ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРА БЕЛОГО СВЕТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ.

В.В. Азарова[1,2], И.В. Чертович[2], Т.В. Цветкова[1,2]

1.МИЭМ (ТУ); 2.ФГУП НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха

azarovav@hotbox.ru; zteps1@gmail.com; tvc-t@bk.ru

Аннотация. *It is analyzed the measurement singularities of precision optical surfaces and laser mirrors by the method of white light interferometer (WLI). There are discussed the results of measurements of optical surfaces and many layers interferential reflection covers obtained with help of New View 6200. It's given the recommendation for getting the accurate results.*

1. Введение.

В последнее время появляется всё больше приборов основанных на методе некогерентной интерферометрии, это сканирующие интерферометры белого света. Сканирующий интерферометр белого света отображает, измеряет и обеспечивает структурный поверхностный анализ, не контактируя с исследуемой поверхностью [1]. Однако, неучтённые оптические эффекты способны привести к большим ошибкам измерения в области нано размеров. В работе [2], например, уже отмечена необходимость такого анализа.

В данной работе производится анализ ошибок измерения интерферометра белого света. Даются рекомендации, необходимые для проведения правильных измерений.

2. Принцип действия прибора New View 6200 (NV).

Прибор основан на принципе интерференционной микроскопии. Основной частью устройства является двухлучевые интерференционные объективы Майкельсона и Миро освещаемые источником излучения с широким спектром. В объективе излучение разделяется на измерительную волну, освещающую объект, и опорную волну, оптическая длина пути которой может изменяться при управляемом перемещении опорного отражателя. Точное определение положения максимума огибающей интерференционных полос позволяет повысить разрешающую способность по оси z до величины менее 0,1 нм.

Структурная схема оптической системы NV приведена на рис. 1. Источник белого света - светодиод высокой интенсивности излучает волну: со средней длиной волны 550 nm, спектральной шириной 125 nm и длиной когерентности 2,9 μm. Волна проходит через фильтр, позволяющий выбирать режимы: измерение / фокусировка, диафрагму, ограничивающую поле зрения, используемую при фокусировке, отражается от поворотных зеркал и освещает интерференционный объектив. Интерференция в объективах создаётся делением света полупрозрачным зеркалом на два луча. Один луч отражается от внутренней высококачественной опорной поверхности, а другой – от измеряемой поверхности. Интерференция наблюдается только когда

оптическая длина пути волновых фронтов от опорной и измеряемой поверхности – одинаковая. Так как прибор представляет собой интерферометр совмещённый с микроскопом, то для наблюдения интерференционной картины на экране монитора, фокусное расстояние должно совпадать с оптической длиной пути от опорной плоскости. Интерференция между двумя волновыми фронтами результируется в изображение светлых и тёмных полос. Профиль исследуемой поверхности сканируется вертикальным перемещением объектива с помощью пьезоэлектрического преобразователя с высоколинейными емкостными датчиками. А видеосистема фиксирует интенсивности в каждом пикселе камеры, которые затем преобразовываются в карты высот программного обеспечения MetroPro. Длина сканирования в программе MetroPro определяет фактическую величину перемещения объектива. Чем больше будет длина сканирования, тем больше времени потребуется для сбора данных. При длине сканирования 5 μm, время сканирования – 1 с [1].

