

实验报告

徐亦昶 PB20000156

2021 年 4 月 23 日

1 实验题目

RGB 配色实验

2 实验目的

1. 了解色度学相关知识
2. 理解 LED 发光原理和基本特性
3. 掌握色光相加混合规律

3 实验原理

自然界中人眼所能见到的大多数颜色是由红、绿、蓝三种相互独立的基色混合而成的。这三种基色的比例决定混合后所得颜色的色调和色饱和度。本实验中，要用到如下合成法则：

1. 红色 + 绿色 = 黄色
2. 绿色 + 蓝色 = 青色
3. 蓝色 + 红色 = 紫色
4. 红色 + 绿色 + 蓝色 = 紫色

发光二极管的核心是 PN 结。它具有一般 PN 结的特性，即正向导通，反向截止、击穿。在正向电压下，电子由 N 区注入 P 区，空穴由 P 区注入 N 区，这些电子与空穴结区发生复合后会发射光子。发光中心波长 λ 和禁带宽度 E_g 的关系如下：

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

其中 E_g 的单位为电子伏特，可通过 I-U 图上导通电压对应切线与 U 轴的交点得到。

4 实验内容

4.1 LED 的伏安特性测量

如图接线，调整电流 I 至 5mA, 10mA, ..., 100mA，分别测量对应的电压表示数 U(V)，并绘制 I-U 特性曲线。

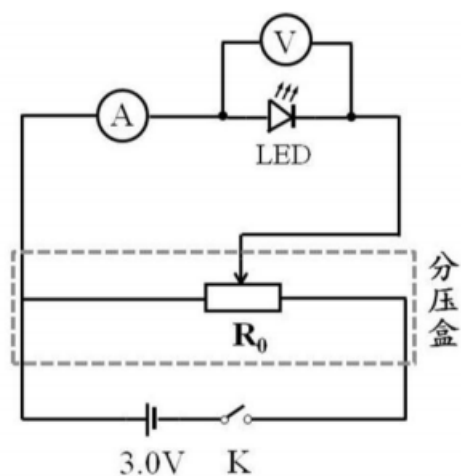


图 1: LED 的伏安特性测量电路图

4.2 LED 的发光波长测量

1. 做伏安特性曲线的渐近线，设与 U 轴交于 U_0 ，进而得到 E_g 。
2. 由 $\lambda = \frac{1240}{E_g}$ 算出红、绿、蓝 LED 的发光中心波长。

4.3 LED 的光强与电流关系

1. 如图安装仪器，其中 LED 灯与光电池之间的距离为 20cm。
2. 断开 LED 灯，测出电压表示数 U(V) 作为背景光强。
3. 调整 LED 亮度，进而将电流 I 调整至 5mA, 10mA, ..., 100mA，分别测量对应的电压表示数 U(V) 作为 LED 的相对光强。

