

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **12565**

(13) **С1**

(46) **2009.10.30**

(51) МПК (2006)

**G 01B 9/02**

**G 01B 11/24**

(54)

**ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЛОСКОЙ ИЛИ  
СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

(21) Номер заявки: а 20071370

(22) 2007.11.14

(43) 2009.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Дидковская Наталия Викторовна; Фёдорцев Ростислав Валерьевич; Дидковский Ярослав Иванович; Луговик Алексей Юрьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ЕСЬКОВА Л.М. и др. Компьютерные методы контроля оптики. Методические указания к лабораторному практикуму.- СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004.- С. 8-15.

ВУ 9654 С1, 2007.

RU 2255307 С1, 2005.

SU 1770738 А1, 1992.

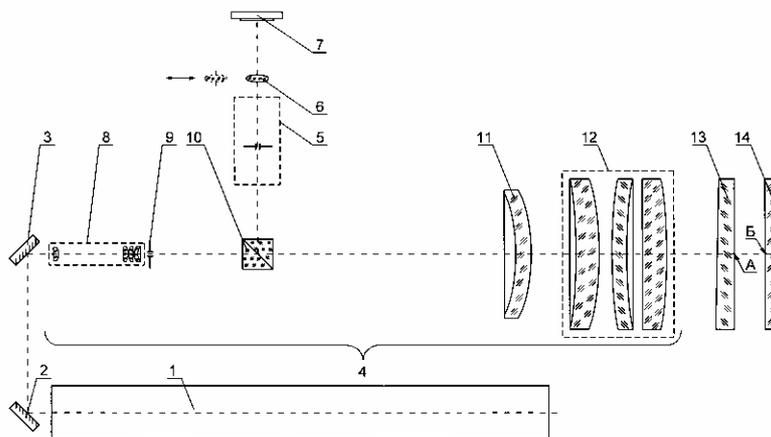
SU 1062519 А, 1983.

WO 2005/043073 А2.

US 5076695 А, 1991.

(57)

Интерферометр для контроля плоской или сферической поверхности детали, содержащий лазерный источник излучения, телескопическую систему, включающую фокусирующий компонент, диафрагму, светоделитель и коллиматорный объектив; измерительный канал, включающий систему переменного увеличения и контролируемую поверхность детали, оптически связанную через эталонную поверхность с коллиматорным объективом; канал настройки изображения и устройство регистрации изображения, отличающийся тем, что телескопическая система содержит афокальный компенсатор, расположенный между коллиматорным объективом и светоделителем, а фокусирующий



Фиг. 1

# BY 12565 C1 2009.10.30

компонент выполнен в виде реверсивного телеобъектива, состоящего из одиночной отрицательной линзы и трехлинзового положительного блока, причем диафрагма расположена в задней и передней фокальных плоскостях соответственно реверсивного телеобъектива и системы коллиматорный объектив-афокальный компенсатор-светоделитель; система переменного увеличения выполнена с диафрагмой в предметной плоскости и расположена с возможностью фокусировки излучения, отраженного от эталонной и контролируемой поверхностей, посредством системы объектив-компенсатор-светоделитель на ее диафрагме, а канал настройки изображения совмещен с измерительным каналом и выполнен в виде линзового компонента.

---

Изобретение относится к измерительной технике и может применяться для точного бесконтактного контроля формы плоских и сферических поверхностей (непокрытых и зеркальных) в лабораторных и производственных условиях оптического приборостроения.

Прототипом заявляемого технического решения является интерферометр ИКД-110 [1], построенный по классической оптической схеме Физо, предназначенный для получения и регистрации интерферограмм, характеризующих деформации волновых фронтов относительно эталонных поверхностей сравнения, содержащий лазерный источник излучения, выполненный в виде гелий-неонового лазера, телескопическую систему, включающую фокусирующий компонент, светоделитель, выполненный в виде полупрозрачного зеркала, диафрагму и объектив, а также приемную оптическую систему, включающую систему переменного увеличения в канале регистрации волновых фронтов и канал настройки изображения.

