

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ МИНИ-СПЕКТРОМЕТР СМАРТФОН

«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Многопрофильный колледж. Политехнический колледж

Даниловских Иван Романович

студент группы 1981

к. с/х. н. Даниловских Михаил Геннадьевич,

научный руководитель

преподаватель высшей категории,

Многопрофильный колледж. Политехнический колледж.

Новгородский госуниверситет НовГУ, РФ, г. Великий Новгород

Аннотация: В статье рассматривается вопрос создания системы мини-спектрометр смартфон с целью получения спектров и отображения их на экране смартфона. Мини-спектрометр на базе смартфона используется в качестве комбинированной автономной системы позволяющей выполнять спектроскопические измерения в режиме реального времени в полевых условиях. Результаты обработки измерений могут храниться в памяти смартфона или могут быть переданы на удаленную станцию для более качественной обработки.

Ключевые слова: экспресс анализ, входная щель, диспергирующий элемент, акриловый световод, детектор.

Building a smartphone mini spectrometer system

"Novgorod State University named after Yaroslav the Wise"

Multidisciplinary College. Polytechnic College

Danilovskikh Roman Mikhailovich student group 1981

to. with / х. н. Danilovskikh Mikhail Gennadievich,

scientific director,
teacher of the highest category,
Multidisciplinary College. Polytechnic College.
Novgorod State University, Novgorod State University,
Russian Federation, Veliky Novgorod

Abstract: The article deals with the issue of creating a smartphone mini-spectrometer system in order to obtain spectra and display them on the smartphone screen. A smartphone-based mini spectrometer is used as a combined stand-alone system to perform real-time spectroscopic measurements in the field. The results of measurement processing can be stored in the smartphone's memory or can be transmitted to a remote station for better processing.

Key words: express analysis, entrance slit, dispersing element, acrylic light guide, detector.

Введение

Спектральные методы анализа — это методы, основанные на изучении взаимодействия электромагнитного излучения с исследуемым веществом. При этом изучается распределение исследуемых параметров по длинам волн излучения или энергиям квантов.

Спектральные методы анализа, работающие в инфракрасном (ИК), видимом и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах называют оптическими. Они больше всего применяются в спектральных исследованиях вследствие сравнительной простоты оборудования для получения и регистрации спектра.

Спектральные методы анализа успешно применяются во многих областях науки и техники. Примерами могут служить криминалистика, токсикология, геммология, органический синтез новых соединений, медицина, экология, металлургия и т.д.

Спектральные анализы выполняют, как правило, в лабораториях (куда транспортируют различные пробы), оснащенных современными спектральными приборами (рис. 1) и имеющих квалифицированный персонал.



Рис. 1. Лабораторные измерительные спектрометры различного назначения

Но все чаще нужно проводить спектральный анализ так сказать в «поле» (т.е. в месте, где находится анализируемый объект). Поэтому дорогое, габаритное и сложное лабораторное измерительное оборудование, требующее квалифицированный персонал, не может быть использовано для спектрального «экспресс анализ».

Спектральный «экспресс анализ» чаще всего служит для одномоментной оценки, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций (пожары, взрывы, катастрофы и др.).

Главным достоинством спектрального «экспресс анализа» является простота, доступность, оперативность, а портативность используемой аппаратуры позволяет применять эти методы в полевых условиях, т.е. непосредственно на месте анализируемого объекта.

В настоящее время для экспресс-анализа в полевых условиях применяют либо простые оптические спектрометры, пользоваться которыми могут только специалисты либо мини-спектрометры ценою от 50000 рублей и выше (рис. 2). Это отдельные устройства некоторые из них с возможностью подключения к смартфону, для передачи данных о снятых спектрах в общую базу данных.

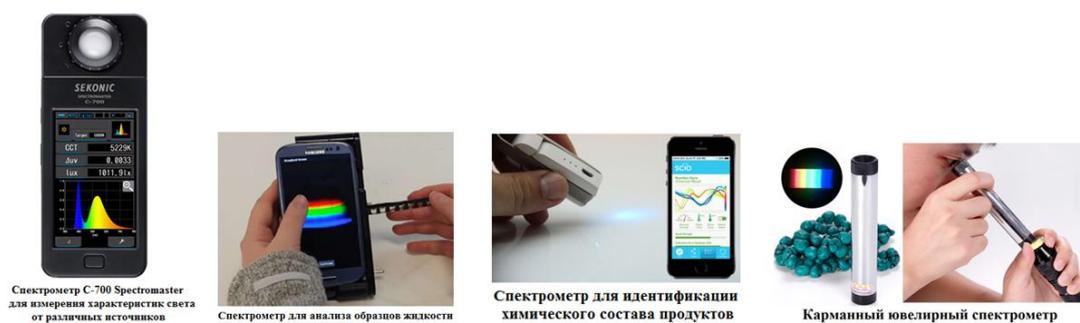


Рис. 2. Примеры мини-спектрометров различного назначения

Один из путей решения этой проблемы видится в использовании новейших достижений электроники и, в частности смартфонов, на базе которых возможно создать комбинированную автономную систему позволяющую выполнять спектроскопические измерения в режиме реального времени в полевых условиях.

