

RGB 配色实验

PB20061372 朱云沁 2021/4/20

实验题目：

RGB 配色实验

实验目的：

测量发光二极管伏安特性、发光波长、光强与电流的关系，借以理解发光二极管原理与基本特性；在了解色度学相关知识的基础上，探究并掌握色光相加混色的规律；夯实掌握电学实验基本操作。

实验原理：

光是一种电磁波，不同波长的光，人眼感知到的颜色不同。多种单色光可以叠加合成另一色彩的复色光，且其亮度增加。自然界中任意一种颜色可以被分解为不同比例的、线性独立的三基色。CIE 1931-RGB 系统规定的三基色为：红（700nm）、绿（546.1nm）、蓝（438.5nm）。

发光二极管（LED）是一种以 PN 结为核心、将电能转化为光能的半导体器件。LED 具有一般 PN 结的正向导通、反向截止、击穿特性，在正向电压下，来自 N 区的电子与来自 P 区的空穴在结区发生辐射复合，故发射光子，其中，光子能量与材料能隙 E_g （单位 eV ）有关，借此可产生不同波长 λ 的光，关系式如下：

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

利用图 1 所示电路，测量 LED 的正向伏安特性，画出 $I-U$ 曲线，在其最大端处作切线，将切线横截距作为 E_g 的值，代入上式，即可求得 LED 的发光中心波长。

当距离一定时，光强与照度成正比；又因为在一定范围内，硅光电池输出电流随照度增大而线性增大，故可利用图 2 所示电路，测量光电池接固定负载时的输出电压，将其作为 LED 相对光强 L 的值，进而探究 LED 发光强度与电流的函数关系。

利用图 3 所示电路，对红、绿、蓝 LED 进行加法混色，测量三基色及配色的相对光强，算得光强比，进而总结加法混色规律。

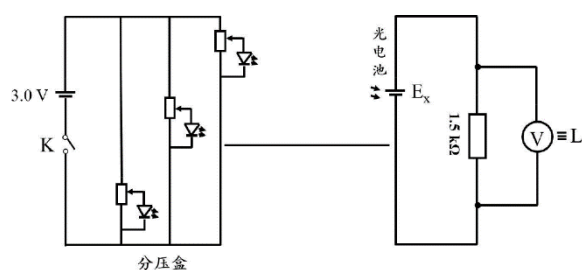
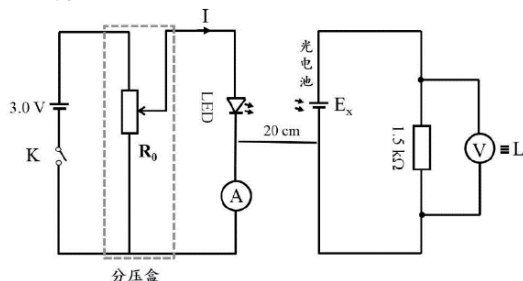
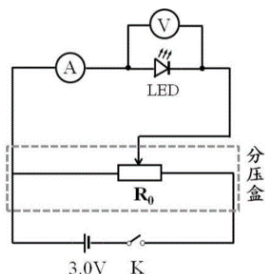


图 1: LED 伏安特性测量原理图

图 2: LED 发光强度测量原理图

图 3: RGB 配色相对光强测量原理图

实验器材：

学生电源、三色 LED、毫安表、数字万用表、硅光电池、电阻箱、白板、分压盒、导线若干。

实验内容：

- LED 的伏安特性测量：**按图 1 接线，在 $I \leq 100mA$ 内，调整分压盒，测量三色 LED 的正向电压 U 与电流 I 的关系（20 组数据），绘制 $I-U$ 特性曲线。
- LED 的发光波长测量：**基于伏安特性曲线，根据前述原理计算三色 LED 的发光中心波长。
- LED 的光强与电流关系：**按图 2 接线，调整光源与光电池的距离为约 20cm。调整分压盒，测量绿色 LED 的相对光强 L 与电流 I 的关系（10 组数据），绘制 $L-I$ 特性曲线，给出近似函数关系。
- 加法混色实验：**按图 3 接线，将三色 LED 光源作为 RGB 三基色。调整白屏，使三个 LED 光斑在白屏上呈同心圆。分别采用 2 个 LED，在 $I \leq 100mA$ 内，调整分压盒，相加混合配出标准色卡的黄色、青色、紫色，将光电池放置于白屏处，测量基色及配色的相对光强，给出基色的光强比。采用 3 个 LED，在 $I \leq 100mA$ 内，相加混合配出标准色卡的白色，测量基色及配色的相对光强，给出基色的光强比。

