

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Коняхина Игоря Алексеевича на диссертационную работу Гавлиной Александры Евгеньевны «Интерференционный метод для контроля формы выпуклых оптических поверхностей большого диаметра, основанный на схеме ортогональных лучей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

1. Актуальность темы диссертационной работы

Оптическая астрономия в начале XXI века испытывает бурное развитие. Достижения наземной и космической астрономии подтверждают плодотворность усилий, направленных на создание новых, более совершенных оптических телескопов.

В настоящее время идет строительство телескопов, диаметры которых составляют десятки метров. Создание подобных телескопов стало возможным благодаря общему технологическому развитию, при этом одним из решающих факторов, является технология изготовления и контроля высокоточных оптических деталей большого диаметра.

Разрабатываемые телескопы, как правило, построены по схеме, в которой вторичное зеркало – выпуклое асферическое. Для контроля формы выпуклых зеркал существующими методами требуются вспомогательные оптические элементы диаметра большего, чем контролируемое зеркало. Это усложняет процесс контроля выпуклых зеркал и существенно повышает их стоимость изготовления. Более того, зачастую вспомогательные элементы уникальны, используются лишь единожды и не могут применяться для контроля зеркал с другим уравнением отражающей поверхности.

Существенные недостатки существующих методов контроля формы выпуклых сферических и асферических зеркал, а также строительство гигантских телескопов обосновывает актуальность работы Гавлиной А.Е., которая посвящена

разработке нового интерференционного метода контроля, не требующего применения вспомогательных высокоточных оптических деталей диаметра большего, чем диаметр контролируемой поверхности.

2. Краткий обзор содержания диссертационной работы

Диссертация Гавлиной А.Е. изложена на 108 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении сформулированы цель и задачи работы, обоснована актуальность темы диссертации, раскрыта научная новизна и практическая ценность, а также изложены основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе описаны и проанализированы существующие методы контроля формы выпуклых асферических и сферических зеркал. Показаны недостатки традиционных методов контроля, используемые на производстве. Также в главе описана схема ортогональных лучей, на основе которой автор разработала оригинальный интерференционный метод контроля.

Во второй главе представлен оригинальный интерференционный метод контроля выпуклых зеркал, работающий без применения вспомогательных оптических деталей диаметра большего, чем диаметр контролируемых зеркал и являющийся универсальным для контроля асферических поверхностей различных форм. Также автором разработан и предложен метод математической обработки интерференционной картины в схеме ортогональных лучей, результатом работы которого являются координаты профиля исследуемой поверхности.

В третьей главе представлены результаты экспериментальной апробации метода математической обработки интерферограммы, которые подтверждают работоспособность предложенного метода. Также в третьей главе описан интерферометр для контроля формы выпуклых сферических и асферических поверхностей, реализующий разработанный автором интерференционный метод контроля формы выпуклых зеркал. Интерферометр изготовлен при участии автора и применяется в институте метрологической службы (ВНИИМС) с целью расширения функциональных возможностей интерферометра Физо, входящего в

состав государственного специального эталона единицы длины отклонений от плоскостности оптических поверхностей размером до 200 мм ГЭТ 183-2019.

В четвертой главе подробно описана методика юстировки разработанного интерферометра для контроля формы выпуклых зеркал, которая обеспечивает погрешность контроля формы не более 60 нм. Заявленная точность подтверждается в данной главе экспериментом, в котором исследовалась выпуклая сферическая эталонная поверхность с известным отклонением формы.

В заключении диссертации сформулированы основные научные и практические выводы.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор диссертации Гавлина А.Е. вполне корректно использует научные методы обоснования полученных результатов и выводов, ей достаточно подробно рассмотрены и проанализированы известные теоретические и практические результаты других исследователей методов контроля формы асферических зеркал. Список использованной литературы включает 89 наименований.

Обоснованность научных положений, полученных автором, сделанных им выводов и рекомендаций основывается на их согласованности с данными экспериментальных исследований на разработанном в процессе работы над диссертацией интерферометре, а также компьютерных моделях.

4. Научная новизна и достоверность полученных результатов

Автор диссертации Гавлина А.Е. получила ряд новых научных результатов:

1. Разработан интерференционный метод контроля формы выпуклых асферических и сферических зеркал, позволяющий контролировать выпуклые зеркала различной формы без применения вспомогательных оптических деталей диаметра большего, чем диаметр контролируемого зеркала.
2. Разработан математический алгоритм обработки интерферограммы, полученной в схеме ортогональных лучей, который позволяет определять координаты профиля контролируемого зеркала без априорной информации о его форме.
3. Разработана методика юстировки разработанного и сконструированного

интерферометра, которая обеспечивает погрешность контроля формы выпуклых зеркал не более 60 нм.

