

9. Современные и перспективные возможности получения и применения плёночных крупноформатных синтезированных голограммных компенсаторов (нуль-корректоров) в телескопостроении

А. В. Лукин, А. Н. Мельников, А. Ф. Скоцилов

АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики», Казань, Россия

В докладе рассмотрены принципиальные и практические возможности изготовления и применения крупноформатных плёночных пропускающих синтезированных голограммных компенсаторов (нуль-корректоров) в телескопостроении. На примере космического телескопа «Миллиметр» показана возможность обеспечения контроля формы его составного параболического главного зеркала (диаметром 10 м) при помощи плёночного пропускающего нуль-корректора на длине волны инфракрасного лазера (10,6 мкм). В частности, показана возможность и целесообразность реализации интерферометра радиального сдвига. Приведены результаты расчетов и экспериментальной проверки предложенного технического решения

Ключевые слова: Телескопостроение, Плёночный синтезированный голограммный компенсатор, Пропускающий голограммный компенсатор, Крупноформатный компенсатор, Нуль-корректор, Интерферометр радиального сдвига.

Цитирование: Лукин, А. В. Современные и перспективные возможности получения и применения плёночных крупноформатных синтезированных голограммных компенсаторов (нуль-корректоров) в телескопостроении / А. В. Лукин, А. Н. Мельников, А. Ф. Скоцилов // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 37–38.

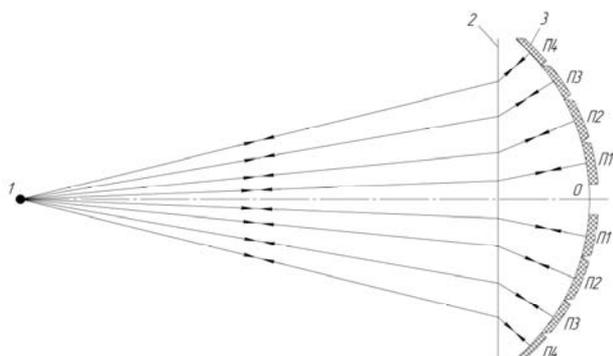
В современных крупногабаритных телескопах типа Кассегрена и Ричи — Кретьена главные зеркала не являются монолитными. Они, как правило, состоят из отдельных панелей и секторов [1–4]. Большие размеры и высокая асферичность чрезвычайно затрудняют использование современных бесконтактных методов контроля формы на этапах их изготовления, сборки и юстировки. Анализ реальных и перспективных технологических возможностей показывает, что применение плёночных голограммных нуль-корректоров позволит принципиально решить эту проблему. Важно также отметить, что плёночные голограммные оптические элементы, используемые в проходящем свете, мало чувствительны к механическим деформациям и имеют малую массу, что делает их применение чрезвычайно привлекательным в аппаратуре космического базирования.

В настоящее время в АО «НПО «ГИПО» функционирует круговая делительная машина типа МДГ, позволяющая изготавливать осевые голограммные оптические элементы со световым диаметром до 600 мм [5].

На рис. 1 представлена упрощенная принципиальная оптическая схема контроля составного главного зеркала телескопа «Миллиметр» (световой диаметр зеркала 10 м, уравнение его рабочей поверхности $y^2 = 9600x$), основанная на использовании такого плёночного голограммного компенсатора (световой диаметр 9,6 м).

Расстояние по оптической оси между точечным источником излучения 1 и голограммным компенсатором 2 составляет 13,7 м, а между вершиной O рабочей поверхности главного зеркала 3 и голограммным компенсатором 2 — 2,7 м.

В данном случае обеспечивается возможность одновременного бесконтактного контроля формы всей рабочей поверхности составного главного зеркала, состоящего из центральной части и трёх кольцевых ярусов по 24 панели в каждом.



