

Разработка спектрофотометра для видимой области

Якель Н.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Существует большое число разнообразных схем построения спектрофотометров с пространственным разложением излучения в спектр, поэтому основные усилия разработчиков классических щелевых дифракционных спектральных приборов направлены на совершенствование конструкции, применение новых материалов, улучшение характеристик оптических систем, применение новых быстродействующих фотоприемников повышенной чувствительности в большем спектральном диапазоне, совершенствование параметров и характеристик механических узлов, элементов автоматики и электронных элементов. В последнее десятилетие значительно возросла роль ЭВМ в области автоматизации измерений. Применение ЭВМ повышает быстродействие прибора, значительно сокращает время обработки информации, дает возможность автоматизировать измерения [1]. Данная работа может служить примером разработки современной конструкции спектрофотометра, отвечающей перечисленным выше тенденциям и требованиям.

Рассматриваемый спектрофотометр Opto-Electronics мод. SF-05 дает возможность исследования как твердых сред, например, измерение коэффициентов пропускания бесцветных и цветных оптических стёкол и монокристаллов, так и жидких веществ, например концентрации и разности оптической плотности различных растворов.

Прибор предназначен для измерений в диапазоне длин волн 190-1100 нм со спектральным разрешением 0,1 нм, измерение спектрального коэффициента пропускания осуществляется от 1% до 100% с точностью 1%.

В основу конструкции спектрофотометра SF-05 заложен классический принцип разложения света посредством щелевой дифракции. Спектрофотометр построен по двухлучевой схеме с использованием зеркальных оптических элементов, состоящей из осветительной, спектральной (монокроматор Черни-Тернера) и фотометрической частей (рис. 1).

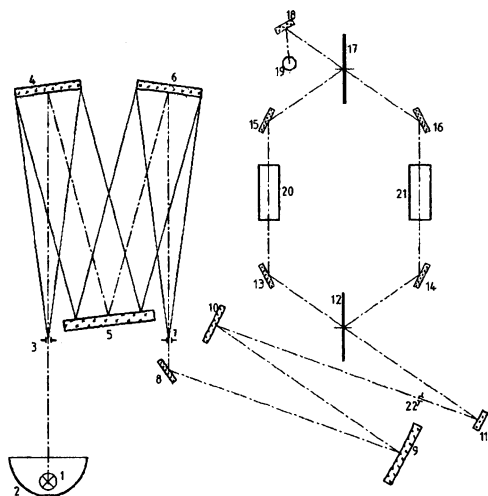


Рис. 1. Оптическая схема спектрофотометра:

1 – лампа; 2 – эллипсоидный отражатель; 3 – входная щель; 4 – коллиматорный объектив; 5 – дифракционная решетка; 6 – камерный объектив; 7 – выходная щель; 8 – плоское зеркало; 9 – зеркальный объектив; 10 – плоское зеркало; 11 – зеркальный объектив; 12, 17 – модуляторы; 13 – 16 – плоские зеркала; 18 – зеркальный объектив; 19 – фотоприемник; 20 – эталонный образец; 21 – исследуемый образец; 22 – полевая диафрагма

После преобразования оптической системой, состоящей из зеркальных объективов и плоских отклоняющих зеркал, пучок лучей, вышедший из монохроматора, посредством первого обтюратора попеременно направляется в канал с эталонным и исследуемым образцами. Второй обтюратор при помощи системы плоских зеркал и вогнутого сферического зеркала попеременно направляет на фотоприёмник световые потоки, идущие через рабочую и эталонную ветвь спектрофотометра.

Сигнал с фотодиода усиливается приемно-усилительным блоком и обрабатывается микропроцессорной системой. Полученная информация выводится на экран монитора персонального компьютера, который подключается к спектрофотометру через интерфейс RS-232C. Считывание фотометрической информации микропроцессорной системой происходит только во время остановки дифракционной решётки. Это позволяет избежать волнового сдвига, связанного с инерционностью механической и электронной частей прибора.

В качестве источника излучения применяется импульсная ксеноновая лампа L2448 компании Hamamatsu [2]. Применение импульсного источника позволяет обойтись без механического модулятора света. Энергетический расчет показал, что при использовании в качестве приемника излучения фотодиода S1336-BQ компании Hamamatsu [2], силы света лампы достаточно для использования ее в качестве единственного источника излучения на всем спектральном диапазоне работы прибора.

Особенностью прибора является использование шаговых двигателей в качестве приводов всех движущихся элементов кинематической схемы спектрофотометра. Применение двигателей данного типа предоставляет возможность широкого управления динамическими параметрами движущихся узлов, а наличие встроенных в двигатель оптопары и электронной схемы управления позволяет вести автоматический программный контроль точности позиционирования. Так, например, использование в узле поворота решетки двигателя в режиме деления шага дает возможность поворота дифракционной решетки на минимальный угол в $3,15''$, что позволяет задавать минимальный шаг сканирования спектра $\Delta\lambda = 0,023$ нм с точностью установки длины волны $\lambda = \pm 0,023$ нм.

Модульный принцип построения оптического прибора отвечает современным тенденциям развития приборостроения, обеспечивает удобство сборки и юстировки основных узлов спектрофотометра (осветитель, зеркальные объективы монохроматора, узел дифракционной решетки, узел источника и приёмника излучения, механизм перемещения кювет). Высокие требования к стабильности расположения оптических элементов друг относительно друга предопределили выбор способа их крепления - на монтажной плите. Все зеркальные объективы и плоские зеркала прибора смонтированы на кронштейнах, закреплённых на плите.

В конструкции кюветного отделения предусмотрен восьмипозиционный держатель кювет для жидких образцов и два держателя для твёрдых образцов: исследуемого и эталонного.

С целью повышения конкурентоспособности изделия на этапе эскизного проектирования была выполнена дизайнерская проработка внешнего вида оптического прибора (рис.2).

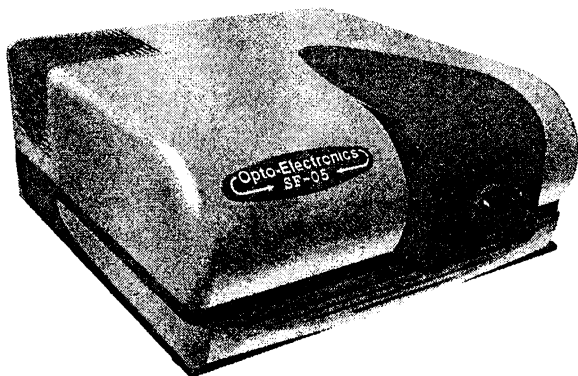


Рис. 2. Внешний вид спектрофотометра мод. Opto-Electronics SF-05

Спектрофотометр имеет асимметричное объёмно-пространственное решение. Основными формообразующими и функциональными элементами, определяющими конструктивно-компоновочную схему, являются узкое основание и обтекаемый корпус с радиусными округлениями в ребрах на лицевой панели. Композиционным центром спектрофотометра является кюветное отделение С-образной формы, плавно переходящее к корпусу прибора, и ручка регулятора работы. Это основной функциональный элемент посредством которого осуществляется контакт оператора со спектрофотометром.

Основные композиционные и функциональные элементы выделены синим цветом, по отношению к серебристому корпусу. Удлиненное плоское основание с синей окантовкой, коробчатая форма и щели решётки вентиляции, придают спектрофотометру композиционную целостность и визуальную устойчивость.

Литература

1. Оптические спектральные приборы: учеб. пособие для вузов. Скоков И.В. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
2. www.hamamatsu.com – официальный сайт компании «Hamamatsu».