

НОВЫЙ ТЕНЕВОЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ В ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

В работе выполнен сравнительный анализ двух теневых методов получения профиля поверхности в оптическом микроскопе. Первый метод является классическим, он реализован в двойном микроскопе Линника. Вторым методом предложен авторами, он основан на использовании тени от яркого источника без использования оптической системы. В работе приведены описание нового метода, схемы его реализации в виде модуля для оптического микроскопа, макет модуля для теневого метода и результаты экспериментального исследования двух методов. Доказано, что предложенный теневого метод имеет преимущества: при одинаковых погрешностях измерения высоты профиля он имеет больший диапазон измерений и существенно меньшую себестоимость.

Ключевые слова: оптический микроскоп, теневого метод, профиль поверхности.

A. FESENKO, V. BOROVYTSKY

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

NEW SHADOW METHOD FOR THE OBTAINING SURFACE PROFILE IN THE OPTICAL MICROSCOPE

In article presented the comparative analysis of the two shadow methods for obtaining the surface profile in an optical microscope. The first method is a classic, it is implemented in the double Linnik microscope. The second method proposed by the authors, it is based on the use of the shadow from a bright source without the use of an optical system. The paper contains a description of the new method, implementation scheme of a module for the optical microscope, the prototype of proposed module and results of experimental investigation of two methods. It is proved that the proposed shadow method has the advantages: in case of the same error in measuring the height of the profile it has a larger measurement range and significantly lower costs.

Key words: optical microscope, 3D image, Shadow method.

Введение

Бурное развитие микро-механических и микро-оптических устройств требует большого количества оптических микроскопов, способных формировать трехмерные изображения или хотя бы профили поверхности этих устройств. К сожалению, цена микроскопов для получения трехмерных изображений лежит в диапазоне от 20 000 до 150 000 евро, что существенно ограничивает их использование в Украине [1]. Поэтому возникает потребность в создании экономичных приспособлений, которые при малой стоимости обеспечивали измерение профиля поверхности и в перспективе – получение трехмерных изображений. Целью данной работы является экспериментальное исследование экономичного теневого метода, предложенного авторами. Данный метод позволяет с малыми затратами средств преобразовать любой оптический микроскоп в прибор для измерения профиля поверхности, который не уступает двойному микроскопу Линника [2,3].

Описание предложенного теневого метода и модуля для его реализации

Схема предложенного теневого метода показана рис. 1. Излучение от источника излучения через щелевую диафрагму попадает на исследуемый образец. Перед образцом устанавливается нож Фуко – отточенная пластина, которая бросает тень на исследуемый образец. Эта тень рассматривается в оптический микроскоп. Если на микроскопе установлена цифровая камера (ЦК), то полученные при помощи нее цифровые изображения профиля поверхности могут быть использованы для измерений.

Авторами спроектирован, изготовлен, собран и исследован первый прототип модуля теневого проекции профиля для реализации теневого метода (рис. 2 – 5). В качестве источника излучения используется SMD светодиод с рабочим напряжением 2.2В, индикатрисой 140°, слой света 120мкд и длиной волны излучения 630±10 нм. Данный светодиод обладает плоской площадкой излучения размером 0,8х0,8 мм². Размер щелевой диафрагмы 0,3 мм х 5 мм. Объектив

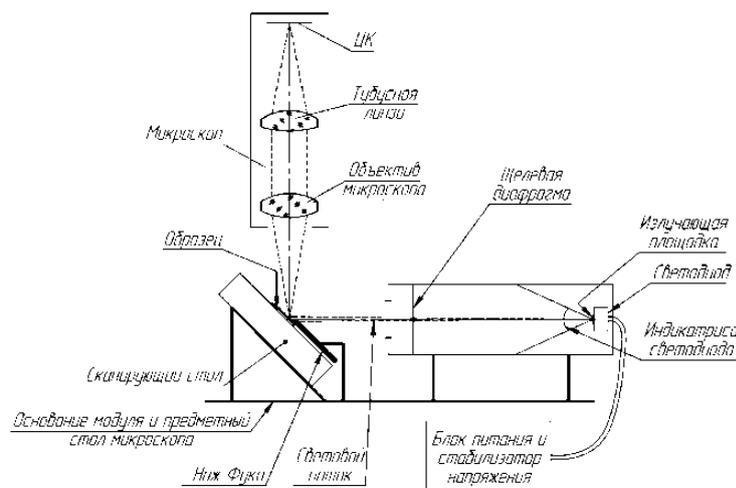


Рис. 1. Предложенный теневого метод получения профиля поверхности

микроскопа 5^x , апертура 0,3, об'єктив с плоскістю зображення в бесконечности. Тубусная линза имеет стандартное фокусное расстояние 165 мм. Она строит изображение исследуемого образца в плоскости сенсора ЦК (Sumix M81M). Разрешение ЦК – 1280 x 1024 пикселя; размер сенсора – 6,7 мм x 5,4 мм.