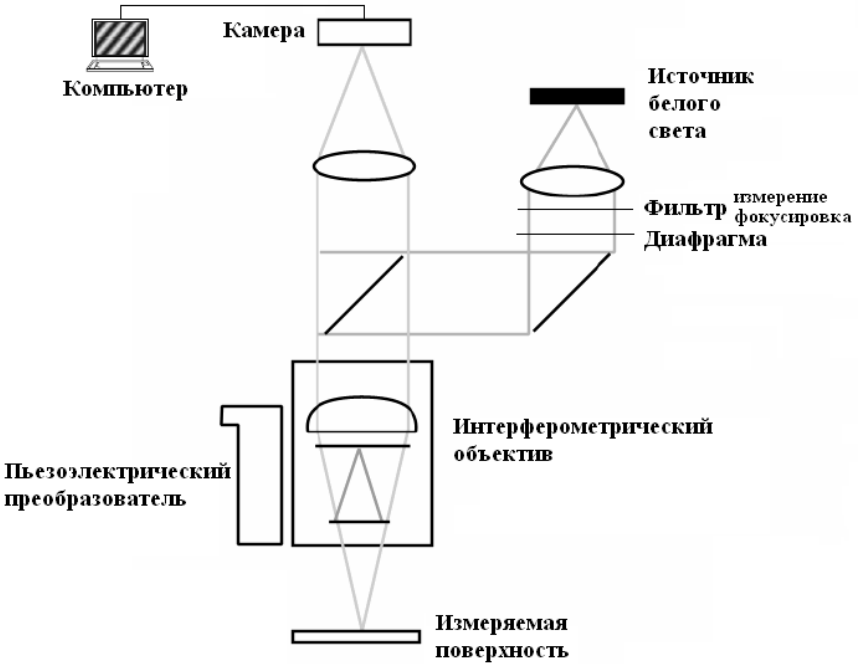

Рис. 1. Структурная схема оптической системы New View 6200

3. Ошибки, возникающие при измерении на Белом интерферометре: - возникновение ошибки при измерении толщины многослойного диэлектрического покрытия на ситалловой подложке.

При измерении толщины многослойного диэлектрического покрытия наблюдается разница между величинами толщин, полученными на Белом интерферометре (рис. 2) и механическом профилометре (рис. 3).

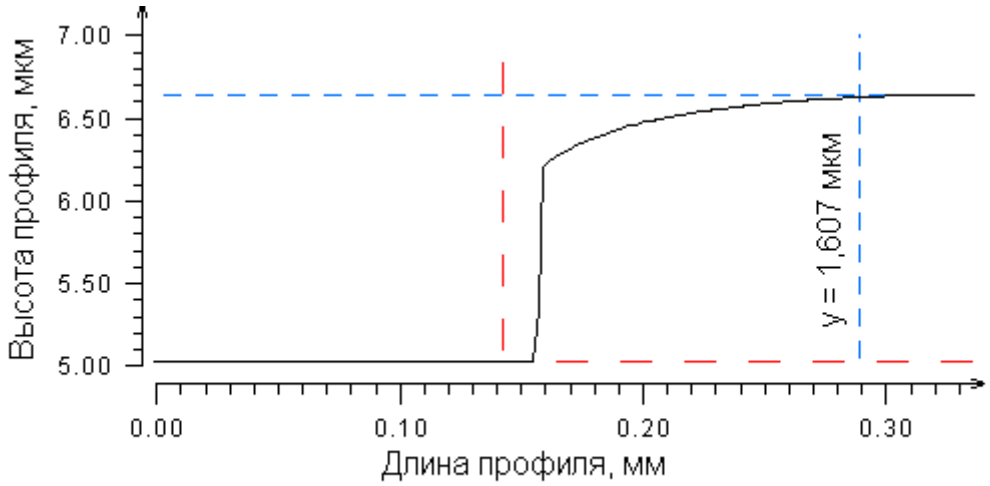

Рис.2 Профиль ступеньки, измеренный на Белом интерферометре

Высота профиля, измеренная на белом интерферометре y = 1,607µm. Высота ступеньки, измеренная более точно в приложении Step Height h = 1,595 µm. В то время как, высота профиля, измеренная на механическом профилометре y = 2,373 µm.

