



УДК 535.33

*Двенадцатая Международная научно-техническая конференция
«Оптические методы исследования потоков»
Москва, 25 — 28 июня 2013 г.*

Д.В. Воробьев, П.Г. Макаров, В.В. Стреченюк
руководитель А.С. Дмитриев, д.т.н., проф.

*Национальный Исследовательский Университет «Московский энергетический институт»,
Россия*

111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: 5k3t4@rambler.ru

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПРОХОЖДЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена описанию лабораторной установки для измерения угловой зависимости интенсивности света в видимой части спектра, а также в ближних УФ и ИК областях. Основным элементом установки является спектрометр. В работе особый упор сделан на описание самостоятельно созданного прибора – гониометра с горизонтально ориентированным валом, на котором установлено два диска. Также приведены примеры получаемых результатов.

СПЕКТРОМЕТР, ГОНИОМЕТР, ИНТЕНСИВНОСТЬ, УГЛОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ПРОХОЖДЕНИЯ, СПЕКТР, ИЗЛУЧЕНИЕ, ОПТИКА, ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

ВВЕДЕНИЕ

Большую часть информации (около 80-90%) об окружающем мире человек воспринимает посредством зрения. Удобство восприятия зрительной информации в значительной степени определяется интенсивностью излучения, которая меняет свое значение в зависимости от положения детектора (в т.ч. глаз) относительно источника излучения. Чаще в роли источника выступает непосредственно лампа (светодиод, люминесцирующий объект и т.д.). Но свет также может проходить через некую структуру и отражаться от нее. В таком случае изменение значения интенсивности излучения меняется кроме всего прочего за счет рассеяния излучения от неоднородностей поверхности образца, его отражения от отдельных слоев под разными углами.

Не меньшее значение имеет исследование различных материалов, тонкопленочных структур на отражение и пропускание в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, т.к. возможность измерять эти параметры (а точнее коэффициенты отражения и пропускания) позволяет осуществлять подбор фильтрующих оптических поверхностей, например, для жилых помещений, для использования в промышленности и т.п. [1-4].

Для осуществления вышеприведенных задач была поставлена цель самостоятельного создания многозадачного лабораторного стенда, т.к. аналогичные коммерческие предложения оказались весьма дорогими. Примерный список расширений, которые должны быть обеспечены в установке:

- определение распределения интенсивности (относительной и абсолютной) падающего на анализатор излучения по длинам волн – основной вид исследования, на нем строятся все остальные, более специфические;

- возможность регулирования положений источника излучения и анализатора относительно исследуемого образца (например, тонкопленочной структуры) при сохранении ориентированности их в одну и ту же точку образца;
- определение спектральных коэффициентов отражения и прохождения образцов;
- определение толщин тонких пленок;
- исследование прохождения света через растворы и смеси жидкостей;
- исследование процессов затухания люминесценции;
- определение цвета излучения и его цветовой температуры;
- другие.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Очевидно, что подобный исследовательский стенд должен строиться вокруг спектрофотометра, позволяющего определять интенсивность излучения, попадающего на анализатор. Дополнительные возможности обеспечиваются приставками к базовому прибору.