Модуль включает в себя блок подсветки и установки исследуемого образца. Блок подсветки состоит из светодиода (характеристики см. выше), блока питания со стабилизатором напряжения, щелевой диафрагмы и ножа Фуко (рис. 3). Данный блок обеспечивает подсветку образца квазипараллельным пучком света с резкой границей светлого и темного полей, создаваемую ножом Фуко. Образец устанавливается на наклоненный, под 45° к оптической оси микроскопа и блока подсветки, подвижный стол. Изображение границы светлого и темного поля, созданного на образце, проецируют объективом микроскопа и тубусной линзой в плоскость приемника ЦК для его регистрации. Затем цифровое изображение обрабатывают при помощи программного обеспечения для определения профиля поверхности и восстановления трехмерной карты поверхности.

Для экспериментального исследования разработанного модуля и двойного микроскопа

Линника использовались концевые меры длины (КМД). Для проведения измерений были выбраны КМД толщин 1 мм; 1,02 мм; 1,05 мм; 1,1 мм; 1,2 мм; 1,5 мм; 2 мм. КМД устанавливались попарно, рядом друг с другом для создания разности высоты 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 и 1 мм в поле зрения микроскопа. Результирующие изображения обоих методов приведены в табл. 1.

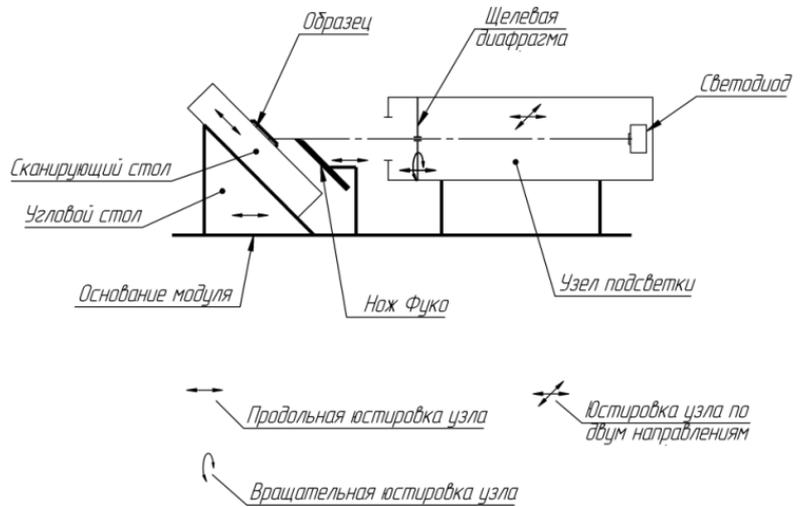


Рис. 2. Механическая схема модуля для реализации предложенного теневого метода

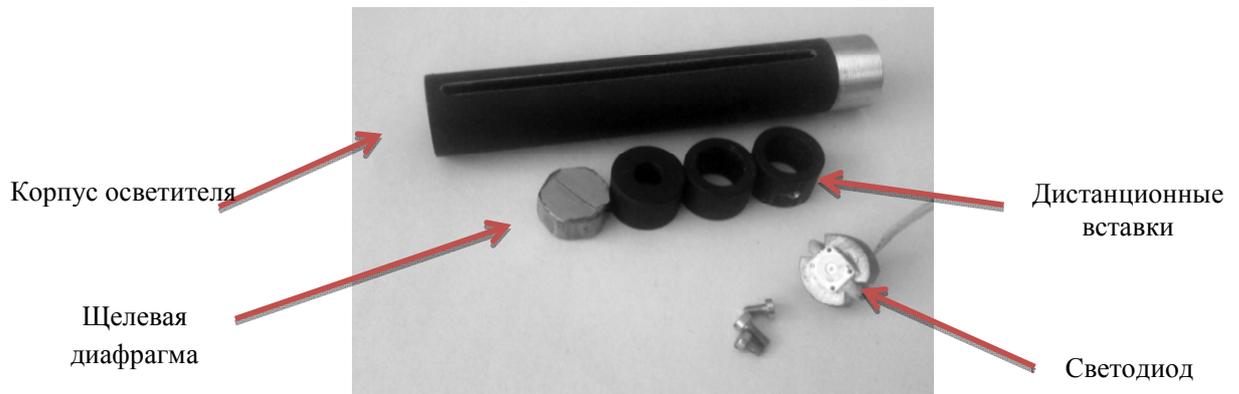


Рис. 3. Фото осветительного блока модуля (разобранный вид)