实验数据：

红 LED		绿 LED		蓝 LED	
U/V	I/mA	U/V	I/mA	U/V	I/mA
1.693	1.0	2.121	1.0	2.526	1.0
1.725	2.0	2.163	2.0	2.555	2.0
1.770	5.0	2.222	5.0	2.571	3.0
1.816	10.0	2.282	10.0	2.592	5.0
1.847	15.0	2.318	15.0	2.609	7.0
1.873	20.0	2.357	21.0	2.626	10.0
1.901	25.0	2.383	25.0	2.646	15.0
1.925	30.0	2.409	30.0	2.660	20.0
1.941	35.0	2.433	35.0	2.678	25.0
1.955	40.0	2.467	42.7	2.691	30.0
1.973	45.0	2.506	52.0	2.705	36.0
2.124	50.5	2.527	58.0	2.726	45.0
2.147	55.1	2.549	63.7	2.744	54.0
2.170	60.0	2.578	72.0	2.756	60.2
2.356	65.0	2.596	78.0	2.770	68.0
2.395	70.0	2.602	80.0	2.787	77.2
2.596	80.0	2.609	82.0	2.800	84.8
2.608	85.0	2.622	87.1	2.810	91.3
2.620	90.0	2.646	95.0	2.818	95.6
2.625	100.0	2.656	98.5	2.825	100.0

表 1：LED 伏安特性测量原始数据（万用表量程20V；毫安表量程100mA）

L/mV	2.43	4.30	6.69	9.55	11.87	14.33	16.83	22.43	24.67	26.64
I/mA	8.0	13.8	21.0	30.7	39.0	47.5	57.0	80.0	89.9	99.0

表 2：LED 发光强度测量原始数据（万用表量程200mV；毫安表量程100mA）

标准色卡颜色	相对光强 L/mV			
	配色	红基色	绿基色	蓝基色
黄	93.66	54.12	40.29	
青	54.46		36.53	
紫	84.32	8.19		76.39
白	47.37	11.31	17.95	18.81