Основные сведения

Спектрометр представляет собой систему визуализации, распределяющую множество монохроматических изображений в плоскости детектора.

Типичная оптическая схема спектрометра в основном содержит элемент определяющий размер светового потока (входная щель), диспергирующий элемент (разложение в спектр) и элемент детектирования (регистрации спектра).

Входная щель спектрометра функционирует как входной интерфейс, от входной щели зависят такие рабочие характеристики спектрометра как спектральное разрешение и пропускная способность, поскольку она задает размер светового потока, попадающего на оптическую часть. Щели могут иметь разную ширину — от 5мкм до 800мкм и более, высота щели составляет 1мм (стандартно) — 2мм. В основном в спектрометрах применяются щели шириной 10, 25, 50, 100, 200мкм и т.д.

В качестве диспергирующего элемента применяется в основном дифракционная решетка формирующая спектр длин волн света. Правильный выбор дифракционной решетки является важным фактором для получения

требуемых характеристик спектра. От решетки зависит оптическое разрешение и эффективность распределения в спектре. Основным параметром нарезной решётки является частота штрихов.

Детектор, подключенный к спектрометру, может анализировать выходной сигнал, называемый спектром, для количественного определения каждого компонента длины волны, присутствующего во входном сигнале. В современных спектрометрах в качестве регистрирующего устройства применяются детекторы на линейных и ПЗС-матрицах, являющихся следующим шагом развития спектрометров со штриховой решеткой. Поскольку случайный свет попадает на пиксели через ПЗС-матрицу, то каждый пиксель берет на себя часть спектра, который электронная система прибора может преобразовать и отобразить с помощью программного обеспечения. Это преимущество позволяет конструировать спектрометры без подвижных компонентов, что приводит к сокращению размеров и энергопотребления. Применение компактных многоэлементных детекторов — это резкое сокращение затрат, компактные размеры спектрометров, которые получили название «мини-спектрометры».

Конструкции мини-спектрометра

Современный смартфон это мощное вычислительное устройство, обладающее многочисленными расширенными возможностями, включая: встроенный процессор для обработки данных, ЖК-дисплей для отображения в реальном времени, порт USB для подключения, операционная система для поддержки рабочей среды и возможность беспроводной связи для подключения к другим сотовым телефонам или интернету.

Все эти соображения делают смартфон идеальной платформой для поддержки приложений реального времени, связанных со спектрометром. С другой стороны, физически невозможно интегрировать спектрометр в смартфон, если размер/объем спектрометра существенно не уменьшится.

Таким образом, задача заключалась в создании мини-спектрометра для смартфона, работающего в первом порядке длин волн, с целью регистрации, первичной обработки спектра, определения длин волн в диапазоне 400-760нм, оценки качества спектра источника излучения и выявления его особенностей.

Это достигается тем, что мини-спектрометр для смартфона, состоящем из непрозрачного корпуса, внутри которого размещено оптически однородное монолитное тело из акрила, с одной стороны которого вклеена проходная пластиковая дифракционная решётка, с другой стороны сформировано выходное зеркало для проецирования спектра на камеру смартфона. Камерой смартфона производится регистрация спектра излучения, процессором смартфона производится обработка параметров регистрируемого спектра согласно специально разработанной программе, результат обработки спектра выводится на экран смартфона.

Оптически однородное монолитное акриловое тело в мини-спектрометре применено для устранения проблем связанных с юстировкой, регулировкой, вибрацией и т.д. Неиспользуемые поверхности акрилового тела покрываются черным эпоксидным клеем с показателем преломления приблизительно равным показателю преломления акрилового тела.

Общий вид мини-спектрометра укрепленного на смартфоне, показан на (рис. 3).



Рис. 3. Мини-спектрометр укрепленный на смартфоне

Мини-спектрометр (рис. 4) состоит из акрилового световода 1, входной щели 2 расположенной на щелевой камере 3, пластиковой дифракционной решётки 4, клеенной на входной поверхности 5 монолитного акрилового тела 6, выходной поверхности 7, срезанной под углом 45°, покрытой алюминием и фторидом магния для защиты алюминиевого покрытия от окисления на воздухе, и являющейся выходным зеркалом для проецирования спектра на камеру смартфона.

