

07;12

Универсальное устройство интерферометрического контроля качества оптических элементов

© А.М. Ляликов

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Беларусь
E-mail: amlialikov@grsu.by

Поступило в Редакцию 22 июля 2008 г.

Предложена сравнительно простая схема устройства интерферометрического контроля, позволяющего в производственных условиях реализовать контроль качества оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа. Приведены результаты экспериментального опробования устройства интерферометрического контроля, подтверждающие перспективность применения его в производственных условиях.

PACS: 42.40.Kw

Интерференционные методы относятся к одним из наиболее чувствительных способов измерения и контроля различных параметров фазовых объектов. Наибольшую перспективность интерферометрия имеет для контроля качества различных оптических элементов в производственных условиях [1–6]. Особенно это касается оптических эталонных мер и оптических элементов для изготовления интерферометров, предназначенных для высокоточных измерений. Намеченная тенденция к повышению качества такого рода оптических элементов одновременно требует усовершенствования и устройств реализации их контроля. Для производственных условий требуются устройства контроля качества оптических элементов, позволяющие реализовать контроль для оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа. Основное требование к таким устройствам — простота в обращении и пониженная чувствительность к вибрациям. При контроле оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа с профилем поверхности, отличным от плоского, требуется наличие вспомогательной оптической системы, рассчитанной так, что совместно с контролируемым оптическим элементом формируется стигматическое

изображение точечного источника или наличие эталонного объекта [2,7]. Во втором случае устройства интерферометрического контроля наиболее просты в реализации.

В данной работе предложена сравнительно простая в реализации схема устройства интерферометрического контроля оптических элементов, позволяющего в производственных условиях осуществлять контроль качества оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа. За основу контроля выбран интерферометрический способ сравнительного анализа волновых фронтов, сформированных эталонным и контролируемым оптическими элементами в процессе освещения их световым пучком [7]. Для снижения чувствительности устройства контроля к вибрациям и обеспечения возможности интерферометрического сравнения волновых фронтов, сформированных эталонным и контролируемым оптическими элементами, выбран интерферометр, позволяющий осуществить большой боковой сдвиг, превышающий половину диаметра светового пучка. Такого рода интерферометры большого бокового сдвига в сочетании с голографической регистрацией уже нашли перспективное применение для высокоточного контроля качества лазерных кристаллов [8,9]. Эти варианты интерферометрического контроля качества оптических элементов реализуются в два этапа, сложны в реализации. Несмотря на высокую чувствительность, их нельзя широко рекомендовать для промышленного контроля.

Оптическая схема предложенного устройства интерферометрического контроля (рис. 1) включает три основные части: осветительную систему формирования коллимированного зондирующего светового пучка, ветвь зондирующего светового пучка, с эталонным и контролируемым оптическим элементами, содержащую дополнительно полупрозрачное зеркало, и интерферометр большого бокового сдвига. Применение интерферометра бокового сдвига, а также развязка его и ветви зондирующего светового пучка обеспечивает низкую чувствительность устройства к вибрациям, что очень важно при контроле оптических элементов в производственных условиях.

Коллимированный зондирующий световой пучок формируется посредством лазерного источника света 1, зеркала 2 и телескопической системы 3, 4. Вследствие того, что эталонный и контролируемый оптические элементы как пропускающего, так и отражательного типа 5, 6 или 7, 8 соответственно размещены в различных частях волнового фронта зондирующего пучка, то для получения высококачественных интерфе-

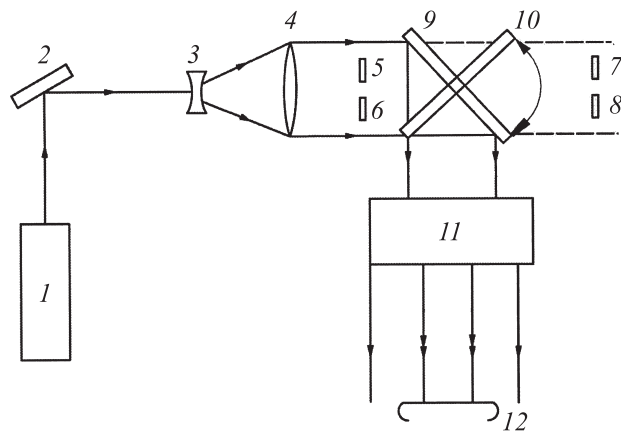


Рис. 1. Оптическая схема универсального устройства интерферометрического контроля.

ренционных картин излучение источника света *I* должно иметь высокую степень пространственной когерентности. Наиболее перспективным источником света в этом случае служат газовые лазеры, например гелий-неоновые. При экспериментальном опробовании предложенного устройства интерферометрического контроля был использован гелий-неоновый лазер ЛГН-212, излучающий на длине волны 633 нм.

Ветвь зондирующего светового пучка посредством разворота полупрозрачного зеркала *9* перестраивается для контроля оптических элементов как пропускающего (положение *9*), так и отражательного (положение *10*) типа. В первом случае зондирующий световой пучок после прохождения эталонного и контролируемого элементов *5, 6* полупрозрачным зеркалом *9* направляется в интерферометр *11*, реализующий большой боковой сдвиг, превышающий линейные размеры элементов. При экспериментальном опробовании в качестве интерферометра большого бокового сдвига был использован малогабаритный четырехзеркальный интерферометр [8,9]. При контроле оптических элементов отражательного типа зондирующий световой пучок проходит полупрозрачное зеркало и отражается от эталонного и контролируемого элементов *7, 8* и полупрозрачным зеркалом *10* направляется в интерферометр *11*.