表 3：RGB 配色相对光强测量原始数据（万用表量程200mV）

数据处理：

1&2、LED 的伏安特性测量&LED 的发光波长测量

根据表 1 数据，作出红 LED 的 $I - U$ 特性曲线，如图 4 所示。其中，切线横截距为1.81。取 $E_g = 1.81eV$ ，则

$$\lambda_R = \frac{1240}{1.81}nm = 685nm$$

故实验测得红 LED 的发光中心波长为 685nm。

根据表 1 数据，作出绿 LED 的 $I - U$ 特性曲线，如图 5 所示。其中，切线横截距为2.38。取 $E_g = 2.38eV$ ，则

$$\lambda_G = \frac{1240}{2.38}nm = 521nm$$

故实验测得绿 LED 的发光中心波长为 521nm。

根据表 1 数据，作出蓝 LED 的 $I - U$ 特性曲线，如图 6 所示。其中，切线横截距为2.67。取 $E_g = 2.67eV$ ，则

$$\lambda_B = \frac{1240}{2.67}nm = 464nm$$

故实验测得蓝 LED 的发光中心波长为 464nm。

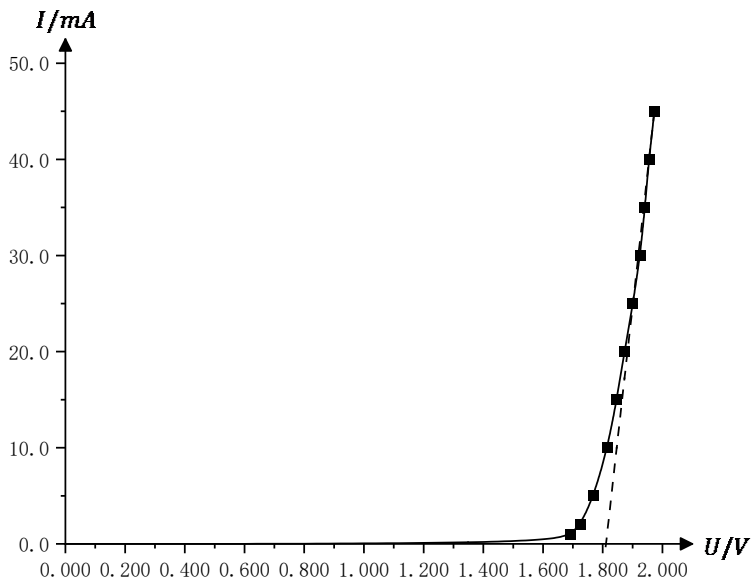


图 4: 红 LED 正向伏安特性曲线

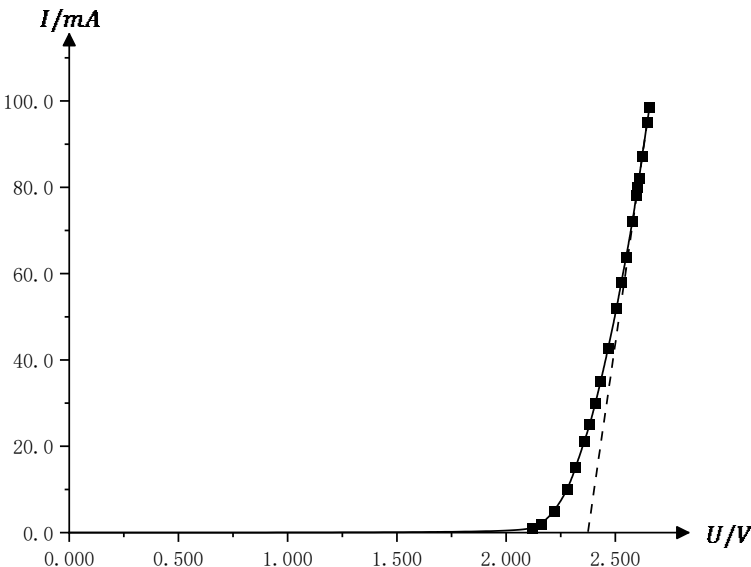


图 5: 绿 LED 正向伏安特性曲线

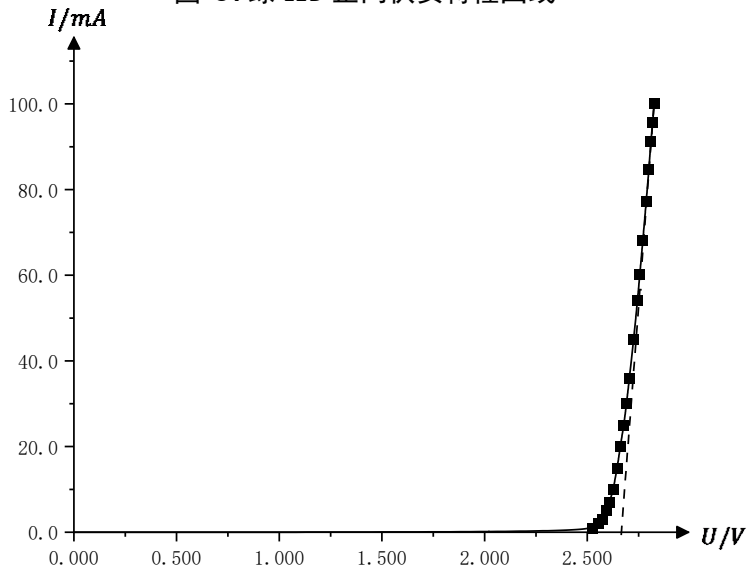


图 6: 蓝 LED 正向伏安特性曲线

3、LED 的光强与电流关系

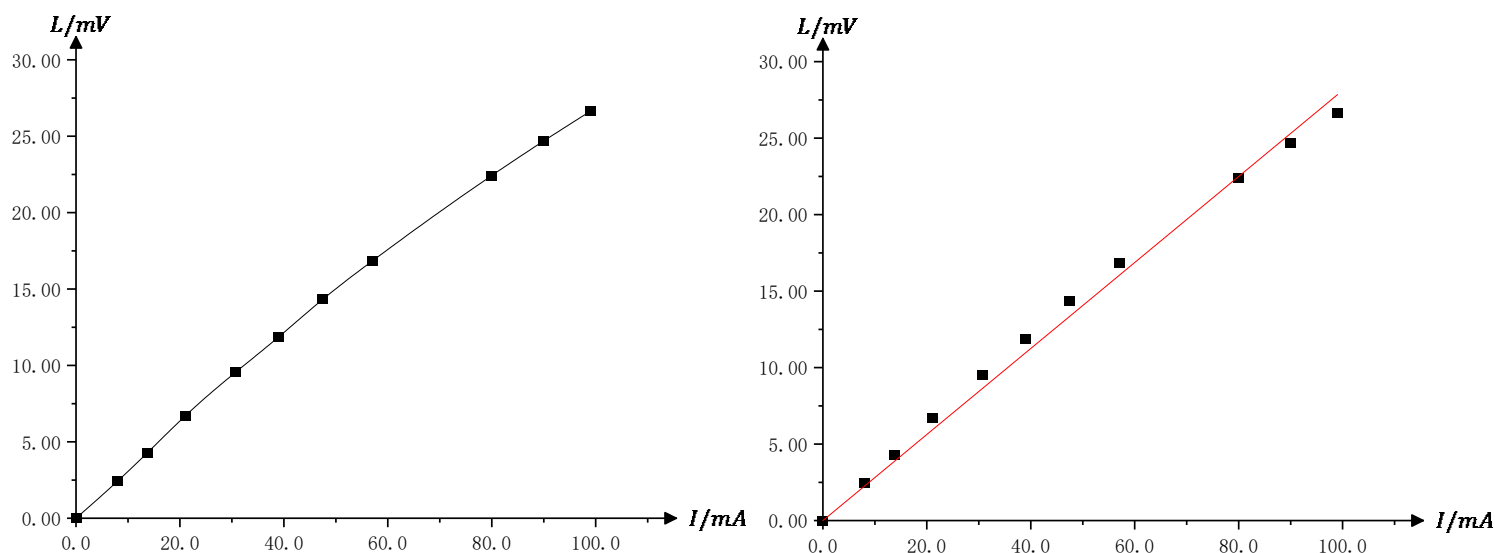


图 7：绿 LED 的 L-I 特性曲线及其线性拟合

根据表 2 数据，作出绿 LED 的 $L-I$ 特性曲线，如图 7 左所示。

