ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СВЕТОДИОДА

Метелев В.А.

МАОУ «Гимназия № 1» г. Минусинска

Природа световых явлений является предметом научных исследований с древнейших времен. Многие оптические явления, наблюдаемые человеком в окружающем мире, такие как радуга, миражи, северное сияние, «летучий голландец», затмения, паргелии нашли научное объяснение и некоторые из них воссозданы в искусственных условиях, условиях лабораторий, тем не менее, их наблюдение не перестает удивлять и восхищать нас. Современный уровень развития науки о свете позволил не только исследовать основной объект «свет», но и сделать его «инструментом» широкой области научных исследований от элементного состава вещества, наноструктур до исследований небесных тел.

Цель работы: исследование линейчатого спектра светодиода.

Задачи: 1) провести теоретический обзор сущности явлений дисперсии, дифракции и интерференции света; 2) экспериментально получить линейчатый спектр светодиода; 3) определить величины, которые можно прямо или косвенно измерить; 3) разработать методику эксперимента и его реализовать; 4) обработать результаты эксперимента и провести их анализ.

История метода спектрального анализа начинается с началом 18 века: И. Ньютон опубликовал (1704 г.) результаты опытов разложения света на компоненты различной цветности и преломляемости. История продолжилась в 19 веке с наблюдения прерывности солнечного спектра (У. Уолластон, 1802 г.), изучения темных линий в солнечном спектре (фраунгоферовы), изучения спектров звезд и планет (Й. Фраунгофер, 1814 г.) и открытия метода учеными направившими спектроскоп на солнце (Р. Бунзен, Г. Кирхгоф, 1860 г.) [1].

Под спектральным анализом понимают совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта основанную на изучении спектров взаимодействия материи с излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн, распределения по массам и энергиям элементарных частиц [2]. Существуют различные методы спектрального анализа (атомный, молекулярный, эмиссионный, люминесцентный, рентгеновский и др.) применяемые в различных сферах человеческой деятельности для определения состава вещества (от состава продуктов, криминалистических экспертиз, медицинских исследований до исследований состава звезд). Целью метода спектрального является получение спектра и дальнейший его анализ.

В условиях лаборатории мы имеем возможность исследовать узкий оптический диапазон электромагнитного излучения: излучение с длиной волны от 380 нм до 780 нм, воспринимаемое органами зрения человека как переход от одного цвета к другому (красный → оранжевый → желтый → зеленый → голубой → синий → фиолетовый) через промежуточные оттенки.

Для реализации экспериментальной части исследования использовались: светодиод; набор дифракционных решеток; диафрагмы с отверстиями круглой, щелевидной, виде буквы форм; набор линз; оптическая скамья, рейтер с магнитами, экран, линейка.

Получить картину спектра возможно при помощи линзы и призмы, однако настроить фокусировку линзы и положение призмы для получения отчетливого спектра, который можно было бы сфотографировать и представить в статье, нам пока не удалось. Имеющееся оборудование позволило нам получить отчетливый спектр излучения светового диода с помощью дифракционной решетки в двух вариантах, это мнимое и действительное изображение дифракционного спектра. На рис. 1 представлена установка в собранном виде для наблюдения действительного изображения дифракционного спектра.

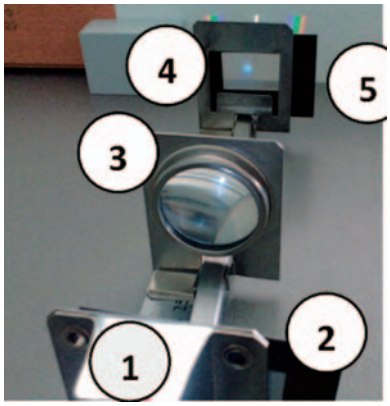

Рис. 1. Установка для получения действительного изображения дифракционного спектра (оборудование 1-4 установлено на оптической скамье): 1 – светодиод, 2 – диаграмма с щелевидными отверстиями, 3 – короткофокусная линза, 4 – рейтер с дифракционной решеткой, 5 – экран.

На оптической скамье между источником света (светодиодом), рейтером для дифракционной решетки и экраном установили собирающую линзу. Передвигая рейтер с линзой и добившись четкого изображения щели, помещаем на рейтер дифракционную решетку.

