

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП-СПЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ КАМЕРЫ RT-1280LYNX РАСШИРЕННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА

Бондаренко Максим Андреевич¹, Бондаренко А. В.¹, Князев М. Г.¹, Котцов В. А.¹, Ядчук К. А.¹

¹ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ», Москва, Россия, rastermsk@gmail.com

Автоматизация, повышение оперативности и качества промышленного контроля, геологоразведки, медицинских исследований, таможенного контроля и экспертизы различных материалов, в том числе дистанционно и в полевых условиях, являются важными задачами современного развития. При этом, известные подходы к исследованию и экспресс-контролю материалов обычно трудоёмки и узконаправлены, так как выполняются в лабораториях узкопрофильными специалистами, часто требуют труднодоступного стационарного оборудования, дорогих расходных материалов и редко могут выполняться в потоковом режиме.

Идея оцифровки результатов прецизионных лабораторных анализов (физических, химических, биологических и др.) и возможность установления их соответствия с оптическими спектрально-текстурными свойствами объектов исследования даёт нам основание для создания портативного универсального прибора экспресс-анализа – микроскопа-спектрометра на базе цифровой чёрно-белой измерительной камеры [1].

Известно, что наблюдение объектов в нескольких узких зонах спектра существенно расширяет возможности их различения, недоступные невооружённому глазу [3]. Для этого часто используют оптические фильтры. Однако спектрзональное наблюдение близкорасположенных объектов возможно ещё и при помощи активной селективной подсветки, которая позволяет выполнить конструкцию без механически подвижных частей и устраняет известные недостатки применения оптических фильтров.

В предлагаемой конструкции были учтены недостатки предшествующих разработок видеоспектрометров [2, 4]. С учётом современной номенклатуры светодиодов, для расширения возможностей увеличено число независимых спектральных зон подсветки до 8 с максимумами в 400, 467, 520, 590, 660, 770, 850 и 940 нм, рис. 1:

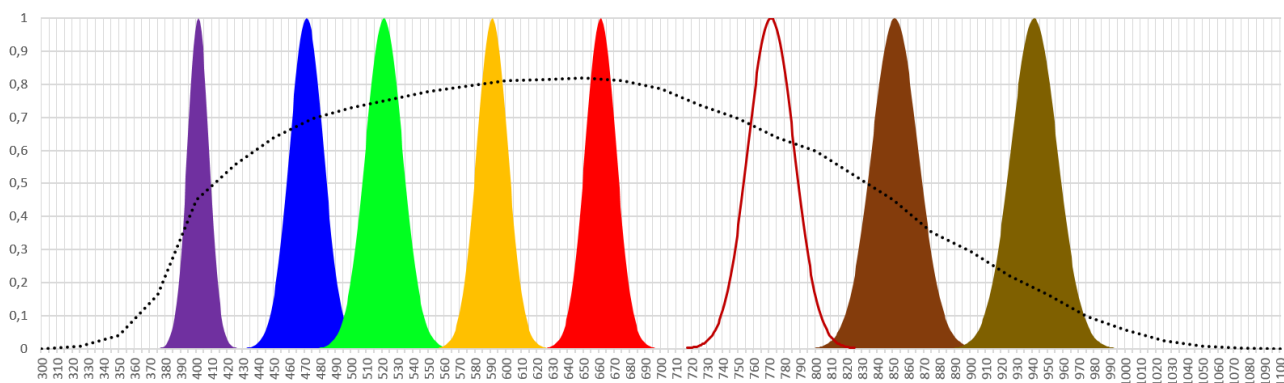


Рис. 1. Спектр светодиодной подсветки микроскопа-спектрометра и квантовая эффективность цифровой камеры RT-1280LYNX

Также увеличена разрешающая способность прибора до 10 мкм на пиксель при фиксированном поле зрения $12,8 \times 10,2$ мм. На рис. 2 представлен чертёж прототипа микроскопа-спектрометра:

