

УДК 53.082.5:621.373.826

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРОФИЛЯ ПРИБЛИЖЕННО ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Балыкин И.В.<sup>1,2</sup>, Рыжевич А.А.<sup>1,2</sup>, Железнякова Т.А.<sup>2</sup>, Машенко А.Г.<sup>1</sup>, Смирнов А.Г.<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

**Введение.** При изготовлении детали и ее последующей эксплуатации ее поверхность приобретает специфическую геометрию, определение которой является актуальной задачей в современных науках и технологиях. Для определения профиля поверхности в настоящее время используются профилометрические устройства, основанные на различных принципах работы. В [1] было предложено профилометрическое устройство с наклонным падением сканирующего лазерного луча. В [2] было показано, что с помощью этого устройства можно с достаточно высокой точностью регистрировать отклонения от прямолинейной образующей плоских, цилиндрических и конических поверхностей, получая таким образом профилограммы поверхностей. Однако перемещение оптического блока или исследуемой поверхности и регистрация данных в [2] производились в ручном режиме. Поэтому нами на современной компонентной базе было разработано и изготовлено автоматизированное устройство для регистрации профиля приближенно плоских поверхностей, работающее по такому же принципу.

**Состав устройства.** Разработанное устройство включает в себя оптико-механический блок, блок управления и программное обеспечение. В блок управления входят два сервоконтроллера TDC001 (Thorlabs, США) и персональный компьютер с разработанным нами программным обеспечением. Программное обеспечение служит для управления работой сервоконтроллеров, управления системой регистрации данных на основе USB-микроскопа, анализа данных, записи и вывода результатов измерений.

**Оптико-механический блок.** На рис. 1 показана конструкция оптико-механического блока устройства. На жестком основании 1 с регулировочными ножками 2, выполненном из стального швеллера шириной 120 мм, жестко закреплен оптический рельс 3. На рельсе 3 с помощью каретки 4 закреплен механический узел, состоящий из двух регулировочных платформ 5 и 6, служащих для крепления и юстировки оптического блока 7. Справа на рельсе 3 с помощью каретки 8 ортогонально друг другу закреплены управляемые трансляционные платформы 9 и 10 с актуаторами модели Z825B («Thorlabs», США), образующие 2D координатный столик, на верхней платформе которого размещается исследуемый образец 11.

На рис. 2 приведена фотография собранного нами оптико-механического блока.

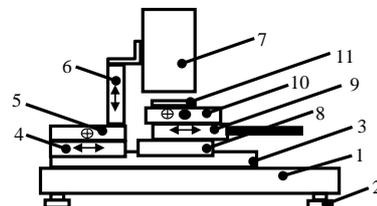


Рисунок 1 – Конструкция оптико-механического блока профилометрического устройства



Рисунок 2 – Оптико-механический блок

После установки исследуемого образца на координатный стол оптический блок с помощью платформ 5 и 6 выставляется относительно образца таким образом, чтобы фокусное пятно на образце имело наименьший возможный размер, после чего автоматически регистрируется профиль поверхности исследуемого образца.

**Оптический блок.** На рис. 3 показана 3D-модель оптического блока профилометра.

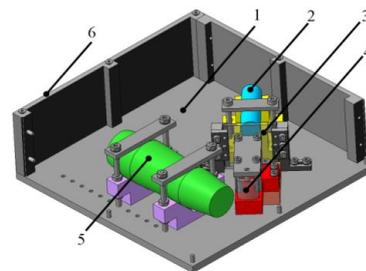


Рисунок 3 – 3D-модель оптического блока профилометрического устройства без двух стенок и крышки

На основании 1 под углом 45° к лицевой панели установлен полупроводниковый лазерный модуль KLM-M650-40-5 производства ЗАО «ФТИ-Оптроник» (Россия) с коллиматором. Лазерное излучение модуля ослабляется attenuатором 3 на нейтральных светофильтрах, после чего фокусируется цилиндрической линзой 4, закрепленной на юстировочной платформе. Для регистрации фокусного пятна на исследуемой поверхности с целью последующей обработки данных на

ПЭВМ используется USB-микроскоп 5 МИКМЕД 5.0 (Китай). Для предотвращения попадания пыли и постороннего света на элементы устройства они закрыты кожухом, состоящим из боковых стенок 6 и верхней крышки. На рис. 4 приведена фотография изготовленного нами оптического блока профилометрического устройства.