4. 绘制绿色 LED 的 L - I 特性曲线，给出近似函数关系。

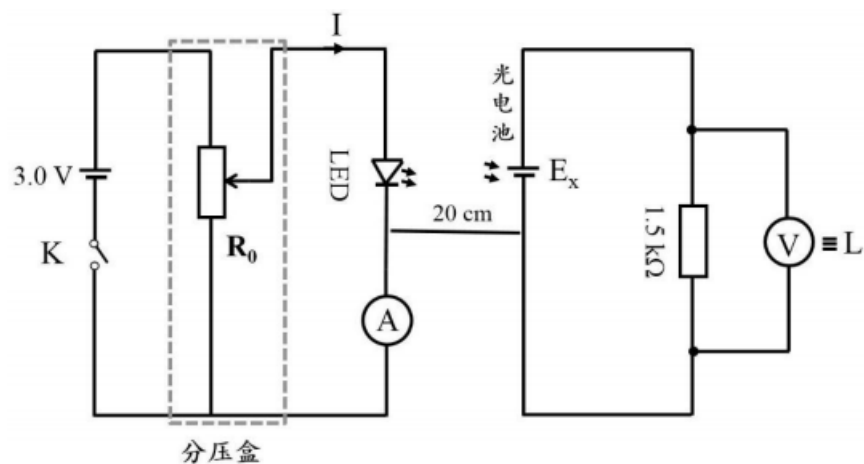


图 2: LED 的光强与电流关系电路图

4.4 加法混合实验

1. 如图所示配置电路，同上一个实验测出背景光强。
2. 用两个 LED 在白屏上配出标准色卡的黄色、青色、紫色（在这里边需要调整白屏的位置，使得 LED 光斑在白屏上呈现同心圆）。
3. 将光电池放置于白屏处，分别测量
4. 使用三个配标准比色卡的白色，类似地测出三个 LED 的及配色的相对光强，给出三个基色的光强比。

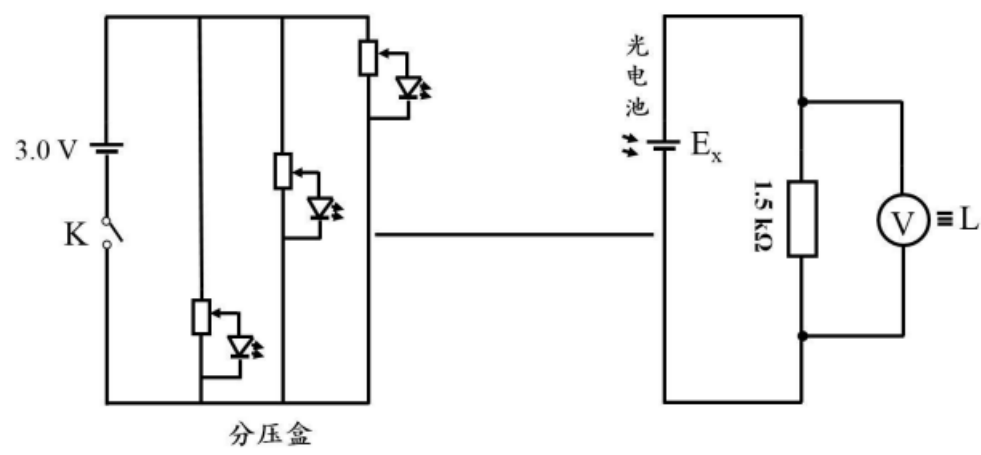


图 3: 加法混合实验电路图

5 数据记录

表 1: LED 的伏安特性测量

LED 种类 \ 电流 I (mA)	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
红	1.7594	1.7912	1.8126	1.8284	1.8442	1.8627	1.8707	1.8833	1.8951	1.9067
绿	2.212	2.258	2.291	2.314	2.337	2.357	2.375	2.393	2.411	2.427
蓝	2.534	2.567	2.588	2.604	2.621	2.635	2.647	2.661	2.673	2.683

表 2: LED 的伏安特性测量 (续表)

LED 种类 \ 电流 I(mA)	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	100.0
红	1.9186	1.9293	1.9390	1.9489	1.9567	1.9693	1.9778	1.9884	1.9957	2.004
绿	2.441	2.454	2.469	2.483	2.498	2.511	2.522	2.533	2.546	2.554
蓝	2.696	2.705	2.715	2.728	2.738	2.747	2.756	2.765	2.775	2.783

表 3: LED 的光强与电流关系 (未减去背景光强)

电流 I(mA)	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
光强 L(V)	0.0024	0.0051	0.0081	0.0111	0.0141	0.0171	0.0198	0.0230	0.0261	0.0290

表 4: LED 的光强与电流关系 (续表)

电流 I(mA)	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	100.0
光强 L(V)	0.0317	0.0347	0.0376	0.0408	0.0434	0.0465	0.0493	0.0522	0.0550	0.0580

表 5: LED 的光强与电流关系 (已扣除背景光强)

配色	黄色	青色	紫色	白色
红色相对光强 (V)	0.1190	—	0.0478	0.0654
绿色相对光强 (V)	0.0245	0.0149	—	0.3076
蓝色相对光强 (V)	—	0.0393	0.0826	0.0025
配色相对光强 (V)	0.1422	0.0540	0.1283	0.4207
基色光强比 (V)	4.86	0.38	0.58	1.00:4.70:0.04