Достоверность теоретических и экспериментальных результатов обеспечивается строгим использованием диссертантом классических аналитических методов исследования оптических систем, современных методик построения компьютерных и физических моделей. Результаты работы подтверждены ее внедрением в институте метрологической службы ВНИИМС в составе государственного специального эталона единицы длины отклонений от плоскостности оптических поверхностей размером до 200 мм ГЭТ 183-2019 для контроля формы выпуклых сферических и асферических зеркал, что подтверждается актом внедрения.

Также достоверность научных результатов диссертационной работы подтверждена получением 1 патента РФ, публикацией 14 печатных работ в рецензируемых журналах, из которых 7 статей в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, и доложены на научно-технических конференциях).

5. Практическая значимость диссертационной работы

Стоимость контроля выпуклых поверхностей крупногабаритных оптических деталей разработанным интерференционным методом существенно (в несколько раз) ниже по сравнению с применяемыми в настоящее время методами при сохранении точности за счет того, что:

- разработанный метод не требует применения дополнительных высококачественных оптических деталей диаметром большим диаметра КП;
- разработанный метод является универсальным и может применяться для контроля формы выпуклых АП различных форм без изменения оптической системы интерферометра.

Разработанный метод математической обработки интерферограммы, полученной интерференционным методом на базе схемы ортогональных лучей, позволяет не только контролировать качество выпуклого зеркала, но и определять его геометрические параметры.

Результаты диссертационного исследования используются в институте метрологической службы ВНИИМС в виде интерферометра для контроля формы выпуклых асферических и сферических зеркал, что подтверждается актом внедрения.

6. Опубликование научных результатов

Содержание диссертации Гавлиной А.Е. достаточно полно отражено в 14 публикациях, в том числе 1 патент РФ, 6 статей в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science и Scopus.

7. Замечания по работе

Общее позитивное впечатление о написанной диссертации автором Гавлиной А.Е. не могут испортить некоторые недостатки, которые можно разделить на замечания по существу изложенных положений, терминологические и редакционные.

1 Замечания по существу материалов диссертации.

1.1 В первой главе диссертации при анализе известных методов контроля использован только один критерий – размер контролируемой поверхности. Однако не выполнена оценка по второму важному критерию, а именно, по точности контроля оптических поверхностей.

1.2 При оценке точности определения координат контролируемой поверхности предлагаемым методом не указаны составляющие суммарной погрешности измерения. Остаётся непонятным, какими именно факторами в основном определяется точность? Также для раскрытия научно-технической значимости рассматриваемого метода следовало подробно исследовать характер зависимости суммарной погрешности измерения от погрешности измерения ширины интерференционной полосы. В работе же приведена только «точечная» оценка суммарной погрешности в 10 нм.

1.3 Не рассмотрено влияние параметров аппаратных средств на погрешность контроля, например, размера пикселя приемника излучения, наклонов оси вращения поворотного стола, наличие эксцентриситетов и люфтов в подшипниках и др. Следовало промоделировать и оценить это влияние.

1.4 Выбор параболической зависимости в качестве отображаемого пространства для контролируемых точек требует дополнительной аргументации. С математической точки зрения, для отображения контролируемой поверхности может использоваться, например, эллипс.

2 Терминологические и редакционные замечания

2.1 Применение некоторых терминов, на мой взгляд, неудачно. Одна и та же величина в различных главах обозначается различными терминами: крутизна, угловая апертура, угол наклона нормали – суть одно и то же. Более того, термин «угловая апертура» является жаргонизмом. А «крутизна», как характеристика поверхности, применима в основном для плоских поверхностей.

2.2 На странице 11 грамматическая ошибка. В предложении «Из всех видов АП поверхности второго порядка обособляют поверхности второго порядка в одну группу» два раза повторяется словосочетание «поверхности второго порядка».

2.3 В формуле (1.2) не расшифрован параметр r_0 .

2.4 На рисунке 1.17 отсутствуют оси системы координат, хотя в тексте они упоминаются.

2.5 Англоязычные обозначения на рисунках 2.6, 2.7.

Тем не менее, полагаю, что указанные недостатки не снижают общей научной и практической ценности диссертационной работы.

8. Общая оценка и заключение по рассмотрению работы

Диссертационная работа Гавлиной Александры Евгеньевны «Интерференционный метод для контроля формы выпуклых оптических поверхностей большого диаметра, основанный на схеме ортогональных лучей» является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором на достаточно высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация «Интерференционный метод для контроля формы выпуклых оптических поверхностей большого диаметра, основанный на схеме

ортогональных лучей» удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует профилю специальности 1.3.2. - "Приборы и методы экспериментальной физики", а её автор – Гавлина Александра Евгеньевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Оппонент,
Доктор технических наук
Профессор инженерно-исследовательского факультета
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

 Коняхин И.А.

07 апреля 2022 г.

Коняхин Игорь Алексеевич
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»;
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А,
Тел: +79119926955
Факс: +7(812)-5954159
E-mail: iakoniakhin@itmo.ru

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
Докторская диссертация защищена по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