В интерферометре бокового сдвига зондирующий световой пучок разделяется по амплитуде на два одинаковых пучка, которые смещаются в пространстве на величину бокового сдвига s , обеспечивающего в плоскости наблюдения интерференционной картины I_2 совмещения изображений эталонного и контролируемого оптических элементов.

Представим изменения фазы в области зондирующего светового пучка, вызванные эталонным и контролируемым оптическими элементами, в виде

$$\varphi_r = \varepsilon, \quad (1)$$

$$\varphi_0 = \varepsilon + \delta\varepsilon, \quad (2)$$

где функция ε определяет изменения фазы вследствие отличия формы эталонной поверхности от плоской, а $\delta\varepsilon$ — изменения фазы, вызванные отклонением контролируемой поверхности от эталонной. В этом случае для конкретного оптического элемента распределение величины $\delta\varepsilon$ будет определять соответствие данного оптического элемента норме.

При точном совмещении изображений эталонного и контролируемого оптических элементов в плоскости I_2 будет наблюдаться интерференционная картина вида

$$I \sim 1 + \cos[2\pi(\xi x + \eta y) + \delta\varepsilon], \quad (3)$$

где ξ и η — частоты полос, определяющие ширину и ориентацию полос интерференционной картины. Данная интерференционная картина характеризует отличие контролируемого оптического элемента от эталонного.

Устройство интерферометрического контроля было опробовано для оценки качества оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа. На рис. 2 представлены интерференционные картины, характеризующие отличия контролируемых длиннофокусных линз от эталонной линзы. Диаметр линз 24 mm, а фокусное расстояние 18 m. Первая интерференционная картина (рис. 2, *a*) подтверждает высокое сходство формы поверхности контролируемой и эталонной линз, вторая (рис. 2, *b*) — значительные отличия, которые проявляются в виде искажения интерференционных полос. На рис. 3 приведена интерференционная картина, характеризующая качество длиннофокусного сферического зеркала. Диаметр зеркала 16 mm, а радиус кривизны поверхности 9 m. При получении данной интерференционной картины

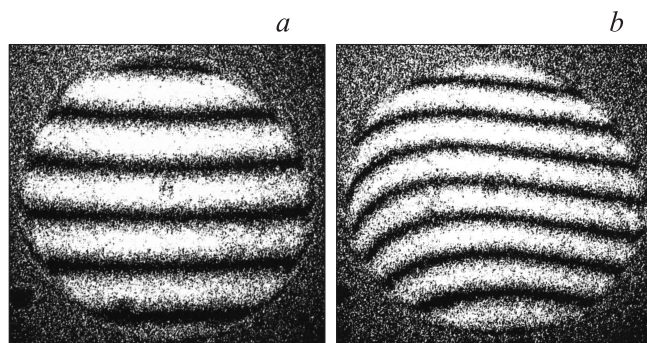


Рис. 2. Интерференционные картины, характеризующие отличия контролируемых длиннофокусных линз от эталонной линзы, для случая удовлетворительного (*a*) и неудовлетворительного (*b*) качества.

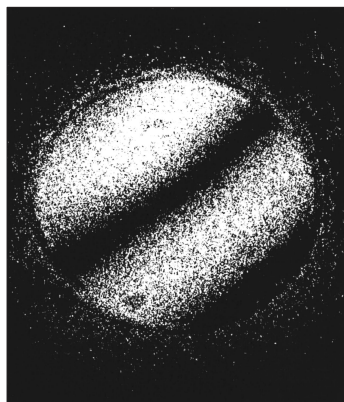


Рис. 3. Интерференционная картина, характеризующая отличия контролируемого зеркала от эталонного, для случая удовлетворительного качества.

устройство контроля перенастраивалось в режим контроля оптических элементов отражательного типа. Данная интерференционная картина подтверждает высокое сходство формы зеркальной поверхности контролируемого и эталонного зеркал.

Таким образом, разработанное универсальное устройство интерферометрического контроля оптических элементов позволяет сравнительно просто реализовать контроль качества оптических элементов как пропускающего, так и отражательного типа и имеет перспективу использования в производственных условиях. Следует отметить, что данное устройство может быть дополнено системой автоматической обработки интерференционных картин.

Список литературы

- [1] *Афанасьев В.А.* Оптические измерения. М.: Высш. школа, 1981. 229 с.
- [2] *Оптический производственный контроль* / Под ред. Д. Малакары. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
- [3] *Кожеватов И.Е., Куликова Е.Х., Черагин Н.П.* // Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 9. С. 49–54.
- [4] *Руденчик Е.А., Кожеватов И.Е., Черагин Н.П.* // Оптика и спектроскопия. 2001. Т. 90. № 1. С. 127–135.
- [5] *Доладугина В.С.* // Оптический журнал. 2003. Т. 70. № 2. С. 64.
- [6] *Мошкин Б.Е., Майоров Б.С.* // Оптический журнал. 2007. Т. 74. № 2. С. 24.
- [7] *Оптические измерения* / Под ред. Д.Т. Пуряева. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
- [8] *Ляликов А.М.* // Квантовая электроника. 2005. Т. 35. № 3. С. 290–292.
- [9] *Ляликов А.М.* // Оптика и спектроскопия. 2007. Т. 102. № 5. С. 874–879.