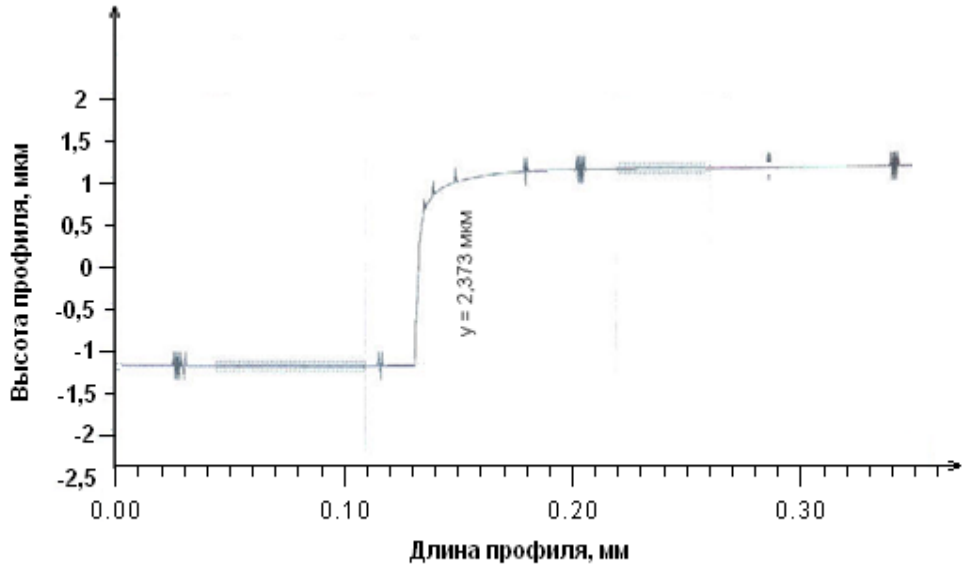

Рис. 3 Профиль ступеньки, измеренный на механическом профилометре

Такая разница в измеренных величинах объясняется различными коэффициентами отражения многослойного диэлектрического покрытия и ситалловой подложки, на которую оно напылено, так как при измерении стандарта Step Height рис.4, измеренная высота совпадает с высотой, указанной в сертификате ((1,779 ± 0,01) мкм). Стандарт Step Height предназначен для повышения точности измерений интерферометра New View 6200 по высоте.

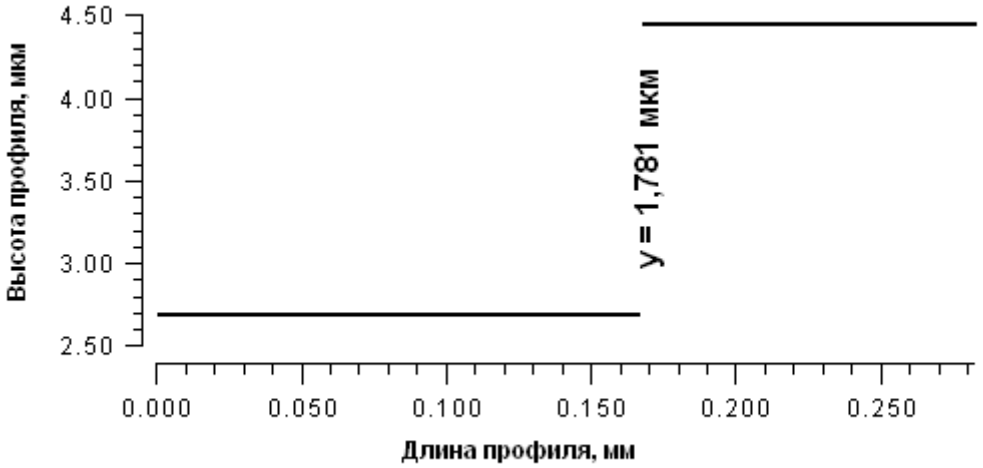

Рис.4 Измерение высоты ступеньки стандарта Step Height

Приведённые результаты показывают, что на приборе можно проводить измерение высоты ступенек (толщины покрытий) образцов с одинаковыми коэффициентами отражения. А измерение высот материалов с различными коэффициентами отражения будут содержать большие погрешности.

- возникновение дисперсионной ошибки при измерении топографии поверхности на Белом интерферометре.

Для вычитания оптических аберраций и повышения точности измерений интерферометра New View 6200 предлагается использовать высококачественную эталонную поверхность из карбида кремния (The Precision Reference Flat, ZYGO part number 1776-666-012). Однако, из-за разности коэффициентов отражения (рис. 5), измеряемых высококачественных оптических поверхностей, имеющих спектр отражения отличный от спектра отражения от эталонной поверхности из карбида кремния, вычитание файла, призванного устранить оптические аберрации, при измерении поверхностей приводит к большим ошибкам.

