

## КАЛИБРОВКА ФУНКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ УСТАНОВКИ

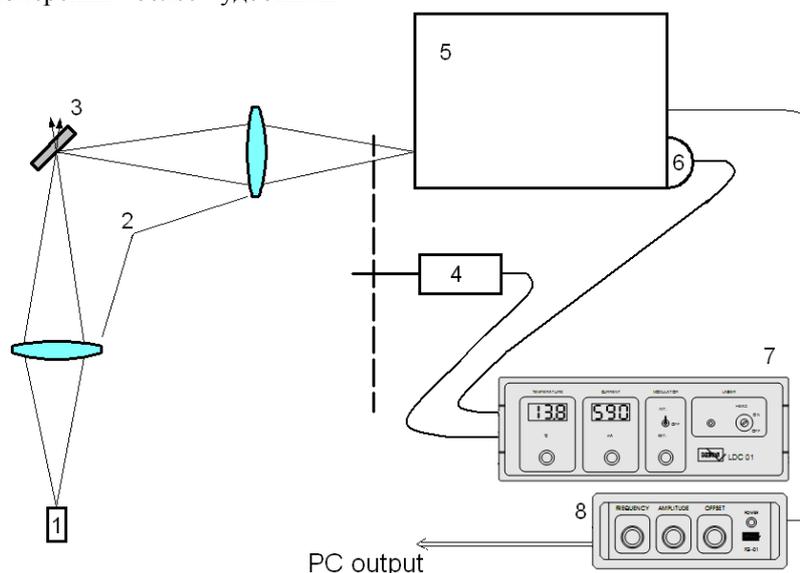
Демеш М.П., Гусакова Н.В., Ясюкевич А.С., Кисель В.Э., Кулешов Н.В., Курильчик С.В.,  
Руденков А.С., Ивашко А.М.

НИЦ Оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

При регистрации спектров люминесценции существенно важным является учет спектральной чувствительности люминесцентной установки. Калибровка по спектральной чувствительности представляет собой отдельную экспериментальную задачу с использованием калиброванного источника света. Такими источниками могут быть светоизмерительные лампы типа СИРШ, СИП и другие с ленточным телом накала. Такие лампы являются источником света с известным распределением яркости излучения по спектру в абсолютных единицах. Для целей люминесцентных измерений более удобными

являются калибровочные галогенные источники света, которые позволяют получить относительное распределение яркости в спектре излучения.

Схема люминесцентной установки показана на рис. 1. Излучение в образце возбуждается внешним источником излучения. Образец может рассматриваться как самостоятельный источник излучения, для которого необходимо получить спектр, то есть зависимость спектральной плотности энергетической яркости излучения от длины волны, в некотором диапазоне длин волн.



1 – лазерный диод, 2 – линза, 3 – исследуемый образец, 4 – модулятор, 5 - монохроматор МДР-23, 6 – фотоприемник, 7 – синхронный усилитель, 8 – блок управления монохроматором

Рисунок 1 – Схема люминесцентной установки

Обозначим спектральную функцию (далее – просто спектр) излучения образца через  $J_s(\lambda)$ . Очевидно, что излучение от образца, прежде чем попасть на детектор, проходит через воздух, конденсор, далее через монохроматор (). Если на пути излучения от образца к детектору присутствуют другие дополнительные оптические элементы (линзы, светофильтры, поляризаторы, светоделители, и др.), то они также будут вносить вклад в искажение первичного спектра образца  $J_s(\lambda)$ .

Следовательно, первоначальный спектр излучения  $J_s(\lambda)$  претерпевает изменения, связанные с его взаимодействием с рядом элементов

оптической схемы. Обозначим спектр излучения, попадающего на детектор, через  $J'_s(\lambda)$ . Выходной сигнал детектора (обычно напряжение, или ток)  $U'_s(\lambda)$  будет определяться через функцию  $J'_s(\lambda)$  и спектральную чувствительность детектора  $S(\lambda)$  выражением

$$U'_s(\lambda) = S(\lambda) \cdot J'_s(\lambda).$$

Спектр  $J'_s(\lambda)$ , как сказано выше, получается при взаимодействии исходного излучения образца  $J_s(\lambda)$  с оптическими элементами, стоящими на пути света между образцом и детектором. Обозначив спектральные функции коэф-

фициентов пропускания (отражения) этих  $n$  элементов через  $\{\tau_1(\lambda), \tau_2(\lambda), \dots, \tau_n(\lambda)\}$ , получим

$$U'_S(\lambda) = T(\lambda) \cdot J_S(\lambda)$$

где через  $T(\lambda)$  обозначено произведение  $S(\lambda)$  и  $\{\tau_1(\lambda), \tau_2(\lambda), \dots, \tau_n(\lambda)\}$ , по смыслу являющееся передаточной функцией установки.