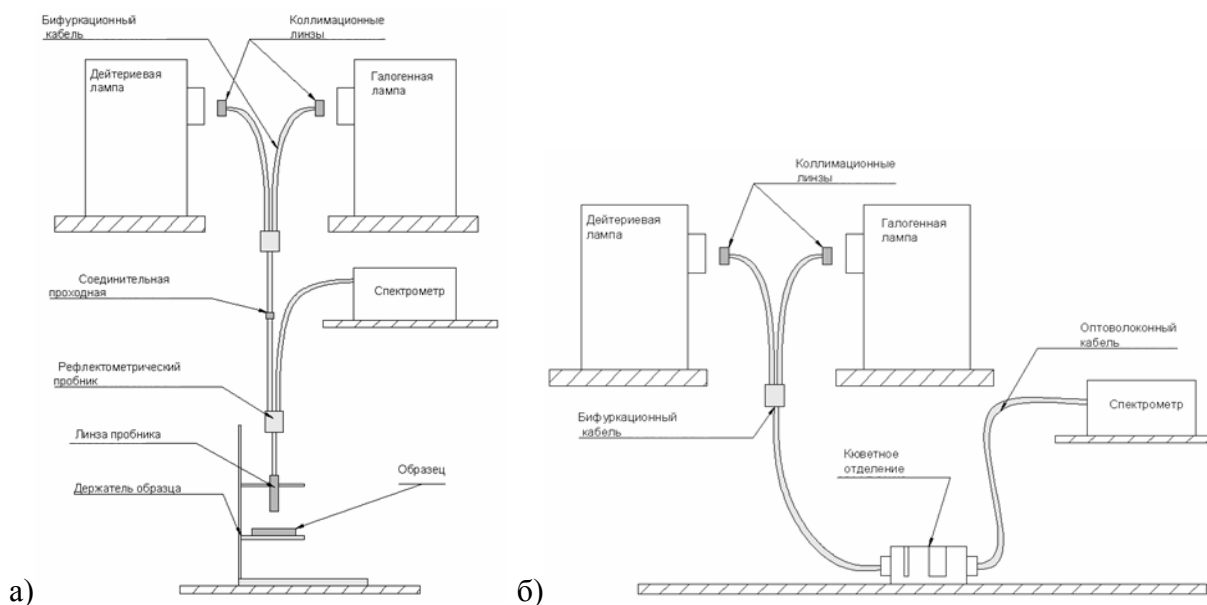


Рис. 1. Принципиальные схемы для: а) определения толщин тонких пленок; б) исследования жидких растворов и люминесценции

Основным элементом лабораторной установки (рис. 1) является спектрометр с изменяемой шириной входной щели для регулирования чувствительности и разрешающей способности. Он позволяет измерять интенсивность излучения в диапазоне длин волн от 200 до 1100 нанометров. Источниками излучения служат две лампы: галогенная, обеспечивающая свет в видимом и ИК диапазонах спектра, и дейтериевая, дающая излучение в ультрафиолетовой области; в качестве световода использованы оптоволоконные кабели разного диаметра. Для измерения толщин тонких пленок и определения цвета образцов лабораторный стенд оснащен поворотным штативом с вертикальным держателем анализирующей линзы. Для исследования жидких растворов, люминесценции и прямого пропускания тонких пленок используется кюветодержатель с изолированным кожухом, имитирующим темную комнату. Таким образом, жидкие образцы измерялись в кювете. Постоянная направленность коллимационных линз в сторону лампы достигалась за счет жесткой установки как источников, так и штативов для оптоволоконна с закрепленными на них линзами на оптической скамье. Помимо указанных выше ламп в установке обеспечен источник монохроматического света – гелий-неоновый лазер, излучающий на длине волны 633 нм.

Люминесцентные образцы получались замешиванием люминофорного порошка в эпоксидной смоле и нанесением полученной взвеси на предметное стекло

РАСШИРЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОТРАЖЕННОГО И ПРОШЕДШЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

На рис. 2 представлена принципиальная схема устройства, предназначенного для пошагового прохождения всей окружности вокруг исследуемого образца, - гониометра. На подвижной части гониометра крепятся концы оптоволоконных кабелей, идущих от источника и к спектрометру, с закрепленными на них линзами. Важным условием является равноудаленность оптических поверхностей линз от центра исследуемого образца, располагаемого в геометрическом центре окружности. Этим достигается равенство оптических длин пути света в окружающей среде, что необходимо для адекватности получаемых результатов.