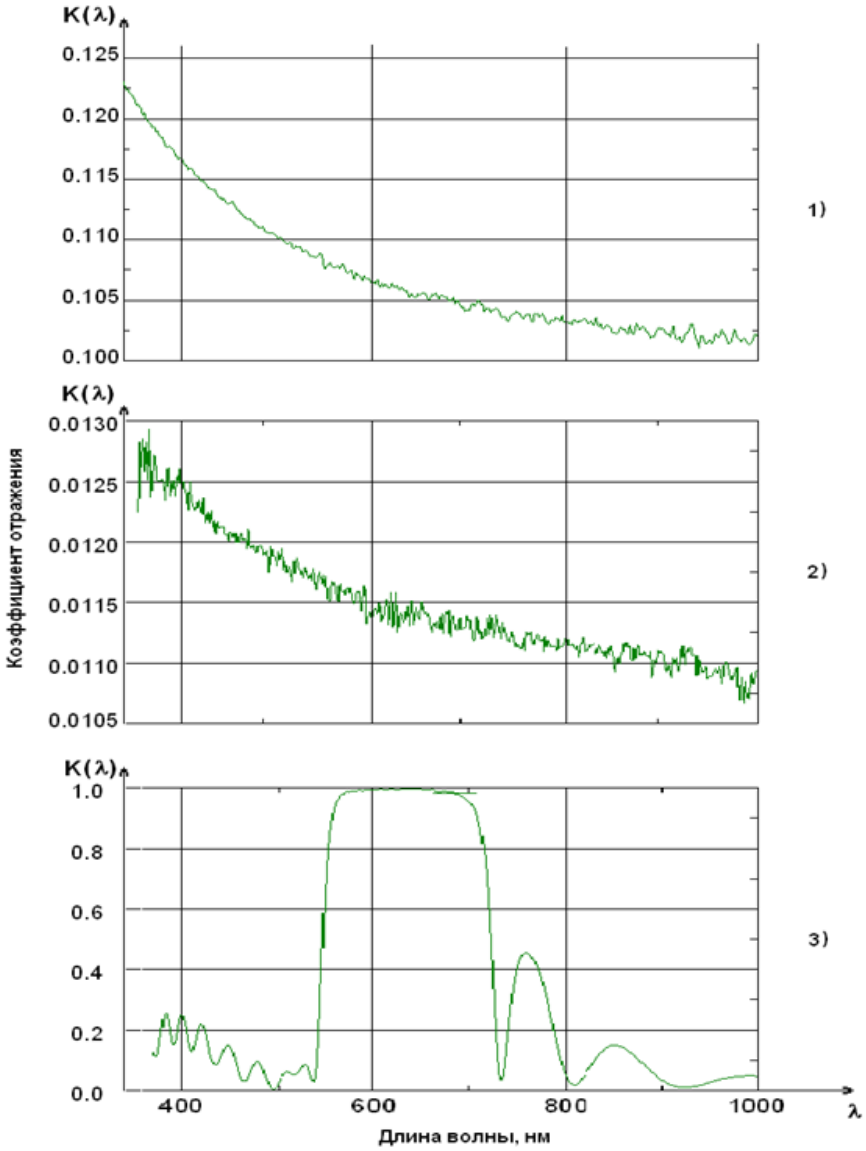

Рис. 5 Коэффициенты отражения для трёх эталонных поверхностей – К(λ)

- 1) эталонная поверхность из карбида кремния ;
- 2) эталонная поверхность - ситаловая подложка ;
- 3) эталонная поверхность - многослойное диэлектрическое покрытие, на ситаловой подложке.

Это видно на рисунке профилей измеренных отражённых волн от трёх различных эталонных поверхностей (рис. 6): так, при вычитании файла ошибки, созданного на эталонной поверхности из карбида кремния, из эталонной поверхности – ситалловой подложки, ошибки при измерении шероховатости не произойдёт. При вычитании файла ошибки, созданного на эталонной поверхности из карбида кремния, из эталонной поверхности многослойного диэлектрического покрытия, ошибка будет значительная (в ряде случаев до 100%). Файл ошибки можно использовать для измерения нанометрового профиля и совершенно не подходит для измерения шероховатости порядка единиц ангстрем. То есть для измерения шероховатости порядка единиц ангстрем на поверхностях, имеющих коэффициент отражения отличный от эталонной поверхности, файл ошибки для вычитания оптических аберраций применять нельзя.