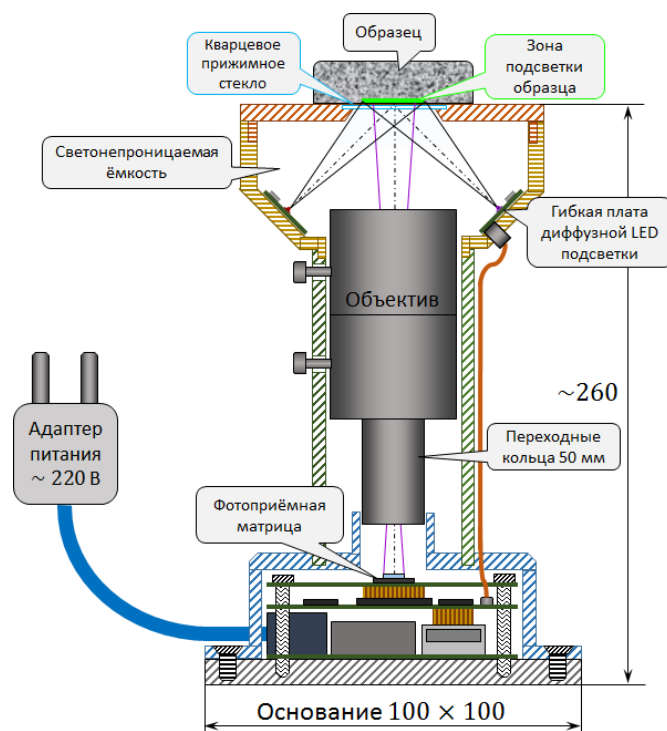


Рис. 2. Габаритный чертёж прототипа микроскопа-спектрометра

Перед началом использования микроскоп-спектрометр должен хотя бы один раз калиброваться по эталону диффузного отражения: для каждого спектрального диапазона подсветки выставляется своё время выдержки так, чтобы яркости формируемого изображения отвечали коэффициентам отражения эталона. Далее, последовательно в разных зонах фотографируют исследуемый образец: твёрдое, сыпучее вещество или жидкость, прикрытая белой диффузной крышкой. При съёмке образец располагают на кварцевом стекле так, чтобы исключалось попадание внешнего освещения в поле зрения камеры.

По полученным изображениям формируют вектор признаков, который сравнивают с векторами эталонов из базы данных. Исследуемый образец принимается за наиболее близкий к нему эталон. Вычислительно эффективный и надёжный результат даёт использование гистограмм спектральных изображений в качестве векторов признаков и их сравнение при помощи известной метрики Хи-квадрат:

$$\chi^2(a, b) = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{(a[i] - b[i])^2}{a[i] + b[i]}, \quad \forall i = \overline{0, N-1} : a[i] + b[i] > 0,$$

где a и b – сравниваемые гистограммы, N – число уровней яркости изображений.

Следующим этапом планируется создание автономного компактного беспроводного варианта прибора с подключением к планшету или смартфону.

Литература

1. Цифровая камера RT-1280LYNX. Техническое описание. URL: <http://rastr.net/product/digit-cam/rt-xdc-platform/rt-1280lynx.html>
2. Кораблев О. И., Бондаренко А. В., Иванов А. Ю., Козлов О. Е., Котцов В. А., Ульянов А. Б., Бибринг Ж.-П., Фурмонд Ж. Ж. Микроскоп-спектрометр проекта «Фобос-Грунт» // *Астрономический вестник*, 2010, т. 44, № 5, с. 431–436.
3. Бондаренко А. В., Дроханов А. Н., Киреев Д. А., Компанец И. Н., Краснов А. Е., Михайленко С. А. Телевизионный спектрометр для спектрально-текстурного экспресс-контроля пищевых, биологических и органических сред // *Оптоэлектронные методы и технологии получения, обработки и визуализации информации* – М.: РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ, № 1, 2012, с. 22-35. URL: <http://rastr.net/library/ntd-sys.html>.
4. Дроханов А. Н., Краснов А. Е. Видеоспектрометр для экспресс-контроля пищевых сред и готовых продуктов: Монография. – СПб.: Изд. «Лань», 2019. – 144 с.