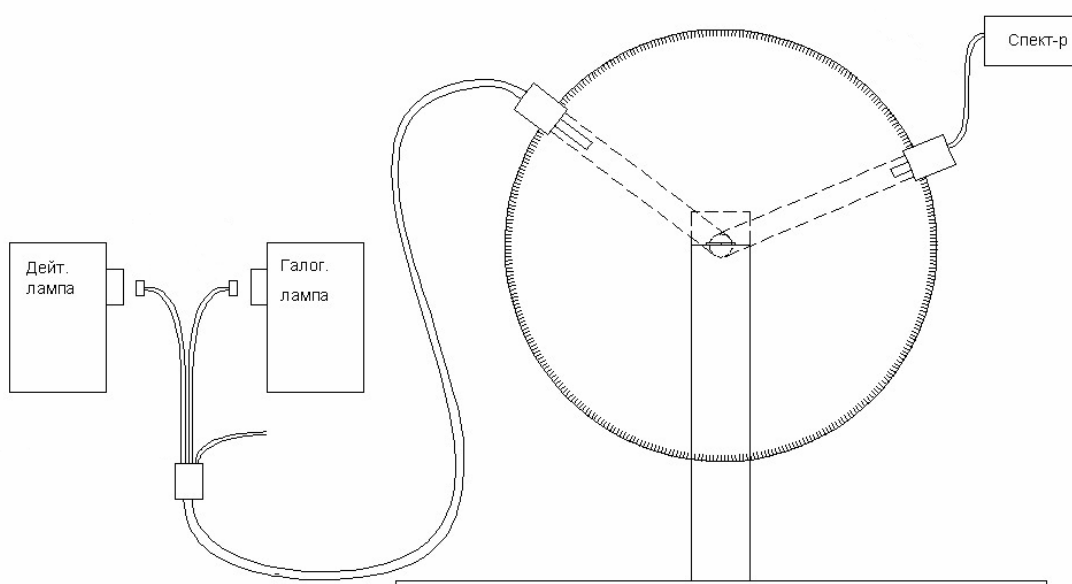


Рис. 2. Принципиальная схема для измерения углового распределения спектральной интенсивности отраженного или прошедшего излучения.

Автономная подвижность держателей оптоволоконна обеспечена монтажом двух независимых дисков равного диаметра на одном валу. Одним из основных элементов гониометра является шаговый двигатель, заключенный в корпус (рис. 3) и контролируемый с помощью специального программного обеспечения. Минимальный угол поворота составляет $1/16$ градуса. От двигателя наружу выходит вал, на который враспор крепится внешний диск и дополнительно фиксируется винтом. Таким образом, управление внешним диском осуществляется с компьютера. Второй, внутренний, диск также крепится на вал, однако его движение независимо благодаря посадке на шариковые подшипники вращения. Поворот внутреннего диска осуществляется вручную.

Для ряда экспериментов, как, например, измерение коэффициента прохождения тонких пленок, целесообразно сохранять ориентацию держателей и, соответственно, линз напротив друг друга. Для этой цели во внешнем диске предусмотрено отверстие с нарезанной резьбой, и в случае необходимости диски можно зафиксировать с помощью винта. В таком случае управление вращением обоих дисков управляется программой.

Принципиальной разницы, на какой диск крепить анализирующее оптоволоконно и кабель от источника, нет, однако в ходе экспериментов оказалось, что удобнее крепить кабель, ведущий к спектрометру, на внешний диск, вращаемый автоматикой. Благодаря тому, что держатели оптоволоконна крепятся на двух дисках, обеспечена постоянная

направленность линз в центр окружностей дисков. На боковую поверхность каждого диска была нанесена шкала с ценой деления в 5 градусов для визуального определения взаимного положения дисков.

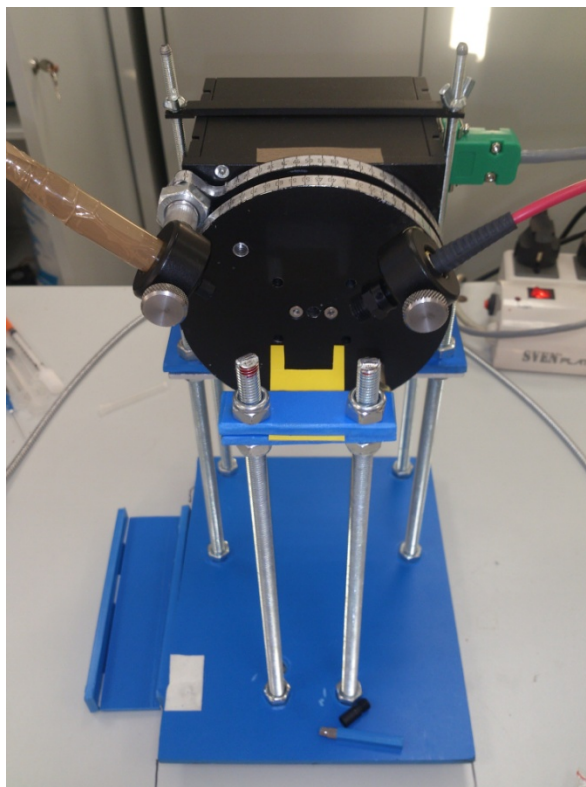


Рис. 3. Фотография гониометра с подсоединенными оптоволоконными кабелями, идущими от источника и к спектрометру.