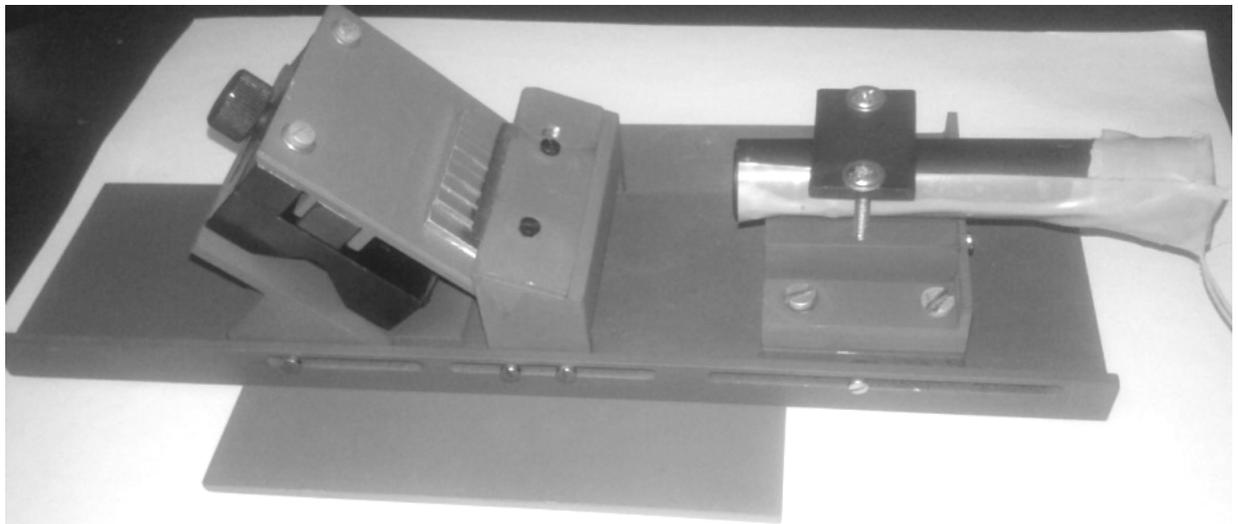


Рис. 4. Фотография первого прототипа модуля в сборе

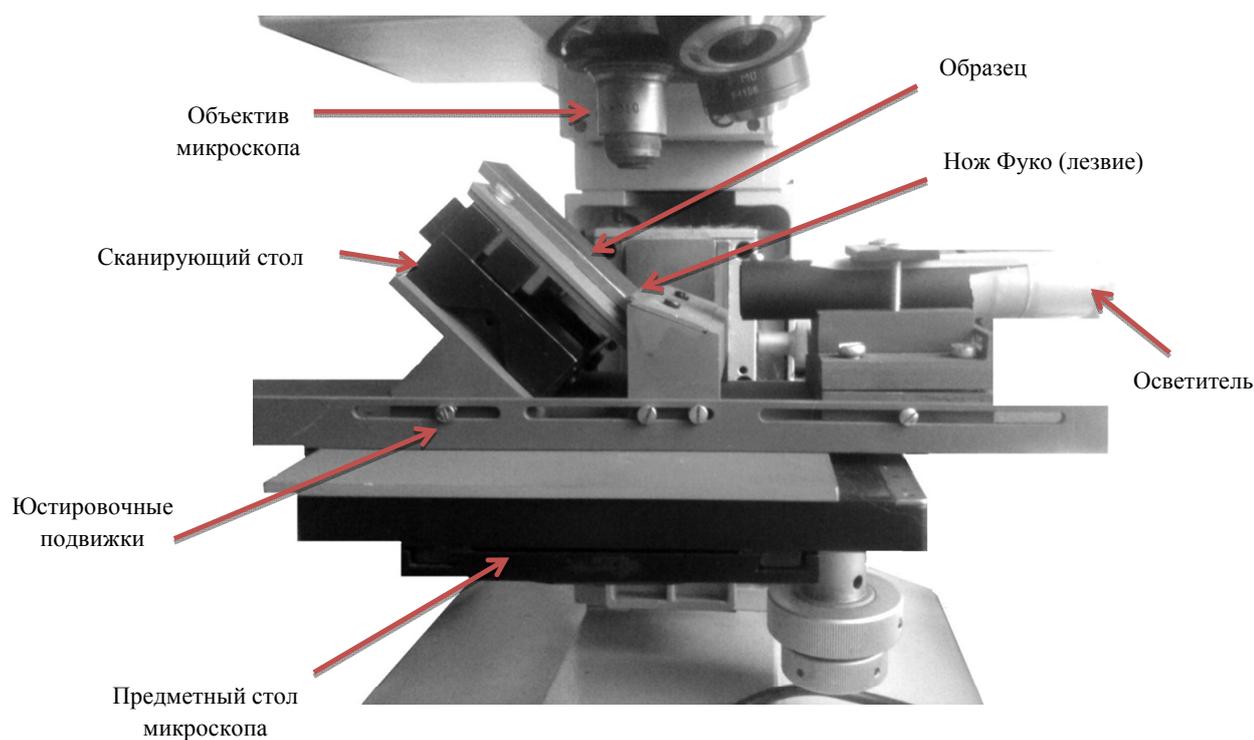


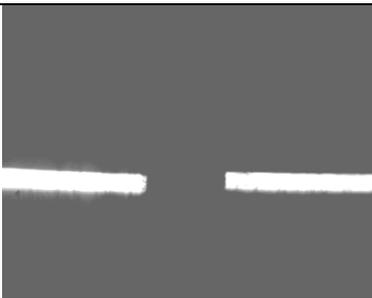
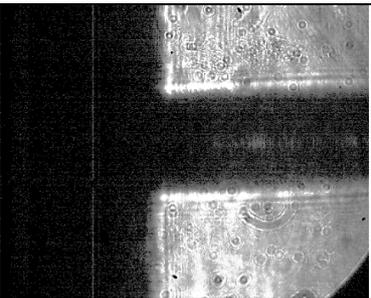
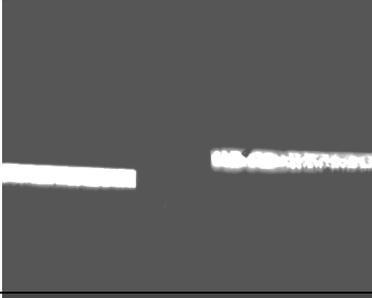
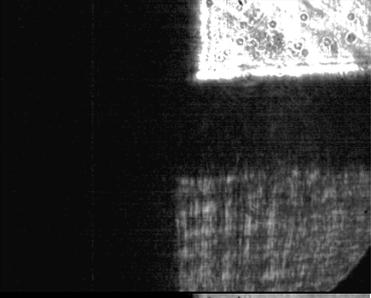
