

# 实验报告

评分:

2020 级 11 系 3 班

姓名 黄瑞轩

日期 2021 年 4 月 17 日

No PB20111686

## LED 光电特性及加法混色实验

### 1、LED 的伏安特性测量

**实验目的:** 在  $I < 100 \text{ mA}$  范围内分别测量红、绿、蓝 LED 的正向电压  $U$  与电流  $I$  的关系, 并由此绘制其各自的伏安特性曲线

**实验器材:** 3V 直流电源、三色 LED、毫安表、数字万用表、开关、导线、分压盒

**实验原理:** 按图 1 方式接线, 通过调整分压盒上电位器  $R_0$  的电阻可以得到不同的  $U$ - $I$  数据点, 在  $I < 100 \text{ mA}$  范围内测量 20 组数据, 再用曲线拟合即可得到 LED 的伏安特性曲线。更换接入三色 LED 盒的接口可以切换不同颜色的 LED, 本实验分别测量红、绿、蓝三种颜色 LED 的伏安特性曲线。

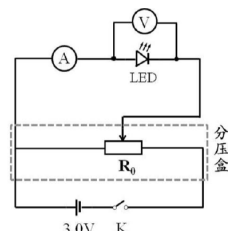


图 1 LED 伏安特性测量电路图

### 2、LED 的发光波长测量

**实验目的:** 基于伏安特性曲线, 计算红、绿、蓝 LED 的发光中心波长

**实验器材:** 3V 直流电源、三色 LED、毫安表、数字万用表、开关、导线、分压盒

**实验原理:** 基于实验 1, 得到三种 LED 的伏安特性曲线。在伏安特性曲线的线性区域进行线性拟合, 得到拟合直线, 这一拟合直线与横轴的交点即为导通阈值电压  $U_D$ , 它与禁带宽度  $E_g$  满足关系  $U_D \approx E_g/e$ , 其中  $e$  为元电荷量。所求的峰值波长  $\lambda$  与禁带宽度  $E_g$  满足关系  $\lambda \approx 1240/E_g (\text{nm})$ ,  $E_g$  的单位为 eV。根据上述原理即可得出各 LED 的发光波长。

### 3、LED 的光强与电流的关系

**实验目的:** 在  $I < 100 \text{ mA}$  内测量绿色 LED 的相对光强  $L$  与电流  $I$  的关系, 绘制其  $L$ - $I$  特性曲线, 并求近似函数关系

**实验器材:** 3V 直流电源、三色 LED、毫安表、数字万用表、硅光电池、电阻箱、开关、导线、分压盒

**实验原理:** 相对光强  $L$  定义为 LED 到光电电池距离约为 20 cm 时, 光电电池输出电压值。按图 2 方式接线, 通过调整分压盒上电位器  $R_0$  的电阻可以得到不同的  $U$ - $I$  数据点, 根据相对光强的定义, 可以得到不同的  $L$ - $I$  数据点。在  $I < 100 \text{ mA}$  范围内测量 20 组数据, 再用 Origin 作拟合即可得到绿色 LED 的发光强度与电流的关系图, 进一步计算即可得到近似的函数关系。

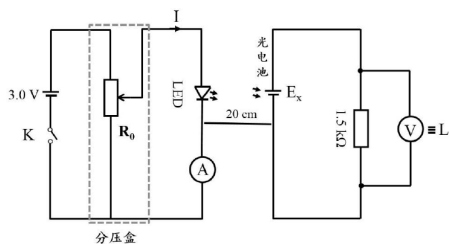


图 2 LED 发光强度与电流的关系测量

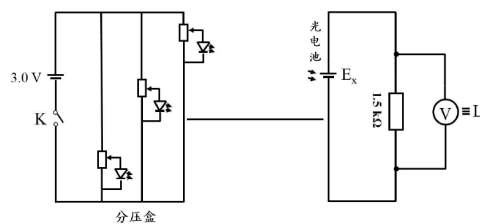


图 3 RGB 配色相对光强测量

### 4、加法混色实验

**实验目的:** 将红、绿、蓝 LED 光源作为三基色, 用相加混合法配出黄、紫、青色, 并研究所配基色光强之间的规律

**实验器材:** 3V 直流电源、三色 LED、毫安表、数字万用表、硅光电池、电阻箱、开关、导线、分压盒、白屏

**实验原理:** 按图 3 方式接线。先关闭所有光源, 记录此时电压表的示数作为背景光强。再在 LED 光口正对面放置一个白屏, 调整白屏与 LED 的距离, 直到多个光斑重合。通过调整分压盒上对应电位器的阻值来改变对应基色 LED 的发光强度, 并将合光斑颜色与指定色卡颜色进行比较, 直到颜色合适。通过改变接入 LED 盒的接线可以改变各 LED 的开关状态。先打开两个基色 LED 进行配色, 配色满意后记录此时电压表的示数, 以此示数作为所配色光的相对光强。再分别拨下其中一个基色 LED 的连接线, 分别记录单个基色 LED 开启时电压表的示数, 以此示数作为基色 LED 的相对光强。计算可得所配色光所要求的基色比例。