В идеале держатели оптоволоконных кабелей с закрепленными на их концах линзами должны проходить всю окружность вокруг образца, не мешая друг другу. Однако, как показала практика, на данном этапе достигнуть этого не представляется возможным, в силу того, что из-за условия равноудаленности линз возникает обязательное пересечение траекторий движения держателей и они механически блокируют друг друга. Из-за этого возникает «мертвая» зона около перпендикуляра к поверхности стола, проходящего через центр окружностей дисков. Она составляет около 30 градусов (по 15 от каждого держателя).

Корпус гониометра крепится на поверхности, поднятой относительно стола для обеспечения пространства для перемещения оптоволоконных кабелей, так, чтобы вал двигателя располагался горизонтально. На некотором расстоянии от внешнего диска, на одном уровне с центром окружностей, при помощи зажимающей конструкции фиксируется рабочий столик или предметное стекло с нанесенным на него образцом. При этом должно соблюдаться попадание пучка света от источника в середину образца из любого положения фиксатора. Оптоволоконный кабель, ведущий к спектрометру, должен быть сориентирован аналогичным образом путем пропускания видимого света из конца, в рабочем режиме навинчивающемся на анализатор спектрометра.

ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Ниже приведены экспериментальные графики исследования на пропускание и отражение тонкой пленки TiO_2 (196 нм), осажденной на стекле

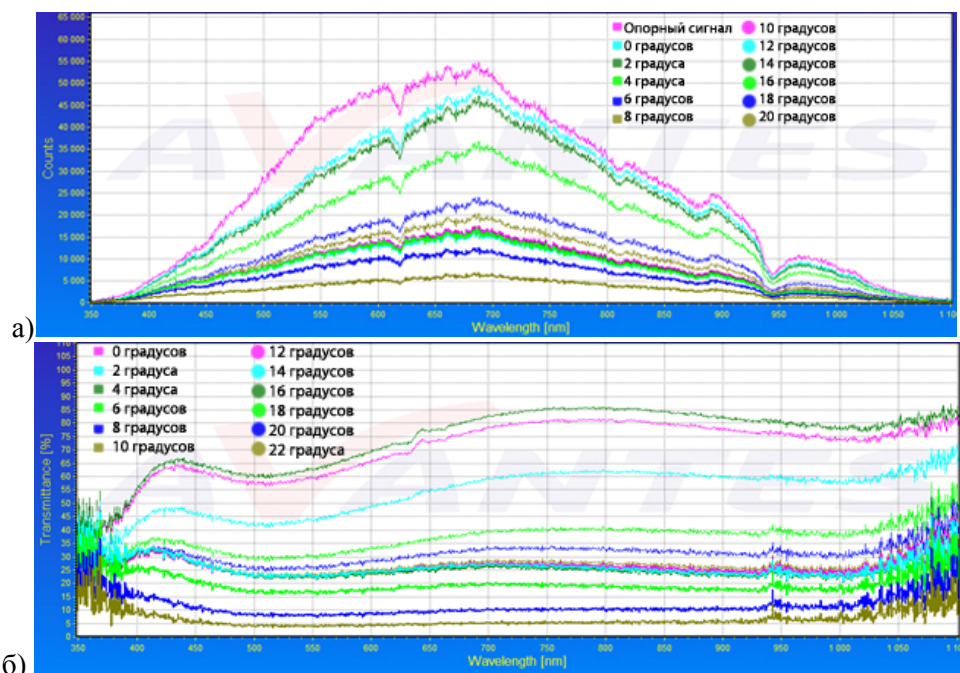


Рис. 4. Исследование прохождения излучения а) относительная интенсивность; б) коэффициент пропускания

