

УДК 520.2.03; 520.2.062; 528.88

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ СЕГМЕНТОВ СОСТАВНОГО ЗЕРКАЛА ТЕЛЕСКОПА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Сечак Е.Н.¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор Демин А.В.¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию реализации датчика волнового фронта оптико-электронных телескопических комплексов для космических аппаратов, обеспечивающих контроль состояния главного зеркала телескопа и коррекцию положения сегментов составного зеркала, работающего в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн. При разработке схемных решений подсистем юстировки исследованы несколько видов схем контроля для сферических и асферических зеркал и предложена схема контроля главного зеркала в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: адаптивная оптика, сегмент составного зеркала, юстировка, фазирование, дистанционное зондирование, контроль зеркала.

Введение

Развитие бортовых оптических систем наблюдения определяется в первую очередь требованиями повышения их разрешающей способности. Этот фактор традиционно решается путем увеличения диаметра входной апертуры телескопа. Увеличение апертуры сопровождается существенным увеличением массы оптоэлектронного комплекса, что противоречит требованиям по массе космических аппаратов [1-2].

Адаптивные системы для успешного функционирования требуют информации об отклонениях формы волнового фронта от оптимальной. Для решения этой задачи служат датчики волнового фронта [3].

Под внутренним контролем будем понимать схему контроля, в которой для получения информации о системе телескопа используется внутренний источник света. Необходимым звеном внутренней схемы контроля является элемент, который возвращает свет в исходную точку (световозвращатель). В качестве источника обычно используется гели-неоновый лазер. Детектором волнового фронта может быть интерферометр типа Тваймана-Грина или Физо, интерферометр поперечного сдвига, интерферометр радиально-поперечного сдвига, либо диафрагма Гартмана с ПЗС матрицей [1, 4].

Внутренний контроль предназначен для измерения волновых aberrаций оптической системы телескопа с целью юстировки вторичного зеркала (ВЗ) относительно главного зеркала (ГЗ), для контроля ГЗ в процессе эксплуатации, а так же для устранения деформации ГЗ, в том случае, когда оно имеет систему управления формой (адаптивное ГЗ). Анализ различных схем контроля будет ориентирован на выяснение того, в какой степени каждая из этих схем позволяет выполнять указанные выше задачи внутреннего контроля.

Схемы внутреннего контроля можно разбить на две группы: схемы контроля из центра кривизны ГЗ и схемы контроля из фокальной плоскости оптической системы телескопа.

Схемы контроля из центра кривизны ГЗ

В этой группе схем источник и детектор помещаются в точку, совпадающую с центром кривизны ГЗ. Свет из источника О падает на ГЗ и возвращается обратно на источник О. Световозвращателем является ГЗ. Результатом контроля является топография формы поверхности ГЗ. Использование этой информации для юстировки оптической системы невозможно поэтому контроль из центра кривизны ГЗ позволяет решать только задачи контроля ГЗ в процессе эксплуатации и управления ГЗ [4].

Схемы контроля из фокальной плоскости телескопа

В этой группе схем источник и детектор помещаются в фокальную плоскость оптической системы телескопа.

В качестве световозвращателя может использоваться, либо голограмма, нанесенная на поверхность ГЗ, либо плоское зеркало.

Общим для данной группы схем контроля является следующее:

1. Результатом контроля является топография волнового фронта, прошедшего через оптическую систему телескопа, которая содержит информацию как о форме поверхности ГЗ, так и об разъюстировках ВЗ относительно ГЗ.

2. Возможно измерение аберраций в нескольких точках поля оптической системы телескопа, что позволяет разделить деформации волнового фронта, вызванные ГЗ и деформации волнового фронта, вызванные разъюстировкой системы.

Таким образом схемы контроля из фокальной плоскости оптической системы телескопа позволяют решить все задачи внутреннего контроля [4].

Интерферометрические датчики волнового фронта

Интерферометрические датчики волнового фронта могут быть построены на основе интерферометра типа Тваймана-Грина или Физо; на основе интерферометра бокового сдвига; на основе интерферометра радиально-бокового сдвига.

Основным достоинством этого типа датчиков является то, что интерферограмма содержит полную информацию о контролируемом волновом фронте, а минимальный размер разрешаемой ошибки зависит только от приемника изображения.

Выводы

Ввиду малой информативности и значительных сложностей при реализации схем контроля из центра кривизны главного зеркала, использование этой группы схем представляется нецелесообразной для контроля качества, сегментированного ГЗ в процессе эксплуатации телескопа. Схемы контроля из фокальной плоскости оптической системы телескопа полностью решают задачи внутреннего контроля и могут быть использованы для контроля ГЗ. По своим точностным характеристикам датчики волнового фронта на основе метода Гартмана значительно уступают интерферометрическим датчикам волнового фронта. В ходе проведенных исследования наиболее предпочтительным вариантом контроля положения сегментов составного главного зеркала телескопа является реализация датчика волнового фронта основанного на реализации интерферометра радиально-бокового сдвига так как данный тип интерферометра защищен от пагубного воздействия вибрации оптико-электронной системы в процессе эксплуатации, а также использование бокового сдвига, в частности для осесимметричных систем позволяет вывести из центрального экранирования сегменты экранированные вторичным зеркалом телескопа.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ "Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники" на инженерно-исследовательском факультете Университета ИТМО.

Литература

1. Ермолаева, Е. В. Адаптивная оптика / Е. В. Ермолаева, В. А. Зверев, А. А. Филатов. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. 297 с.

2. Сечак, Е. Н. Разработка двухканальной схемы контроля сегментированных зеркал для космического телескопа / Е. Н. Сечак, А. А. Чистяков, Г. И. Вахрамеев // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2021. – № 4. – С. 70-80.

3. Шанин О.И. Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика / О. И. Шанин. – Москва: Техносфера, 2013. – 296 с.

4. Малакара, Д. Оптический производственный контроль / Д. Малакара. – М.: Машиностроение. 1985. 400 с.