Недостатком прототипа является наличие двух параллельных каналов регистрации и настройки, которые вызывают сложности при юстировке прибора.

Задачей предлагаемого изобретения является упрощение конструкции интерферометра за счет совмещения функций его отдельных элементов.

Поставленная задача решается тем, что в интерферометре, для контроля плоской или сферической поверхности детали, содержащем лазерный источник излучения, телескопическую систему, включающую фокусирующий компонент, диафрагму, светоделитель и коллиматорный объектив; измерительный канал, включающий систему переменного увеличения и контролируемую поверхность детали, оптически связанную через эталонную поверхность с коллиматорным объективом; канал настройки изображения и устройство регистрации изображения, телескопическая система содержит афокальный компенсатор, расположенный между коллиматорным объективом и светоделителем, а фокусирующий компонент выполнен в виде реверсивного телеобъектива, состоящего из одиночной отрицательной линзы и трехлинзового положительного блока, причем диафрагма расположена в задней и передней фокальных плоскостях соответственно реверсивного телеобъектива и системы коллиматорный афокальный объектив-компенсатор-светоделитель; система переменного увеличения выполнена с диафрагмой в предметной плоскости и расположена с возможностью фокусировки излучения, отраженного от эталонной и контролируемой поверхностей, посредством системы объектив-компенсатор-светоделитель на ее диафрагме, а канал настройки изображения совмещен с измерительным каналом и выполнен в виде линзового компонента.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 показана общая оптическая схема интерферометра, а на фиг. 2 - три положения компонентов системы переменного увеличения для измерения деталей различного диаметра.

Основой конструкции прибора являются оптическая схема Физо и модульный принцип построения основных блоков и элементов. Интерферометр включает лазерный источник излучения 1; два плоских зеркала 2 и 3, предназначенных для изменения направления

## BY 12565 C1 2009.10.30

оси оптической системы; телескопическую систему Кеплера 4; измерительный канал, включающий систему переменного увеличения 5, предназначенную для регулирования размера изображения интерферограммы при изменении размеров контролируемой поверхности, и канал настройки изображения в виде одиночного линзового компонента 6; а также устройство регистрации изображения - ПЗС-матрицу 7.

Телескопическая система Кеплера 4 предназначена для расширения исходного лазерного пучка диаметром 0,8 миллиметров до размеров контролируемой поверхности и включает: реверсивный телеобъектив 8, который при малом фокусном расстоянии имеет вынесенную заднюю фокальную плоскость, позволяя тем самым установить полевую точечную диафрагму 9, которая, в свою очередь, расположена в передней фокальной плоскости системы объектив-компенсатор-призма; а также светоделитель 10, выполненный в виде кубика; афокальный компенсатор 11, представляющий собой одиночную собирающую линзу, и трехлинзовый коллиматорный объектив 12. Перед коллиматорным объективом 12 установлены клиновидная пластина 13 с эталонной поверхностью А и измеряемая деталь 14 с контролируемой поверхностью Б.

Принцип работы интерферометра основан на явлении двухлучевой интерференции с продольным сдвигом волновых фронтов и заключается в следующем. Выходящий из лазерного источника излучения 1 монохроматический параллельный световой пучок после отражения от плоских зеркал 2 и 3 реверсивным телеобъективом 8 собирается на точечную диафрагму 9, которая обеспечивает пространственную фильтрацию излучения и направляет его в систему объектив-компенсатор-призма. Образующийся на выходе из коллиматорного объектива 12 параллельный пучок лучей проходит через клиновидную пластину 13 и попадает на измеряемую деталь 14. Излучение, отраженное от эталонной поверхности А клиновидной пластины и контролируемой поверхности Б измеряемой детали, посредством системы объектив-компенсатор-призма фокусируется на диафрагму, установленную в предметной плоскости системы переменного увеличения 5.