后两个实验中，背景光强均为 0.0002V。

6 数据计算

6.1 LED 的伏安特性测量

利用人工神经网络（sigmoid 为激活函数，1*5*10*1，包含两个隐藏层）拟合伏安特性曲线如图：

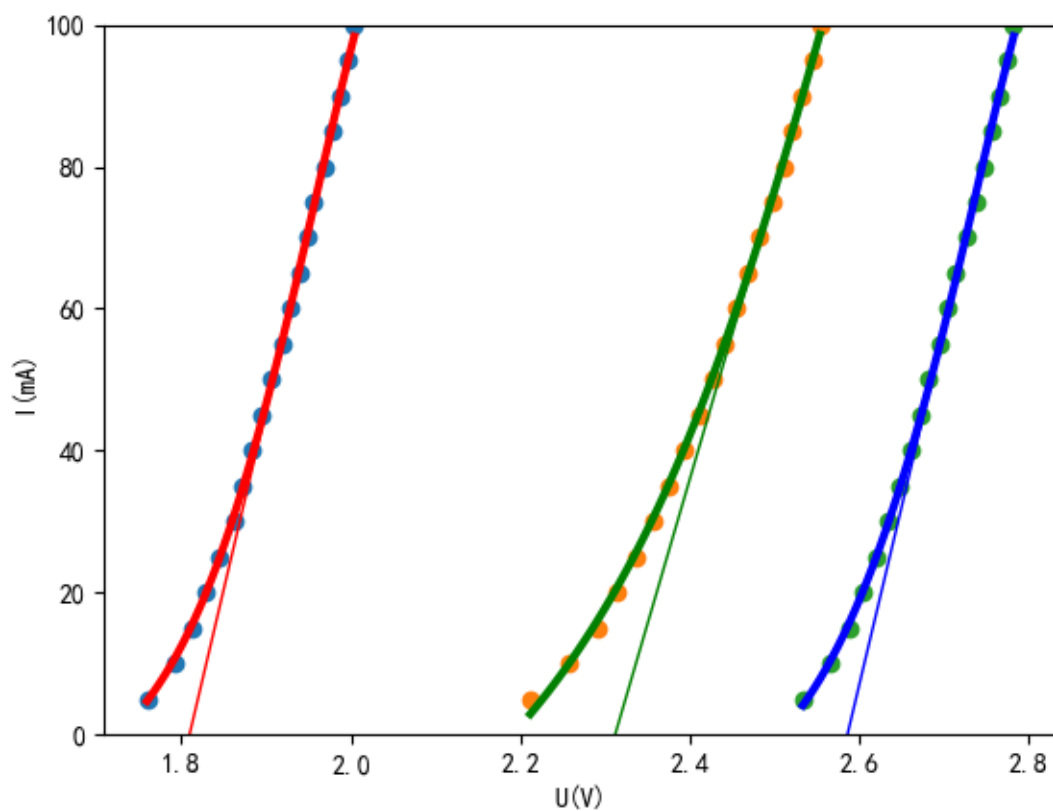


图 4: 伏安特性曲线

其中切线与 x 轴的截距 U_0 分别为：1.810（红）、2.312（绿）、2.587（蓝）。

6.2 LED 的发光波长测量

由上可知红、绿、蓝 LED 的 E_g 分别为 1.810, 2.312, 2.587。从而 λ 分别是 685nm, 536nm, 479nm。

6.3 LED 的光强与电流关系

容易发现两变量呈线性关系，因此做线性拟合。直线方程： $L=0.0006I-0.0008$ 。

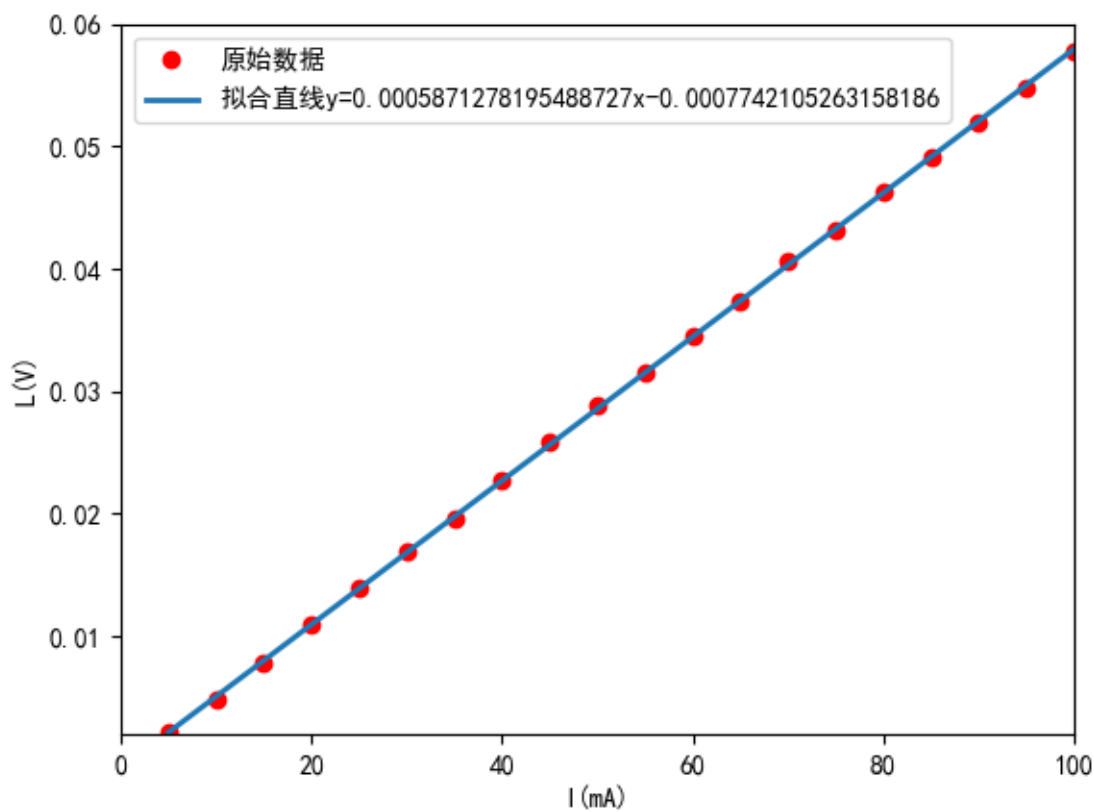


图 5: LED 的光强与电流关系（已扣除背景光强）

7 不确定度分析

7.1 LED 的伏安特性测量

在曲线的拟合中,使用方均根作为神经网络的损失函数值,loss(红)=0.052,loss(绿)=0.053,loss(蓝)=0.045。

7.2 LED 的光强与电流关系

使用 origin 可算出直线斜率和截距的标准差分别是 0.0000012, 0.0000671, 相关系数是 0.99997。对于斜率:

$$u_A = \frac{0.0000012}{\sqrt{20}} = 2.68 \times 10^{-7}$$

$$t_{0.99} = 2.86$$

$$\therefore u_t = t_{0.99} u_A = 7.66 \times 10^{-7}$$

对于截距:

$$u_A = \frac{0.0000671}{\sqrt{20}} = 1.5 \times 10^{-5}$$

$$t_{0.99} = 2.86$$

$$\therefore u_t = t_{0.99} u_A = 4.29 \times 10^{-5}$$

8 思考

1. 人眼的视敏特性是指人眼对不同波长的光具有不同的灵敏度的特性叫视敏特性。视敏特性常用视敏函数来表示。
2. 亮度不同,乙是甲的两倍。
3. 色光混合: 红 + 绿 = 黄, 绿 + 蓝 = 青, 蓝 + 红 = 紫, 红 + 绿 + 蓝 = 白; 色料混合: 红 + 黄 = 橙, 红 + 蓝 = 紫, 蓝 + 黄 = 绿, 红 + 黄 + 蓝 = 黑。色料三原色红、黄、蓝的补色绿、紫、橙。