1 — монохроматический точечный источник излучения (длина волны 10,6 мкм); 2 — плёночный рельефно-фазовый пропускающий синтезированный голограммный компенсатор; 3 — контролируемое составное главное зеркало телескопа «Миллиметр» (O — вершина его рабочей поверхности; П1–П4 — панели центральной части и 1–3-го кольцевых ярусов соответственно)

Рис. 1. Упрощенная принципиальная оптическая схема контроля

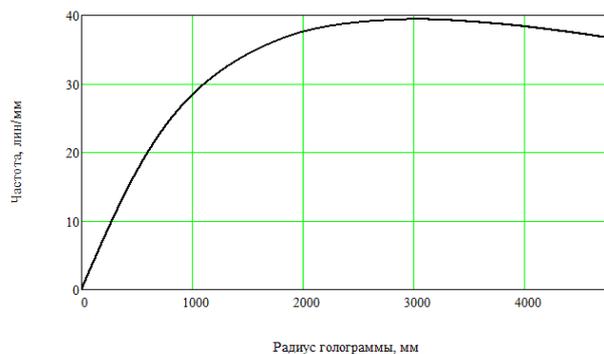


Рис. 2. Частотная характеристика плёночного рельефно-фазового пропускающего синтезированного голограммного компенсатора (рабочая длина волны 10,6 мкм)

На рис. 2 приведена частотная характеристика голограммного компенсатора, рассчитанная с учётом использования инфракрасного лазерного источника.

Для изготовления компенсатора со световым диаметром 9,6 м требуется специализированная круговая делительная машина. Анализ современного уровня прецизионного станкостроения и необходимого метрологического обеспечения свидетельствует о возможности создания такой машины.

Следует отметить, что представленная на рис. 1 контрольная схема может быть реализована при световом диаметре голограммного компенсатора 2 не менее 5 м.

Приводятся варианты контрольной схемы на основе реализации интерферометра радиального сдвига, отличающегося, как известно, чрезвычайно высокой виброустойчивостью. В таких голографических интерферометрах синтезированная голограмма выполняет одновременно три функции: нуль-корректора, светоделиителя и оптического элемента, осуществляющего радиальный сдвиг волновых фронтов [6]. Расчет показал, что максимальная пространственная частота этой голограммы составляет 68 лин/мм.

В докладе приведены результаты физического моделирования предложенного технического решения.

Список источников

- [1] Астрокосмический центр ФИАН. Космическая обсерватория «Миллиметрон» / URL: <http://millimetron.ru>.
- [2] Европейский чрезвычайно большой телескоп (E-ELT) / URL: <http://www.eso.org>.
- [3] **Бронштейн, Ю. Л.** Крупногабаритные зеркальные системы (контроль геометрии, юстировка) / Ю. Л. Бронштейн. — М.: ДПК Пресс, 2015. — 600 с.
- [4] **Лукин, А. В.** О возможностях лазерно-голографического контроля процессов сборки и юстировки составного главного зеркала телескопа на примере космической обсерватории «Миллиметрон» / А. В. Лукин, А. Н. Мельников, А. Ф. Скочилов, В. Н. Пышнов // Оптический журнал. — 2017. — Том 84. — № 12. — С. 45–49.
- [5] **Белозёров, А.** Осевые синтезированные голограммные оптические элементы: история развития, применения. Часть I / А. Белозёров, Н. Ларионов, А. Лукин, А. Мельников // Фотоника. — 2014. — № 4. — С. 12–32.
- [6] **Лукин, А. В.** Получение интерферограмм радиального сдвига методом голографии / А. В. Лукин, К. С. Мустафин, Р. А. Рафиков // Оптика и спектроскопия. — 1975. — Том 39. — Вып. 2. — С. 31–35.

Modern and perspective possibilities of the fabrication and using of large-format film transmission computer-generated hologram compensators (zero-correctors) into the telescope making

A. V. Lukin, A. N. Melnikov, A. F. Skochilov

Scientific and Production Association “State Institute of Applied Optics”, Kazan, Russia

The paper presents the principal and practical possibilities for manufacturing and using of large-format film-based transmission computer-generated hologram compensators (zero-correctors) in telescope making. Using the example of the space telescope “Millimetron”, it is shown that it is possible to control the shape of its composite parabolic main mirror (10 m in diameter) using a film-transmitting zero-corrector at infrared laser wavelength (10.6 μm). In particular, the possibility and feasibility of implementing a radial shear interferometer is shown. The results of calculations and experimental verification of the proposed technical solution are presented.

Keywords: Telescope making, Film computer-generated hologram compensator, Transmission hologram compensator, Large-format compensator, Zero-corrector, Radial shearing interferometer.