

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ В БИОМЕДИНЖЕНЕРИИ

Т. В. Бернадская¹, к. т. н. К. В. Колесник¹, к. т. н. Р. С. Томашевский¹,
к. м. н. Т. М. Бархоткина²

¹НТУ «Харьковский Политехнический Институт»,

²Медицинский центр «ПульсМедика»

Украина, г. Харьков

kolesniknet@ukr.net

Разработан экспериментальный стенд для исследования возможности повышения качества трехмерного изображения эритроцитов крови человека для совершенствования методик лабораторной диагностики пациентов. В предложенном варианте построения лабораторной установки с использованием метода голографической интерферометрии была проведена целевая оптимизация способов формирования опорного и объектного пучка лучей, что значительно повысило технико-экономические характеристики прибора.

Ключевые слова: лабораторная диагностика, эритроциты, голография, интерферометрия.

Современные методы медицинской диагностики состояния пациента невозможны без комплексного обследования функционирования всех систем организма, применения высокотехнологичного электронного оборудования и новых методик исследования. Разработка таких методик базируется на использовании передовых достижений в области биофизики, наноэлектроники и других научных направлений, позволяющих получать информацию о состоянии организма пациента и функционирования его систем [1, 2].

При этом важнейшим анализом для лабораторных медицинских исследований является кровь человека, участвующая в работе практически всех его органов и несущая информацию о происходящих в них процессах. Около половины всего объема крови взрослого человека приходится на эритроциты, в составе которых содержится гемоглобин — белок, ответственный за транспорт кислорода и углекислого газа во всем организме. Отличие формы эритроцитов от нормальной является индикатором патогенного процесса и отражает состояние организма в целом.

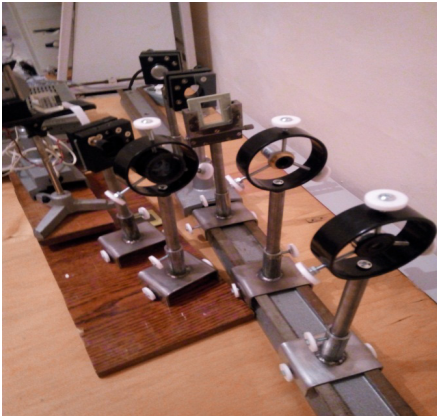
Целью данной работы является разработка экспериментального стенда для исследования возможности повышения качества трехмерного изображения эритроцитов крови человека за счет целевой оптимизации способов формирования опорного и объектного пучка лучей интерферометра.

Принцип работы стенда основан на том, что прозрачные микрообъекты изменяют фазу проходящего через них света, так как их показатель преломления отличается от показателя преломления окружающей среды и из-за сложности структуры таких объектов, световая волна, прошедшая через них, приобретает фазовый характер.

Экспериментальный стенд для получения трехмерного изображения эритроцитов крови человека является прототипом цифрового голографического интерференционного микроскопа, и представляет собой оптико-электронный прибор с когерентным источником света (см. рисунок). В отличие от существующих аналогов, разрабатываемый нами вариант прибора имеет ряд усовершенствований, которые позволят добиться изображения более высокого качества: имеет возможность смены увеличения, прост в использовании при малых габаритах [3].

Для освещения исследуемого образца был применен полупроводниковый лазер с целью получения строго монохроматического пучка света. Интерференция световых волн получается путем разделения монохроматического излучения на два пучка — предметный и опорный — с последующим наложением их друг на друга.

С целью обеспечения большей интенсивности светового потока двух когерентных пучков от одного источника света для разделения пучка лучей на две оптические ветви был применен светоделительный кубик.



Экспериментальный стенд для исследования метода голографической интерферометрии

Для повышения качества изображения эритроцитов крови (7—10 мкм) была проведена целевая оптимизация оптических элементов прибора, что позволило значительно уменьшить светопотери при снижении массогабаритных показателей прибора.

Были подобраны оптимальные значения числовой апертуры объектива, обеспечивающие достаточную разрешающую способность для данного микрообъекта. Применение многолинзового объектива для опорного пучка лучей позволило уменьшить aberrации оптической системы и улучшить дискретность настройки объектива. В объектном пучке для повышения качества изображения был применен окуляр Кельнера, состоящий из коллективной и глазной линз. Данный вид окуляра имеет малые размеры и строит вторичное изображение исследуемого образца высокого качества

в виду того, что глазная линза представляет собой склейку линз разных по знаку (положительной и отрицательной) и выполненных из разных материалов (крона и флинта).

Кроме того, для настройки объектива в двух режимах работы — для оценки формы и состояния эритроцитов с целью выявления возможных патологий и для подсчета их количества в единице объема для определения их концентрации — была использована телескопическая система Галилея, обеспечивающая масштабирование объекта исследования с необходимой точностью без его перефокусировки в процессе эксперимента. В переднем фокусе окуляра микроскопа расположены голографические пластины. За счет введения в оптические ветви поляризационных светофильтров повышается качество и контраст голограммы и интерферограммы. Интерферограммы исследуемого образца регистрируются с помощью цифровой видеокамеры с последующей обработкой на компьютере [3].

Предложенный экспериментальный стенд для исследования возможности повышения качества трехмерного изображения эритроцитов крови для оценки возможных патологий имеет характеристики, приближенные к характеристикам голографического интерференционного электронного микроскопа. Применение данного прибора позволит значительно снизить затраты на лабораторные исследования эритроцитов крови, а также будет способствовать дальнейшему совершенствованию их методик.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Погарев Г. В., Киселев Н. Г. Оптические юстировочные задачи.— Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд., 1989.
2. Панов В. А. Кругер М. Я. Справочник конструктора оптико-механических приборов— Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд., 1980.
3. Бархоткина Т. М., Бернадская Т. В., Томашевский Р. С. 3В морфология эритроцитов и способ ее реализации // Матер. I Междунар. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения».—2017.— Украина, Харьков.— С. 43—44.

T. V. Bernads'ka, K. V. Kolisnyk, R. S. Tomashevskiy, T. M. Barkhotkina

Experimental stand for the investigation of the possibility to apply holographic interferometry in biomedical engineering

The paper examines an experimental stand for investigating the possibility of improving the quality of a three-dimensional image of human erythrocytes in order to improve the methods of laboratory diagnosis of patients. In the proposed design of the laboratory setup using the method of holographic interferometry, the target optimization of the methods of forming the reference and object beam was carried out. This significantly increased technical and economic characteristics of the device.

Keywords: laboratory diagnostics, red blood cells, holography, interferometry.