерферометрии высокого пространственного разрешения для измерений шероховатости поверхностей в микро- и нанометровом диапазоне с целью выпуска серийного изделия, обеспечивающего контроль параметров поверхностей оптических изделий в IV диапазоне пространственных частот (Пространственная частота неоднородностей искажений волнового фронта от 10 до 100 мм⁻¹. Пространственный масштаб неоднородностей искажений волнового фронта от 0,1 до 0,01 мм).

Необходимо было решить следующие научно-технические задачи:

- провести исследования применимости метода фазовых шагов в целях его адаптации для получения и обработки интерферограмм;
- разработать прибор, предназначенный для получения интерферограмм исследуемых объектов и последующей реконструкции поверхности;
- разработать специальное программно-математическое обеспечение обработки результатов измерений;
- провести комплексные метрологические исследования характеристик прибора;
- провести государственные испытания разработанного прибора с целью утверждения типа средства измерений (СИ) и ввести его в Федеральный информационный фонд.

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА

Микроскоп интерференционный реализован по схеме Линника, получение информации о микрорельефе осуществляется с помощью метода фазового сдвига. Для осуществления управления фазовым сдвигом и расшифровки интерферограмм разработано специальное программно-математическое обеспечение (СПМО).

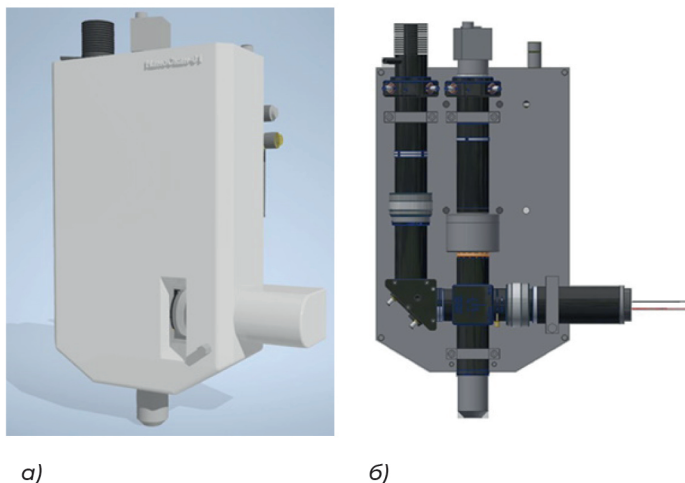


Рис. 1. Внешний вид микроскопа интерференционного «НаноСкан-01» с защитным кожухом (а) и без защитного кожуха (б).

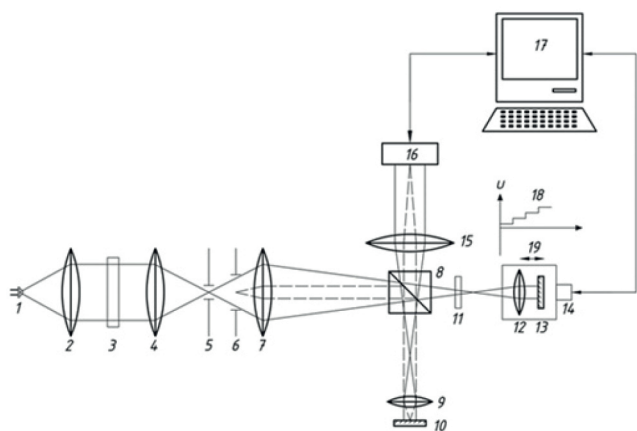


Рис. 2. Оптическая схема микроскопа интерференционного

1 - источник излучения; 2, 4 - ахроматические линзы; 3 - светофильтр; 5 - апертурная диафрагма; 6 - полевая диафрагма; 7 - конденсор; 8 - светоделитель; 9, 12 - микрообъективы; 10 - исследуемый объект; 11 - затвор; 13 - опорное зеркало; 14 - микрометрический винт; 15 - проекционная линза; 16 - многоэлементное ФПУ; 17 - персональный компьютер; 18 - вид сигнала, подаваемого на пьезопривод; 19 - узел, объединяющий микрообъектив и опорное зеркало.

3. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Табл. 1. Основные метрологические характеристики микроскопа интерференционного «НаноСкан-01»

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон измерений параметров шероховатости R_a , мкм	от 0,02 до 0,07
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений параметра шероховатости R_a , мкм, не более	0,0008
Диапазон измерений параметров шероховатости R_{max} , мкм	от 0,02 до 0,2
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений параметра шероховатости R_{max} , мкм, не более	0,003

Обеспечивается прослеживаемость в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.11.2019 № 2657, к ГЭТ 113-2014 «Государственный первичный специальный эталон единицы длины в области измерений параметров шероховатости R_{max} , R_z и R_a ».

Табл. 2. Основные технические характеристики микроскопа интерференционного «НаноСкан-01»

Наименование параметра	Значение параметра
Поле зрения, мм, не более	1×1 Масса, кг, не более
Длина волны излучения, нм	532
Диапазон показаний параметров шероховатости R_{max} , R_z , R_a , R_q по ГОСТ 25142-82, мкм	от 0,0001 до 0,2
Диапазон показаний параметров шероховатости S_z , S_a , S_q по ГОСТ Р ИСО 25178-2-2014, мкм	от 0,0001 до 0,2
Алгоритм расшифровки интерферограмм	метод фазовых шагов
Время измерения и обработки, сек, не более	30
Габаритные размеры (длина×ширина×глубина), мм, не более Масса, кг, не более	500×250×200
Масса, кг, не более	5

4. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА

Программно-аппаратный комплекс выполняет следующие функции:

- управление режимами работы прибора;
- чтение и обработка сигналов;
- восстановление фазы волнового

фронта по набору интерферограмм;
– восстановление формы исследуемой поверхности;
– расчёт шероховатости восстановленной поверхности.

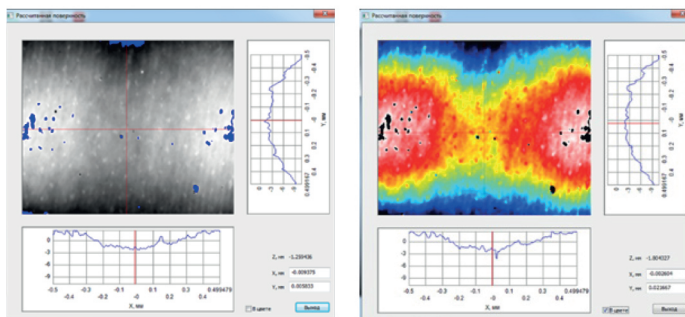


Рис. 3. Вид окна детального просмотра восстановленной поверхности

И позволяет восстанавливать фазовое изображение по различному количеству интерферограмм, разворачивать (сшивать) фазу, вычитать плоскость (наклон), - удалять абберрационные искажения, вносимые оптическим трактом; вычислять форму поверхности, визуализировать результаты измерений (сечения), рассчитывать параметры шероховатости выбранных фрагментов.



Рис. 4. Внешний вид измерительного комплекса на координатном портале для исследования параметров поверхностей крупногабаритных деталей.

С целью осуществления прецизионного позиционирования и перемещений разработанного прибора по задаваемой координатной сетке крупногабаритных деталей был разработан и изготовлен

координатный портал.

Помимо требований по обеспечению точности и повторяемости позиционирования, к данному устройству предъявлялись высокие требования по исключению влияния вибраций на измерительный комплекс в процессе его эксплуатации.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МИКРОСКОПОВ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ «НАНОСКАН-01»

Испытания в целях утверждения типа микроскопов интерференционных «Нано-Скан-01» проводились Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ»).

В результате испытаний были подтверждены метрологические и технические характеристики, прибора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа параметров разработанного прибора доказано, что интерференционный микроскоп для отраженного видимого излучения, оснащенный современным программно-аппаратным обеспечением, позволяет получать фазовую измерительную информацию о параметрах шероховатости поверхности в микро- и нанометровом диапазоне.

Подтверждены метрологические и технические характеристики разработанного прибора. Обеспечивается прослеживаемость в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.11.2019 № 2657, к ГЭТ 113-2014 «Государственный первичный специальный эталон единицы длины в области измерений параметров шероховатости R_{max} , R_z и R_a ».

ООО «Электростекло»
zapros@elektrosteklo.ru
Тел.: +7 495 234 59 52
Факс: +7 (910) 485-67-82





Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

28 – 31 марта 2023

17-я международная специализированная выставка
лазерной, оптической и оптоэлектронной техники



Реклама 12+

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

 **ЭКСПОЦЕНТР**