Перед началом измерений осуществляется настройка интерферометра. С этой целью в расходящийся пучок лучей вводится линзовый компонент 6, который осуществляет проектирование изображения диафрагмы в плоскость ПЗС-матрицы 7 из сопряженной с ней плоскости изображений системы переменного увеличения 5. При этом на экране монитора наблюдаются две точки автоколлимации от эталонной А и исследуемой Б поверхностей. Их совмещение между собой достигается за счет изменения наклона исследуемой поверхности относительно эталонной, изначально выставленной по вертикальному уровню. После настройки интерферометра производится регистрация интерферограммы, которая предусматривает вывод линзового компонента 6 из оптической системы. Полученное ПЗС-матрицей аналоговое изображение передается по видеоканалу на персональный компьютер, преобразуется посредством специального устройства в цифровой видеосигнал и обрабатывается программным пакетом на предмет получения значений точек контролируемой поверхности с максимальным и минимальным отклонением от эталонной поверхности.

Контроль плоскостности оптических поверхностей основан на явлении интерференции, полученной в воздушном промежутке между эталонной поверхностью образцовой пластины и проверяемой поверхностью детали. В интерферометр входят две образцовые пластины, одна из которых имеет многослойное светоделительное покрытие с высоким коэффициентом отражения. При контроле плоскостности поверхностей, не имеющих отражающего покрытия, в воздушном промежутке между эталонной и проверяемой поверхностями наблюдается двухлучевая интерференционная картина с характерными для нее темными и светлыми полосами одинаковой ширины, а при контроле плоскостности поверхностей с отражающим покрытием в воздушном промежутке между эталонной и проверяемой поверхностями наблюдается многолучевая интерференционная картина - тонкие темные полосы на светлом фоне.

# ВУ 12565 С1 2009.10.30

В конструкции интерферометра предусмотрено соблюдение требования обеспечения при регистрации равного качества интерференционных картин для поверхностей оптических деталей диаметром  $d$  от 10 до 80 мм.

В заявляемом интерферометре предлагается использовать ПЗС-матрицу с разрешением  $1024 \times 1024$  пикселя совместно с системой переменного увеличения (фиг. 2) с увеличением  $M$ , определяемым по формуле:

$$M = \frac{\beta_{\max}}{\beta_{\min}} = \frac{2^x}{0,5^x} = 4,$$

где  $\beta_{\max}$  и  $\beta_{\min}$  - соответственно максимальное и минимальное увеличение панкратической системы.

Такой подход позволяет регистрировать интерферограммы поверхностей деталей диаметром 20, 40 и 80 мм с максимальным разрешением  $1024 \times 1024$  пикселя, остальной размер деталей - с разрешением не хуже  $512 \times 512$  пикселей.

В таблице приведены основные технические характеристики интерферометра.

Наименование параметра	Численное значение
диаметр измеряемых деталей, мм	10-80
увеличение, крат	4
источник излучения	He-Ne лазер
рабочая длина волны, нм	632,8
погрешность измерения, интерф. полосы	0,05
габаритные размеры (L×B×H), мм	540×350×200
масса, кг	30

В интерферометре выполнено совмещение каналов регистрации и настройки изображения, что обеспечивает простоту его эксплуатации и гарантирует стабильность в работе.

Комплексная оценка качества изображения системы для создания широкого параллельного пучка характеризуется числом Штреля  $St = 0,98$  и среднеквадратическим искажением волнового фронта  $СКВ = \lambda/95$ . Такое качество системы дает возможность контролировать поверхности с заявленной точностью.

Предлагаемое техническое решение содержит афокальный компенсатор, исправляющий сферическую aberrацию, вносимую светоделительным кубиком, что позволяет использовать сменные коллиматорные объективы интерферометров различных производителей, в том числе Zygo и ARIEL, для контроля вогнутых и выпуклых сферических поверхностей.

При работе интерферометр жестко устанавливается на монолитный стол с масляной гидростабилизированной системой гашения внешних вибраций.

Источники информации:

1. Еськова Л.М., Гаврилин Д.А. Компьютерные методы контроля оптики. Методические указания к лабораторному практикуму. - СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2004. - 89 с. (Интерферометр ИКД-110.0.М.).