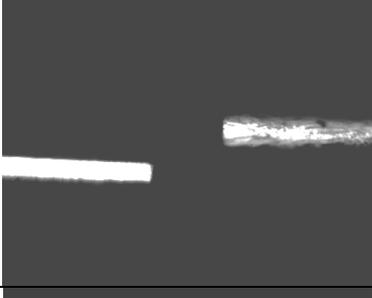
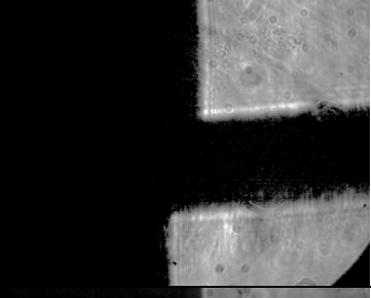
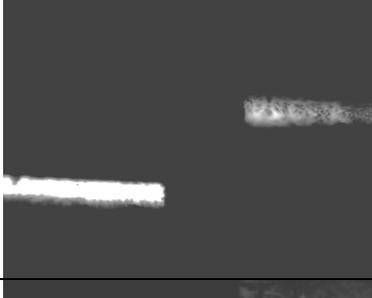
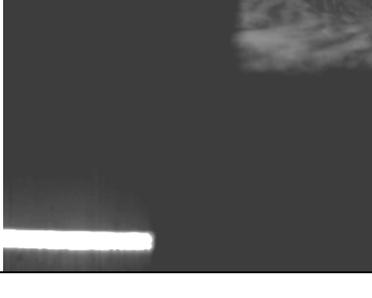
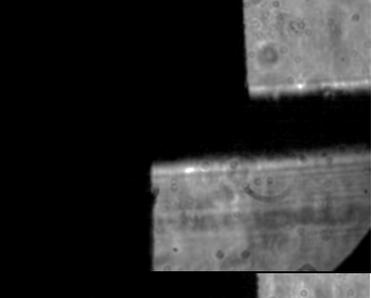
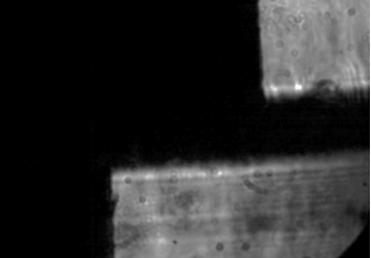
Рис. 5. Фотография модуля, установленного на оптический микроскоп



