

Литература

1. Джensen, М. П. Методы оценки боли: использование визуальной аналоговой шкалы / М. П. Джensen. – СПб. : Питер, 2012. – 256 с.
2. Клиланд, Ч. С. Краткий опросник боли: применение в клинической практике / Ч. С. Клиланд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 200 с.
3. Неблетт, Р. Индекс центральной сенситизации (CSI): клиническое применение. – URL: <https://www.journalofpain.ru/central-sensitization-inventory> (дата обращения: 02.10.2025).

ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП**М. В. Волосевич, И. В. Дорощенко***Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Представлен принцип работы простейшего цифрового голографического микроскопа, построенного на базе одноплатного компьютера и ПЗС-матрицы от цифровой камеры.

Ключевые слова: цифровая голографическая микроскопия, цифровой голографический микроскоп, голографическая съемка.

DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPE**M. V. Valasevich, I. V. Doroshchenko***Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

The operating principle of a simple digital holographic microscope based on a single-board computer and a CCD sensor from a digital camera is presented.

Keywords: digital holographic microscopy, digital holographic microscope, holographic imaging.

Цифровая голографическая микроскопия (Digital Inline Holographic Microscopy, DIHM) – это современный метод микроскопии, основанный на регистрации и последующей численной реконструкции голограмм. В отличие от традиционного микроскопа, DIHM не использует оптические линзы для формирования изображения. Вместо этого применяется когерентный источник света и цифровая камера (ПЗС-матрица), а формирование трехмерного изображения объекта происходит с помощью компьютерной обработки [1–3].

Целью данной работы является создание простого и недорогого цифрового голографического микроскопа, основанного на использовании одноплатного компьютера Raspberry Pi, камеры Pi Cam, мощного светодиода и диафрагмы диаметром 15 мкм. Конструкция микроскопа частично выполнена с использованием 3D-печати, что делает устройство доступным и воспроизводимым в лабораторных условиях.

Функциональная схема простейшего цифрового микроскопа, построенного на основе одноплатного компьютера представлена на рис. 1. Корпус и диафрагму можно выполнить с помощью 3D-принтера.

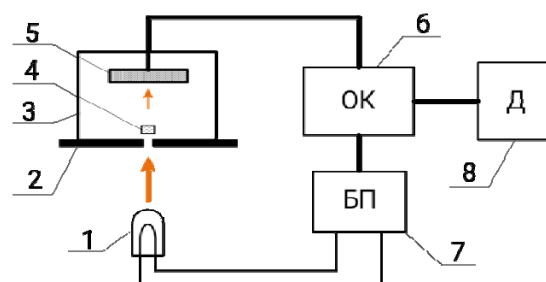


Рис. 1. Функциональная схема простейшего цифрового микроскопа:
 1 – светодиод; 2 – диафрагма; 3 – корпус; 4 – исследуемый прозрачный объект;
 5 – ПЗС-матрица; 6 – одноплатный компьютер (ОК); 7 – блок питания (БП);
 8 – дисплей (Д)

Перед запуском цифрового микроскопа пользователь задает экспериментальные параметры:

- расстояние между диафрагмой и ПЗС-матрицей;
- расстояние между объектом и ПЗС-матрицей;
- диаметр отверстия диафрагмы;
- длину волны источника света.

Вначале необходимо поместить исследуемый прозрачный объект 4 в корпус за диафрагмой 2, затем создать подсветку исследуемого объекта, включив светодиод 1 (рис. 1). Далее выполняется съемка. После удаления объекта, делается серия фоновых изображений для последующей коррекции.

При записи достаточно важными параметрами являются разрешающая способность и плотность. Разрешающая способность обусловлена используемым электронным устройством. Что касается плотности, то поле между двумя датчиками напрямую влияет на частоты. Чем большие частоты регистрируются, тем более хорошего качества получается восстановленное изображение [1–3].

Полученные голограммы можно обрабатывать на персональном компьютере по средствам платформы для анализа изображений Fiji. Для восстановления трехмерного изображения можно использовать специализированный плагин Numerical-Propagation. Плагин выполняет численное распространение светового поля, что позволяет получить реконструкции на разных глубинах и исследовать внутреннюю структуру объекта без механического изменения фокуса. Для повышения контрастности изображений применяется функция *Enhance Contrast*.

Рассмотренный цифровой голографический микроскоп позиционируется как одно из самых простых и малобюджетных устройств, позволяющий осуществлять 3D-визуализацию исследуемых объектов без сложных оптических систем. Подобное оборудование можно использовать для образовательных целей, экспресс-диагностике многокомпонентных биологических сред для определения вирусов, бактерий и других микроорганизмов в жидких и прозрачных средах.

Литература

1. Турухано, Б. Г. Высокоразрешающий цифровой голографический микроскоп для прозрачных объектов / Б. Г. Турухано, Н. Турухано, И. А. Турухано / Наноиндустрия. – 2021. – № 3/4. – С. 232–238.
2. Цифровая голографическая микроскопия: современные методы регистрации голограмм микрообъектов. КиберЛенинка. Архивировано 22 окт. 2016 г. (дата обращения: 11.10.2025).
3. Holographic detection of nonradiative transitions in oxygen molecules: digital and classical approach / A. V. Belashov, N. V. Petrov, I. V. Semenova, O. S. Vasyutinskii // Journal of Physics Conference Series. – 2015.