Поскольку функции  $\{\tau_1(\lambda), \tau_2(\lambda), \dots, \tau_n(\lambda)\}$ , а в ряде случаев и  $S(\lambda)$ , неизвестны, то вид функции  $T(\lambda)$  необходимо определять с помощью специального эксперимента.

Для этого необходимо измерить спектральную зависимость электрического сигнала, взяв в качестве образца источник излучения с известной в заданной области спектральной плотностью распределения яркости.

Очевидно, что условия эксперимента по определению функции  $T(\lambda)$  с использованием калиброванного источника и условия эксперимента по измерению неизвестного заранее спектра исследуемого образца должны быть идентичными, то есть в оптическом тракте установки должны присутствовать те же элементы и один и тот же детектор, геометрия установки так же должна быть по возможности одинаковой в обоих экспериментах. В частности, это касается ширины входной и выходной щелей монохроматора. Последнее обстоятельство важно в тех случаях, когда ширина аппаратной функции спектрометра превышает или сопоставима с характерной шириной спектральных линий в спектре излучения исследуемого образца, а также в спектре калиброванного источника и в спектрах пропускания (отражения) отдельных элементов оптической схемы, то есть при относительно широких щелях спектрометра. Например, достаточно узкие линии поглощения накладываются на спектр за счет наличия в окружающем воздухе углекислого газа и паров воды [1].

Обозначим известный спектр такого источника через  $J_{S0}(\lambda)$ , тогда зарегистрированный сигнал будет выражаться следующим образом

$$U'_{S0}(\lambda) = T(\lambda) \cdot J_{S0}(\lambda).$$

Из этого равенства мы можем найти функцию  $T(\lambda)$ , а затем определить спектр люминесценции исследуемого образца  $J_S(\lambda)$  при помощи отношения

$$J_S(\lambda) = \frac{U'_S(\lambda)}{T(\lambda)}.$$

Спектральный диапазон (400-2500 нм) был разделен на три поддиапазона в соответствии с областью чувствительности фотоприемников и

спектральными диапазонами работы дифракционных решеток:

– 400 – 900 нм, дифракционная решетка 1200 штр/мм, фотоприемник Hamamatsu C5460;

– 900 – 1700 нм, дифракционная решетка 600 штр/мм, фотоприемник Hamamatsu G5851;

– 1700 – 2500 нм, дифракционная решетка 300 штр/мм, фотоприемник Hamamatsu G5853 [2].

В качестве эталонного источника использовалась калиброванная галогенная лампа. Для устранения дифракционных максимумов высших порядков применялись светофильтры из набора монохроматора МДР-23. Калибровочные кривые были записаны для двух состояний поляризации, а также в неполяризованном свете. В общей сложности было получено 9 калибровочных кривых для различных областей спектра и состояний поляризации света. В качестве примера на рис. 2 приведены графики калибровочной функции для двух состояний поляризации света в области 400 – 900 нм.

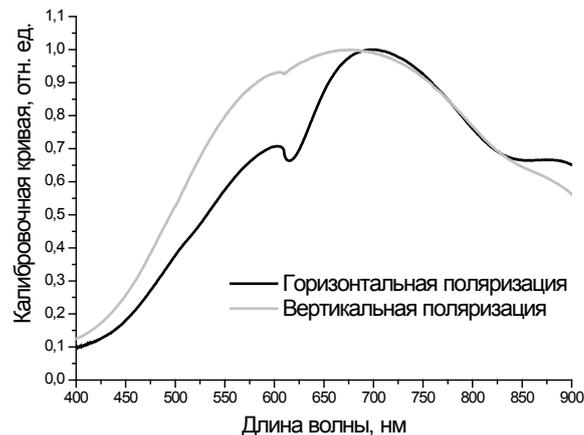


Рисунок 2 – Калибровочные кривые для горизонтальной и вертикальной составляющей поляризации света

Таким образом, результаты работы позволяют получать спектры люминесценции в диапазоне 400-2500 нм скорректированные на спектральную чувствительность люминесцентной установки.

1. Марычев М.О., Горшков А.П. Практическое руководство по оптической спектроскопии твердотельных наноструктур и объемных материалов / М.О. Марычев., А.П. Горшков – Н. Новгород.: НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007.-90 стр.
2. Официальный сайт компании Hamamatsu [www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com).