

УДК 53.082.54

ГРУБАЯ ФАЗИРОВКА СЕГМЕНТИРОВАННОГО ЗЕРКАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРФЕРОМЕТРА СДВИГА

Белан А.Р. (университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор Бахолдин А. В.
(университет ИТМО)

В данной работе приводится алгоритм грубой фазировки сегментированного зеркала с использованием интерферометра сдвига. Работа проводилась на основе разработанной компьютерной модели для контроля сегментированного зеркала, использующего сдвиговый интерферометр Маха-Цендера.

Введение. В будущих телескопах диаметром более 10 м. будут использоваться сегментированные зеркала, состоящие из сотен сегментов, с жесткими ограничениями на ошибки положения между отдельными сегментами [1]. Это делает процесс фазирования сложным. Каждый сегмент должен быть точно расположен для получения качественного изображения, а взаимодействие между сегментами должно быть тщательно продумано. Это требует высокого уровня точности и внимания к деталям, что делает поэтапный процесс кропотливой и трудоемкой задачей. Процесс требует точных измерений положения и формы каждого сегмента и корректировки этих параметров для достижения желаемого результата.

Для упрощения задачи по корректировке зеркал на производстве можно прибегнуть к использованию автоматизации фазирования сегментированных зеркал. Автоматизация упрощает этот процесс, используя алгоритмы и вычислительные методы для точного определения оптимальных параметров фазирования, снижая риск человеческой ошибки и обеспечивая стабильные высококачественные результаты. Автоматизация процесса фазирования обеспечивает быструю и точную настройку каждого сегмента, сокращая время и ресурсы, необходимые для достижения оптимальной производительности.

Для детектирования положения сегментов можно воспользоваться интерферометрическим методом. Преимуществом оптической интерференции является высокая точность измерения и относительная простота применения. Такой подход позволяет одновременно вычислять ошибки положения сегментов для зеркала в целом [2]. Используя для решения задачи интерферометр сдвига можно уменьшить влияние вибраций и избавиться от эталона, что является важным аспектом при производственном контроле сегментированных зеркал [3].

Решение задачи автоматизации фазирования сегментированного зеркала сводится к автоматическому выравниванию отдельных сегментов по получаемому изображению. Само по себе фазирование состоит из нескольких этапов: поиск сегмента, грубое выравнивание, грубое фазирование и точное фазирование [4]. В рамках данной работы будет рассмотрен этап грубой фазировки. Решается поставленная задача будет с помощью интерферометра сдвига.

Основная часть. Для фазирования сегментированного зеркала может применяться интерферометр сдвига. На основе проведенного исследования была смоделирована схема интерферометра подобного типа. Данная модель была разработана для проведения исследований в области контроля сегментированных зеркал в рамках разработки интерферометра сдвига в САО. Моделирование выполнялось с помощью точечного источника на длине волны 550 нм., свет от которого, проходя через полупрозрачное зеркало, освещал сферическое сегментированное зеркало. Получившийся волновой фронт, отражаясь от зеркала, попадал в сдвиговый интерферометр Маха-Цендера. Итоговая интерференционная картина регистрировалась на приемнике.

Изменение положения сегмента в пространстве можно регистрировать с помощью изменения характеристик интерференционных полос. В рамках данной работы, был проведен эксперимент, который представлял из себя детектирование изменения формы полос при

вращении сегмента вокруг осей X и Y , а также смещения его вдоль оси Z . В результате работы было обнаружено следующее:

- 1) При повороте вокруг оси X в зоне взаимной интерференции наблюдается изменение толщины интерференционных полос.
- 2) При повороте вокруг оси Y в зоне взаимной интерференции наблюдается поворот интерференционных полос вокруг своей оси с изменением их толщины.
- 3) При смещении по оси Z в зоне взаимной интерференции наблюдается изменение толщины полос в области взаимной интерференции

На основании наблюдений были выведены уравнения, которые описывают изменения параметров интерференционных полос. Предполагая, что центральный сегмент выставлен, можно применить следующий алгоритм фазирования:

- 1) Выбирается сегмент, который имеет общую область взаимной интерференции с центральным сегментом,
- 2) Основываясь на эталонной величине ширины полосы в области самоинтерференции, известной по центральному сегменту, выставляется положение выбранного сегмента по оси Z ,
- 3) Зная угол наклона полосы в области взаимной интерференции, выставляется положение выбранного сегмента по оси Y ,
- 4) Зная ширину полосы в области взаимной интерференции, выставляется положение сегмента по оси X ,
- 5) Выбирается сегмент, который имеет общую область взаимной интерференции с предыдущим сегментом.

Выводы. Проведен анализ изменения интерференционных полос при поворотах вокруг осей X и Y , и при смещении вдоль оси Z . На основании полученных данных сформулирован алгоритм грубой фазировки сегментированного зеркала с использованием интерферометра сдвига. Полученные результаты могут помочь в автоматизации настройки положения сегментов по интерференционной картине.

Список использованных источников:

1. Gaizka Murga, Alexander Díaz, Rubén Sanquirce, Santiago Royo, Carles Pizarro, Maialen González, Elena Lara, Borja Vega, Noel Rodrigo, Pau Santos, Andreas Förster, Sebastian Schmid, Samuel Lévêque, Philippe Gitton, Giorgio Filippi "The Extremely Large Telescope (ELT) M1 Local Coherencer to phase mirror segments", Proc. SPIE 12182, Ground-based and Airborne Telescopes IX, 1218206 (26 August 2022).
2. Qin, R.; Yin, Z.; Ke, Y.; Liu, Y. Large Piston Error Detection Method Based on the Multiwavelength Phase Shift Interference and Dynamic Adjustment Strategy. Photonics 2022, 9, 694.
3. Malacara D., Ed., (1992) Optical Shop Testing, 2nd. Edition, John Wiley and Sons, New York.
4. Acton, D.S.; Atcheson, P.D.; Cermak, M.; Kingsbury, L.K.; Shi, F.; Redding, D.C. James Webb Space Telescope wavefront sensing and control algorithms. In Proceedings of the Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes, Glasgow, UK, 21–25 June 2004; pp. 887–896.