

RGB 配色实验

PB20061358 刘津畅 2021.4.28

一、实验目的：

- (1) 了解色度学的相关知识
- (2) 理解 LED 发光原理与基本特性
- (3) 掌握色光相加混色规律

二、实验原理：

自然界中绝大多数颜色，都可以由三种相互独立的基本颜色按一定的比例混合得到。相反，自然界中的任意一种颜色又可以被分解为不同比例的相互独立的三种基色。三基色中的任意一种颜色都不能由其他两种颜色混合产生，即三基色线性无关。三基色之间的比例，直接决定混合色的色调和色饱和度，混合比例相同时，色调是相同的。改变三束光的强度，可得到各种常见的彩色光。

CIE 1931-RGB 系统：CIE 在 1931 年规定红、绿、蓝三基色的波长分别为 700nm、546.1nm、435.8nm。当这三基色光的相对亮度比例为 1.0000: 4.5907: 0.0601 时就能匹配出等能白光，CIE 选取这一比例为红、绿、蓝三基色的单位量，即 (R): (G): (B) = 1: 1: 1。

发光二极管，简称 LED，它是一种直接将光能转化为电能的半导体器件。LED 的工作电压一般在 1.5-3.5 V，在正向电压下，电子由 N 区注入 P 区，空穴由 P 区注入 N 区，从而结区出现不平衡状态，这些注入的电子与空穴在 PN 结区发生复合，发射光子。

$$\lambda = \frac{1240}{E_g} (nm)$$

式中， E_g 的单位为电子伏特 (eV)。因不同的材料，电子和空穴所占的能级也有所不同，能级差影响电子和空穴复合后发射光子的能量，从而产生不同波长的光。若能产生可见光 (380 ~ 760nm)，半导体材料的 E_g 应在 3.26 ~ 1.63eV 之间。

三、实验仪器

直流电源 (取 3.0V)、三色 LED (负极管脚公用)、毫安表、数字万用表 (只用电压档、欧姆档、二极管检测档)、硅光电池、电阻箱、白板、开关、导线、分压盒。

四、原始数据

LED 的伏安特性测量、LED 的发光波长测量

电流 I/mA	0.2	1	4	6	8	10
红正向电压 U/V	1.603	1.672	1.727	1.742	1.754	1.764
绿正向电压 U/V	2.09	2.16	2.22	2.25	2.27	2.29
蓝正向电压 U/V	2.42	2.48	2.53	2.55	2.56	2.57
15	20	25	30	35	40	45
1.781	1.797	1.809	1.820	1.830	1.840	1.849
2.32	2.36	2.38	2.41	2.43	2.46	2.48
2.60	2.61	2.63	2.64	2.66	2.67	2.68
50	55	60	65	70	75	80
1.857	1.865	1.873	1.880	1.887	1.895	1.901
2.50	2.52	2.54	2.55	2.57	2.59	2.60

2.69	2.70	2.71	2.72	2.73	2.74	2.75
------	------	------	------	------	------	------

LED 的光强与电流关系

相 对 光 强 L/mV	0.1	0.3	0.7	1.4	2.0
电 流 I/mA	0.4	1	2	4	6
2.7	3.4	5.1	6.4	7.9	9.2
8	10	15	20	25	30
10.6	11.8	13.1	14.4	15.4	16.8
35	40	45	50	55	60
17.9	19.0	20.1	21.0		
65	70	75	80		

加法混色实验

配色相对光强 L/mV	红色相对光强 L/mV	绿色相对光强 L/mV	蓝色相对光强 L/mV
黄 47.5	23.8	24.7	0
青 47.6	0	24.3	23.6
紫 47.5	23.6	0	23.9
白 69.6	23.3	23.9	23.5

五、数据处理

实验一：LED 的伏安特性测量

红、绿、蓝 LED 的 I-U 特性曲线如图 1 所示

实验二：LED 的发光波长测量

在曲线的工作区作曲线的切线，如图二所示，在 U 轴的截距即为导通阈值电压 U_D ，由公式

$$U_D = \frac{E_g}{e} \text{ 和 } \lambda = \frac{1240}{E_g} \text{ 得 } \lambda = \frac{1240}{eU_D}。 \text{ 由图像知 } U_{DR} = 1.79V, U_{DG} = 2.37V, U_{DB} = 2.58V$$

$$\text{所以 } \lambda_R = \frac{1240}{1.79} nm = 692.7nm, \lambda_G = \frac{1240}{2.37} nm = 523.2nm, \lambda_B = \frac{1240}{2.58} nm = 480.6nm$$

实验三：LED 的光强与电流关系

绿色 LED 的 L-I 特性曲线如图三所示

可以看出，L-I 成线性关系。设 $L = \hat{a}I + \hat{b}$ 。用最小二乘法求关系式。

电流的平均值为：

$$\bar{I} = \frac{0.4 + 1 + 2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 15 + 20 + 25 + 30 + 35 + 40 + 45 + 50 + 55 + 60 + 65 + 70 + 76 + 80}{21} mA = 33.210mA$$

光强的平均值为：

$$\bar{L} = \frac{0.1 + 0.3 + 0.7 + 1.4 + 2.0 + 2.7 + 3.4 + 5.1 + 6.4 + 7.9 + 9.2 + 10.6 + 11.8 + 13.1 + 14.4 + 15.4 + 16.8 + 17.9 + 19.0 + 20.1 + 21.0}{21} mV = 9.490mV$$

$$\hat{a} = \frac{\sum I_i L_i - n \bar{I} \bar{L}}{\sum I_i^2 - n \bar{I}^2} = 0.2653$$

$$\hat{b} = \bar{L} - \hat{a} \bar{I} = 9.490 - 0.2653 \times 33.210 = 0.6794$$

所以 L-I 的近似函数关系为 $L = 0.2653I + 0.6794(mV)$

实验四：加法混色实验

测量数据如原始数据所示，黄色的基色红色绿色光强比为 $\frac{23.8}{24.7} = 0.964$ ；青色的基色绿色蓝色

光强比为 $\frac{24.3}{23.6} = 1.030$; 紫色的基色红色蓝色的光强比为 $\frac{23.9}{23.6} = 1.013$; 白色的基色红色绿色蓝

色的光强比为 $\frac{23.3}{23.5} : \frac{23.9}{23.5} : 1 = 0.991 : 1.017 : 1$ 。

六、思考题

1. LED 发光原理为：在正向电压下，电子由 N 区注入 P 区，空穴由 P 区注入 N 区，从而结区出现不平衡状态，这些注入的电子与空穴在 PN 结区发生复合，发射光子。LED 的发光强度与流经的电流大小有关，发光颜色与电子和空穴所占的能级有关，能级差影响电子和空穴复合后发射光子的能量，从而产生不同波长的光。
2. 两光颜色相同，乙光的强度是甲光的二倍。
3. 色光混合遵循加法混色规律，色料混合遵循减法混色规律。色料三原色为黄色、品红色、青色；相应的补色为蓝色、绿色、红色。