经观察，绿 LED 的相对发光强度 L 与电流 I 近似成正比。使用最小二乘法拟合，计算得相关系数 $r = 0.99752$ ，结果如图 7 右所示。

故 L 与 I 的近似函数关系为

$$L \propto I$$

4、加法混色实验

根据表 3 数据计算，有：

- 1) 使用红、绿 LED 相加配成黄色，红、绿两基色的光强比为

$$L_R:L_G = 54.12:40.29 = 1.000:0.744$$

- 2) 使用绿、蓝 LED 相加配成青色，绿、蓝两基色的光强比为

$$L_G:L_B = 36.53:19.07 = 1.000:0.522$$

- 3) 使用红、蓝 LED 相加配成紫色，红、蓝两基色的光强比为

$$L_R:L_B = 8.19:76.39 = 1.000:9.327$$

- 4) 使用红、绿、蓝 LED 相加配成白色，红、绿、蓝三基色的光强比为

$$L_R:L_G:L_B = 11.31:17.95:18.81 = 1.000:1.587:1.663$$

此外，由表 3 数据可以发现，配色的相对光强近似等于各基色相对光强之和。

思考题：

- 1、什么是人眼的视敏特性？用什么函数度量？

答：人眼的视敏特性是指人眼对不同波长的色光具有不同敏感程度的特性，用视敏函数（明视觉光谱光视效率函数）或色匹配函数（光谱三刺激值）来度量。

- 2、甲光 $R:G:B$ 为 $1:2:3$ ；乙光 $R:G:B$ 为 $2:4:6$ ，甲光和乙光有什么区别？

答：甲光乙光同色，但乙光的辐射能量大于甲光的辐射能量，人眼感知到乙光的亮度大于甲光的亮度。

- 3、色光混合及色料混合的基本规律？色料三原色的补色分别是什么？

答：1) 色光混合：两种或以上的色光加法混色，亮度增大；

色料混合：两种或以上的色料混合，分别反射部分色光，吸收其余色光，最终所得色光为减法混色结果，亮度减小。

- 2) 青色的补色为红色，品红色的补色为绿色，黄色的补色为蓝色。