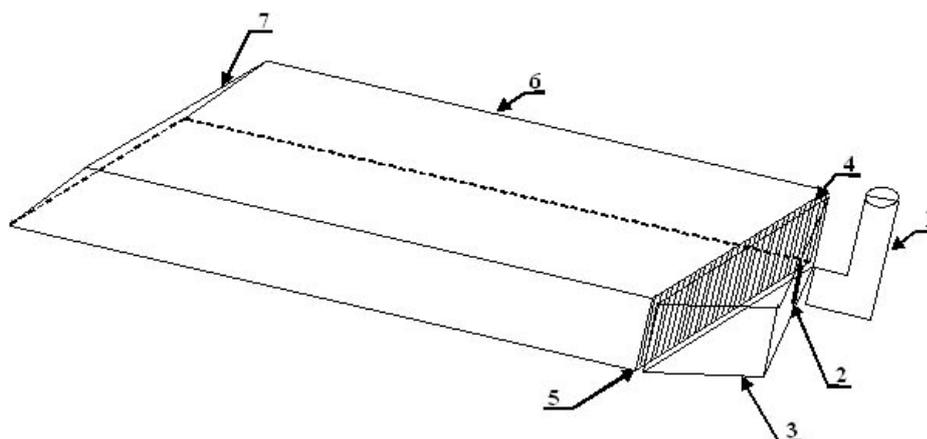


Рис. 4. Конструкция оптической схемы мини-спектрометра

Мини-спектрометр работает следующим образом (фиг. 4). Излучение исследуемого источника света через акриловый световод 1 проецируется на щель 2 ($4 \times 0,2$ мм), находящуюся на щелевой камере 3 под скользящим углом 35° . Далее изображение щели проецируется на проходящую пластиковую

дифракционную решётку 4 (1000штр./мм), вклеенную на входную поверхность 5 монолитного акрилового тела 6. Разложенное решёткой в спектр изображение щели, пройдя монолитное акриловое тело, поступает на плоское зеркало 7 и, отразившись от него, проецируется в объектив камеры смартфона.

Заключение

Таким образом, применение смартфона удобно для пользователя, т.к. позволяет быстро производить регистрацию спектра, визуально наблюдать полученное изображение спектра излучения, оперативно обрабатывать полученное изображение. Специально разработанная программа позволяет выполнять три базовых спектроскопических измерения, а именно: измерять спектры поглощения, отражения и испускания. Интерфейс программы позволяет выбирать способ обработки спектра, отобразить данные в режиме реального времени, оценить работу спектрометра и оперативно изменить настройки, сразу же отобразить результат изменения и сохранить данные.

На (рис. 5) представлен экран смартфона с интерфейсом программы управления, регистрации и обработки спектра излучения.

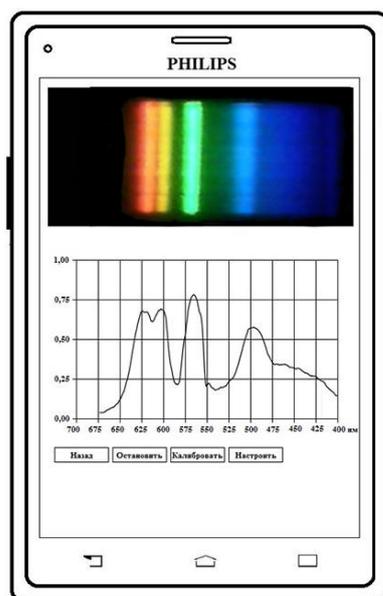


Рис. 5. Экран смартфона с интерфейсом программы

Литература

1. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. пособие: для вузов. — 6-е изд., стереот. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 848с.
2. Пейсахсон И.В. Оптика спектральных приборов. Изд. 2-е, доп. И перераб. Л.: Машиностроение, 1975. 312 с.
3. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. Техника и практика спектроскопии. М.: Наука, 1972.
4. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. - 4-е изд.- М.: Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. - 282с.
5. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Саушкин М.С, Зарубин И.А., Селюнин Д.О. Многоканальный спектрометр «Колибри-2» и его использование для одновременного определения щелочных и щелочноземельных металлов методом пламенной фотометрии // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Специальный выпуск. 2007. Т. 73. С. 35-39.
6. Патент на полезную модель РФ № 184760 «Мини-спектрометр для смартфона» Даниловских М.Г., Винник Л.И., Даниловских И.Р. Оpub. 07.11.2018г.