Рис. 6. Фотография Двойной микроскоп Линника с цифровой камерой

Изображения, полученные двумя методами, приведенные в табл. 1. показывают, что предложенный метод имеет больший диапазон измерения, ввиду большего поля зрения и отсутствия фокусирующей оптической системы осветительного канала, и как следствие – отсутствия ее глубины резко изображаемого пространства [4]. Также у этого теневого метода наблюдаются более резкие границы темного и светлого полей. У двойного микроскопа Линника затруднено визуальное снятие результатов больших разниц высот, т.к. при наблюдении одной резкой линии – вторая наблюдается размытой, без четких границ. Это подтверждает факт, что предложенный теневой метод может быть рассмотрен как удачное техническое решение для измерения профиля поверхности и получения трехмерных изображений поверхности.

Цифровые изображения, полученные на двойном микроскопе Линника и модуле теневой проекции профиля

Δh , мм	Двойной микроскоп Линника		Модуль теневой проекции профиля	
0,02				
0,05				
0,1				
0,2				
0,5				
1				

Выводы

Выполненные экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Предложенный теневой метод получения профиля поверхности является работоспособным.
2. Предложенный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с теньевым методом, реализованным в двойном микроскопе Линника:
 - при одинаковых погрешностях измерения он имеет больший диапазон измерений;
 - при использовании компактных модулей он может использоваться на любом микроскопе, в том числе биологическом микроскопе без осветителя для наблюдения в отраженном свете;
 - предложенный метод существенно экономичнее двойного микроскопа Линника.
3. Дальнейшее совершенствование предложенного метода должно идти в направлении оценки и минимизации погрешностей измерений, разработки методов цифровой обработки для минимизации этих погрешностей в восстановлении трехмерной формы поверхности и упрощения конструкции модуля.

Литература

1. Фесенко А.В. Современное состояние оптической микроскопии для получения трехмерных изображений. / Фесенко А.В., Боровицкий В.Н. // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах. – 2015. – №1. – с. 62-72
2. Скворцов Е.Г. Микроскопы / Е.Г. Скворцов, В.А. Панов, Н.И. Поляков, Л.А. Федин. – Л.: Машиностроение, 1969. – 512с.
3. Егоров В.А. Оптические и щуповые приборы для определения шероховатости поверхности / В.А. Егоров. – М.: Машиностроение, 1965. – 220 с.
4. Borovytskyi V. Comparison analysis of illumination systems for digital light microscope according to uniformity of irradiance distribution / V. Borovytskyi // Proc. of SPIE 59420Z-9 – 2012.

References

1. Fesenko A.V., Borovytsky V.N. Sovremennoe sostojanie optichesky microscopii dlja poluchenija trehmernyh izobrazenij. Khmelnytskyi. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2015. Issue 1. pp. 62-72.
2. Scvortsov E.G., Panov V.A., Poljakov N.I., Fedin L.A. Microscopy. – L.: Mashinistroenie, 1969. – pp. 512.
3. Egorov V.A. Opticheskie i shhupovye pribory dlya opredeleniya sherohovatosti poverhnosti. – M.: Mashinistroenie, 1965. – pp. 220.
4. Borovytskyi V. Comparison analysis of illumination systems for digital light microscope according to uniformity of irradiance distribution. Proc. of SPIE 59420Z-9 – 2012.

Рецензія/Peer review : 11.6.2015 р. Надрукована/Printed :25.6.2015 р.
Стаття рецензована редакційною колегією