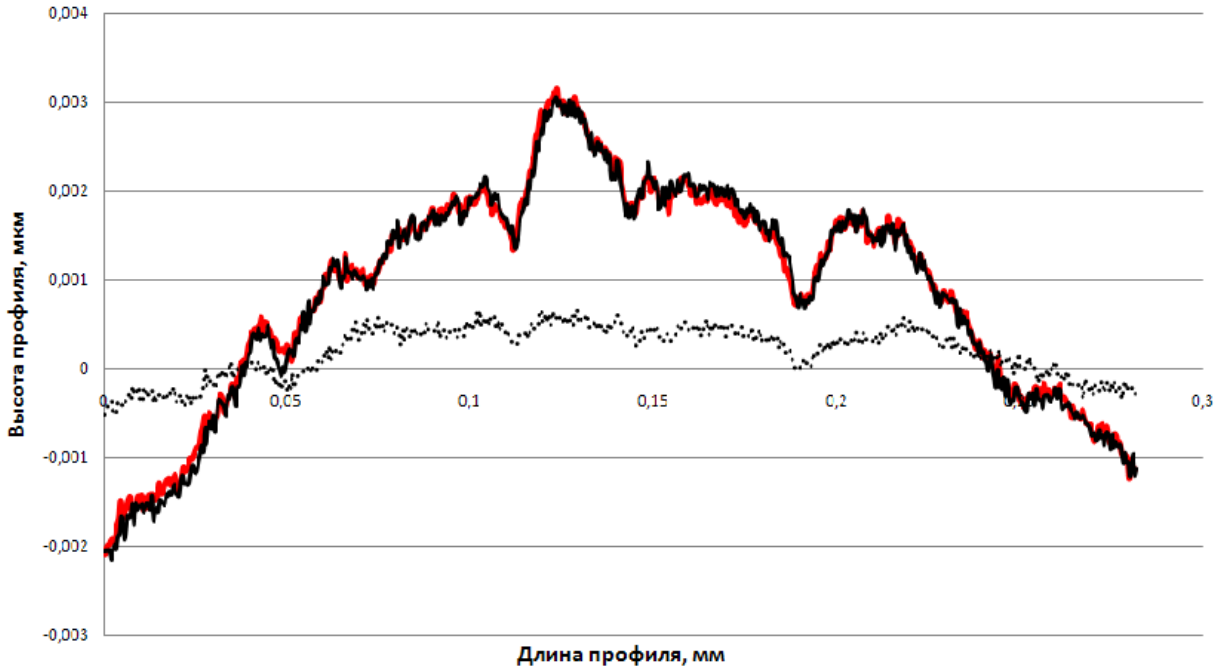

Рис. 6 Профили измеренных отражённых волн от трёх различных эталонных поверхностей

эталонная поверхность из карбида кремния

эталонная поверхность - ситаловая подложка

эталонная поверхность - многослойное диэлектрическое покрытие, на ситаловой подложке

4. Выводы

Рассмотренный в работе интерферометр белого света позволяет быстро, точно и удобно контролировать такой параметр как форма поверхности, в частности, сферичность [1], плоскостность, местную ошибку. Несмотря на выявленные и описанные в данной работе ограничения прибора, вносимые дисперсией белого света и коэффициентом отражения измеряемых поверхностей, измерение шероховатости и высоты покрытий хоть и имеют свои особенности, но возможно при измерении шероховатости чистых оптических поверхностей и поверхностей с однородными пленками толщиной более 1 мкм.

Заключение

В заключение авторы благодарны В.В.Фокину за предоставление результатов измерений спектров отражения контролируемых поверхностей. Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований. Грант РФФИ 07-02-13662.

1. В.В.Азарова, Т.В. Цветкова, Метод некогерентной интерферометрии для контроля качества зеркал прецизионных измерительных система. Труды 9-й Межвузовской школы, МГУ, стр.95, 2008.
2. Jeremy Coupland and others. Limitation of White light interferometry. Proceeding of Loughborough University, UK, 2010