На экране получили по обе стороны от изображения щели цветные полосы – дифракционный спектр (рис. 2). Фотография выполнена при расположении фотоаппарата под углом к экрану в связи, с чем полученное изображение отличается от наблюдаемого нами при выполнении эксперимента: фиолетовый и синий спектральные полосы по ширине примерно такие же, как ширина зеленой полосы, а желто-красная часть спектра заметно уже. Данное наблюдение видно на снимке с правой стороны от изображения щели.

Рис. 2. Действительное изображение дифракционного спектра (при использовании щелевидного отверстия)

Дифракционная решётка состоит из узких близко расположенных щелей. При прохождении света через решетку имеются выделенные направления, в которых световые волны от различных щелей решётки многократно усиливают друг друга в результате интерференции («белый свет», прошедший через дифракционную решётку, разделяется на множество лучей разного цвета). Таким образом, мы можем исследовать спектральный состав излучения светового диода. Яркие изображения дифракционного спектра излучения светового диода получены при значениях порядка k = ±1 (слева и справа изображения щели).

Условие дифракционных максимумов:

$$d \cdot \sin\Theta = k \cdot \lambda \qquad (1),$$

где d – период дифракционной решетки, λ – длина волны, k – порядок спектра.

Период дифракционной решетки d известен, т. к. известно число щелей (N = 600) на единицу длины решетки (l = 1 мм):

$$d = l/N \qquad (2).$$

Углы Θ, которые задают направления дифрагировавших световых волн, определим по формуле (рис. 3):

$$\sin\Theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \qquad (3),$$

где x – расстояние от центра изображения щели до главного максимума, L – расстояние от дифракционной решетки до экрана.

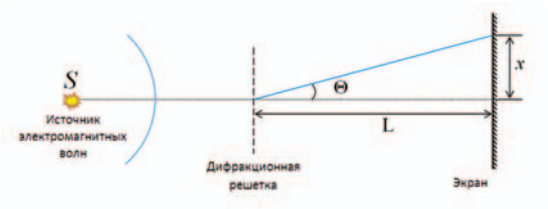

Рис. 3. Схема получения дифракционной картины

Из формулы (1) выразили длину волны λ и подставили в нее выражения (2) и (3), получили рабочую формулу для вычисления длины волны:

$$\lambda = \frac{l \cdot x}{N \cdot k \cdot \sqrt{x^2 + L^2}} \qquad (4).$$

Таблица 1

Результаты экспериментальной части исследования (светодиод)

№ опыта	цвет	L, мм	xслева, мм	xсправа, мм	xсреднее, мм	l, мм	N	λ, нм	λ табл, нм
1	фиолетовый	83,1	21	21	21	1	600	408	380-500
2		83,1	22	22	24			462	
3		83,1	24	24	24			462	
4		83,1	25	25	25			480	
5	зеленый	83,1	26	26	26			498	500-565
6		83,1	27	27	27			515	
7		83,1	28	28	28			532	
8	желто-красный	83,1	30	30	30			566	590-740
9		83,1	32	32	32			599	

Результаты измерений и выполненных вычислений представлены в таблице 1. Измерения выполним линейкой и внесем в таблицу в миллиметрах (мм). Результат измерений представим в нанометрах (нм).

Анализ результатов вычислений позволяет сделать вывод о допустимости применения данного метода, однако для подтверждения результатов был проведен эксперимент с лазерным источником электромагнитного излучения, с известным диапазоном длин волн от 630 до 680 нм.

Приведенные эксперименты и анализ результатов показал, что приведенный метод позволяет исследовать состав электромагнитных волн оптического диапазона от различных источников света. При этом очевидно, что исследуемые явления сложны и при изменении условий проявляются по-разному, выявляя новые задачи исследования.

На данном этапе задачи исследования решены: проведен анализ литературы; реализована методика экспериментального исследования спектра излучения светового диода с помощью дифракционной решетки; проведены вычисления длин волн и анализ результатов эксперимента.

В дальнейшем планируется: исследовать спектры излучения светового диода с помощью цветных стекол; исследовать спектральный состав лампы накаливания и пламени свечи; расширить методы исследования, используя явление дисперсии для получения спектра излучения (спектроскоп); выявить другие физические величин, кроме длины волны, численное значение которых можно получить в результате спектрального анализа.

Список литературы

1. Агаркова Е.И. Спектральный анализ и его применение при проведении экспертных исследований // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». URL: http://www.scienceforum.ru/2015/882/9770»>www.scienceforum.ru/2015/882/9770 (дата обращения: 30.03.2016).

2. Спектральный анализ. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спектральный_анализ (дата обращения: 30.03.2016).