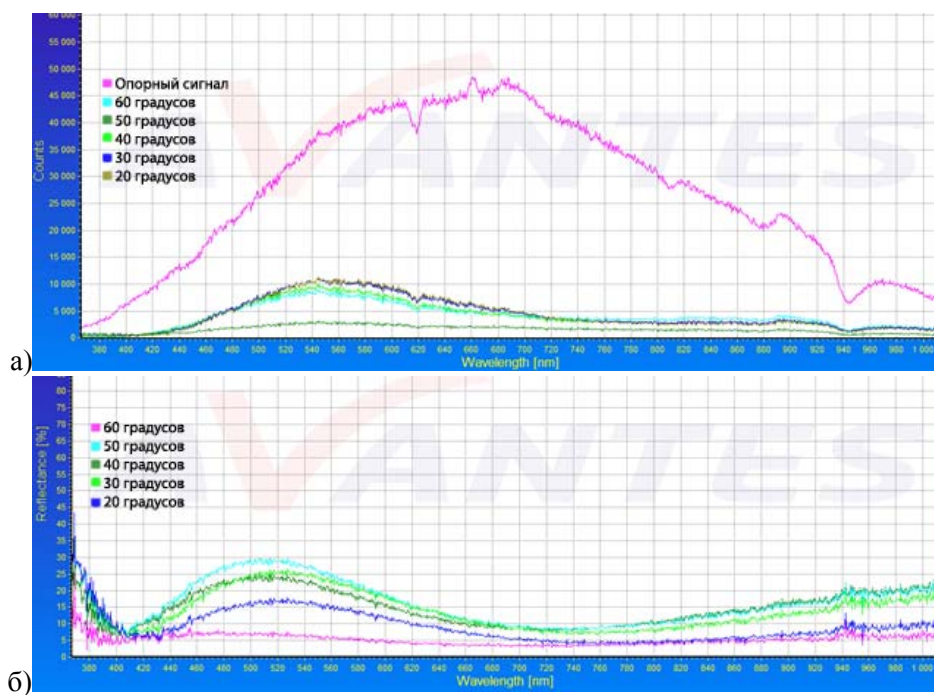


Рис. 5. Исследование отражения излучения а) относительная интенсивность; б) коэффициент отражения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная лабораторная установка позволяет получать спектры интенсивности в целом ряде специфических измерений. Самостоятельно разработанная приставка – гониометр – действительно работает и упрощает измерения интенсивности при переменных отклонениях направленности освещения и детектирования. При этом необходимо учитывать некую погрешность, связанную, в первую очередь, с тем, что один из дисков устанавливается и фиксируется вручную. Кроме того, некоторый вклад в погрешность привносит окружающая среда – по-настоящему изолировать исследовательский стенд пока еще не удалось, из-за этого при измерении может учитываться и освещенность комнаты.

В дальнейшем гониометр будет модифицироваться. Так, к примеру, планируется увеличить пространственный охват доступных отклонений. Пока же, помимо описанной выше «мертвой зоны» вблизи перпендикуляра, проведенного через центр дисков от поверхности стола, есть вторая «мертвая» зона, начинающаяся примерно с отклонения в 60 градусов от нулевого значения. Она объясняется тем, что предметный столик (или стекло) имеет определенную толщину, и при установке угла более 60 градусов стол перекрывает ход луча.

Необходимо регулярно проводить юстировку прибора, так как для оптических исследований крайне важна точность, четкость первичных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Заглубский А.А., Цыганенко Н.М., Чернова А.П.** Спектральные приборы. СПб. Санкт-Петербург. 2007.
2. **Булыгин Ф. В. и др.** Измерение спектрального коэффициента отражения образцов поглощающих покрытий в диапазоне длин волн 350-1100 нм при углах падения излучения 0-90 градусов. // Метрология. 2012. № 4. С. 3-13.
3. **Блинникова А.А.** Спектрофотометрия и фотоэлектроколориметрия в анализе лекарственных средств. Сибирский государственный медицинский университет. Томск. 2005.
4. **Андреев С.В., Губанова Л.А., Путилин Э.С.** Оптические покрытия. ИТМО. Санкт-Петербург. 2006.

D.V. Vorobiev, P.G. Makarov, V.V. Strechenyuk
Supervisor A.S. Dmitriev

*National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russia
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st, 14, E-mail: 5k3t4@rambler.ru*

A SCIENTIFIC INSTALLATION FOR MEASURING OF ANGULAR SPECTRAL REFLECTION AND TRANSMISSION COEFFICIENTS

This work is devoted to a description of the laboratory installation for measuring of the angular dependence of the light intensity in the visible spectrum and in the near-UV and IR. The main element of the installation is a spectrometer. This work focuses on the description of the own-created device - goniometer with a horizontally oriented shaft that has two disks on it. Also a few examples of the results are presented.

SPECTROMETER, GONIOMETER, THE INTENSITY OF THE ANGULAR DEPENDENCE, REFLECTION COEFFICIENT, TRANSMISSION COEFFICIENT, SPECTRUM, RADIATION, OPTICS, OPTOELECTRONICS