Рисунок 4 – Фотография оптического блока профилометрического устройства со снятой крышкой

**Сканирующий лазерный пучок.** На рис. 5 показано вытянутое в форме узкой полосы фокусное пятно в перетяжке сканирующего лазерного пучка, формируемого цилиндрической линзой (позиция 4 на рис. 3).

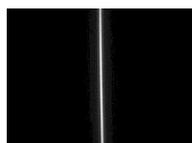


Рисунок 5 – Фокусное пятно сканирующего лазерного пучка

На рис. 6 приведено распределение интенсивности, полученное усреднением центральной полосы поперечного распределения интенсивности шириной в 20 пикселей, показанного на рис. 5. Такая конфигурация пятна, в соответствии с проведенными исследованиями, свидетельствует о достаточно хорошей юстировке цилиндрической линзы относительно лазерного модуля и объектива USB-микроскопа.

На рис. 7 показан калибровочный график устройства, с помощью которого по смещению фокусного пятна можно определять продольную координату точки исследуемой поверхности.

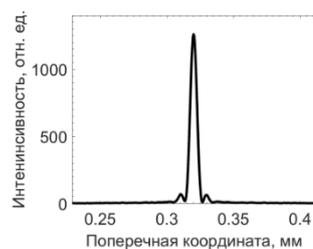


Рисунок 6 – Поперечное распределение интенсивности вдоль горизонтальной полосы по кадру на рисунке 5

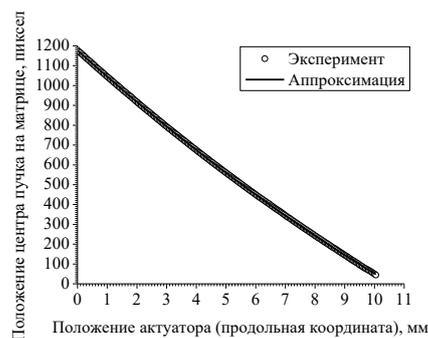


Рисунок 7 – Калибровочный график устройства

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках задания 1.1.01 (№ гос. регистрации 20160091) ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника» на 2016–2020 г.г. Для сборки и отладки профилометрического устройства использовались результаты исследований по заданию 1.3.03 (№ гос. регистрации 20160092) этой же ГПНИ.

#### Литература

1. Пат. 9915, МПК G 01B 9/02. Устройство для определения отклонения поверхности объекта от образующей / А.А. Рыжевич, С.В. Солоневич, В.Е. Лепарский, А.Г. Смирнов; № u 20130565; Заявл. 04.07.2013; Опубл. 28.02.2014 // Афіцыйны бюлетэнь. 2014. № 1 (96). С. 199–200.
2. Рыжевич, А. А. Оптические методы определения параметров плоских и цилиндрических поверхностей различного качества / А.А. Рыжевич, С.В. Солоневич, В.Е. Лепарский, А.Г. Смирнов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2015. – № 2, спецвыпуск № 2. – С. 34–66.

УДК 621.373:535

### ОДНОМОДОВЫЙ ГАЗОВЫЙ ЛАЗЕР СО СЛАБО АНИЗОТРОПНЫМ РЕЗОНАТОРОМ В ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Впервые нестационарное поведение поляризационных характеристик лазерного излучения в отсутствие внешнего, зависящего от времени воздействия было обнаружено в промышленных лазерах с внутренними зеркалами [1, 2].

В работах [2, 3] на основании теоретических и экспериментальных исследований показано, что режимы с периодически изменяющимися во времени поляризационными характеристиками (поляризационной неустойчивостью) обусловлены