实验数据处理

1、LED 的伏安特性测量

原始数据：

$I/\text{mA}$	0	0	0	0	0.5	2	4	6	8	14.1
$U/\text{V}$	0.535	1.0461	1.4035	1.5594	1.6265	1.693	1.7246	1.7434	1.7552	1.7805
$I/\text{mA}$	22.5	27.5	33.7	42.8	49.5	53.2	66.0	75.0	81.1	96.9
$U/\text{V}$	1.8079	1.82	1.8337	1.8525	1.8657	1.8719	1.8937	1.9077	1.9167	1.9387

表 1 红色 LED 的测量原始数据

$I/\text{mA}$	0	0	0	1	0.5	3	5	9	14.5	17
$U/\text{V}$	1.51	1.638	2.199	2.462	2.438	2.51	2.53	2.554	2.578	2.586
$I/\text{mA}$	24.0	31.2	39.2	59.8	78.0	89.1	93.2	98.5	41.2	63.5
$U/\text{V}$	2.608	2.627	2.644	2.686	2.721	2.74	2.746	2.754	2.646	2.693

表 2 蓝色 LED 的测量原始数据

$I/\text{mA}$	0	0	0	0	1.5	4.5	7.8	10.2	17.1	21.2
$U/\text{V}$	1.515	1.665	1.736	2.045	2.15	2.217	2.25	2.27	2.313	2.335
$I/\text{mA}$	26.1	35.5	44.2	52.5	65.2	69.5	77.5	86.1	93.5	96.9
$U/\text{V}$	2.357	2.396	2.427	2.456	2.495	2.506	2.528	2.552	2.57	2.578

表 3 绿色 LED 的测量原始数据

处理数据：

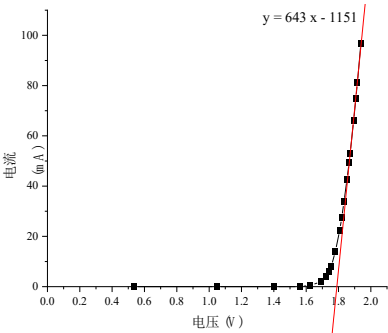


图 4 红色 LED 的伏安特性曲线

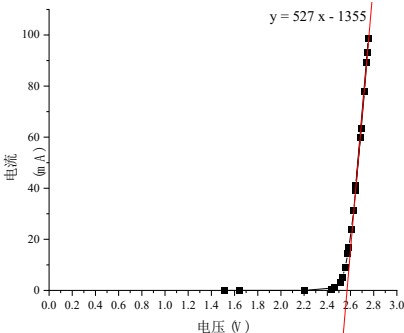


图 5 蓝色 LED 的伏安特性曲线

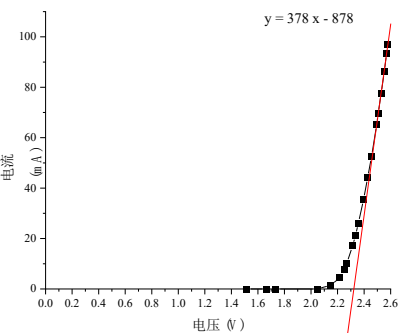


图 6 绿色 LED 的伏安特性曲线

2、LED 的发光波长测量

原始数据： 表 1、表 2、表 3。

处理数据： 根据图 4、图 5、图 6，用 Origin 可分别得到线性区域的拟合直线方程如下，方程中  $y$  表示电流，单位为  $\text{mA}$ ； $x$  表示电压，单位为  $\text{V}$ 。再令  $y=0$ ，所求得的  $x$  值即为相应的导通阈值电压  $U_D$ ，再根据实验原理计算波长值。各计算量在下表中给出。

LED 颜色	红色	蓝色	绿色
线性区域拟合直线方程	$y = 643x - 1151$	$y = 527x - 1355$	$y = 378x - 878$
导通阈值电压 $U_D$	1.79 V	2.57 V	2.32 V
禁带宽度 $E_g$	1.79 eV	2.57 eV	2.32 eV
峰值波长 $\lambda$	692.74 nm	482.49 nm	534.48 nm
标准波长 $\lambda_s$	700 nm	435.8 nm	546.1 nm

表 4 各 LED 的发光峰值波长计算量表

3、LED 的光强与电流的关系

原始数据：

<i>I</i> /mA	3.0	5.0	10.0	15.1	20.1	25.0	30.0	34.9	41.0	45.1
<i>U</i> /V	0.0011	0.0023	0.0054	0.0085	0.0117	0.0143	0.017	0.0197	0.0232	0.0254
相对光强 <i>L</i>	0.0011	0.0023	0.0054	0.0085	0.0117	0.0143	0.017	0.0197	0.0232	0.0254

<i>I</i> /mA	50.0	55.1	60.2	64.5	71.0	76.0	80.0	86.1	91.0	99.5
<i>U</i> /V	0.0279	0.0304	0.0329	0.0348	0.038	0.0404	0.0422	0.0453	0.0474	0.0511
相对光强 <i>L</i>	0.0279	0.0304	0.0329	0.0348	0.038	0.0404	0.0422	0.0453	0.0474	0.0511

表 5 原始数据表

处理数据：经 Origin 拟合得到绿色 LED 的 *L-I* 特性曲线如图 7。

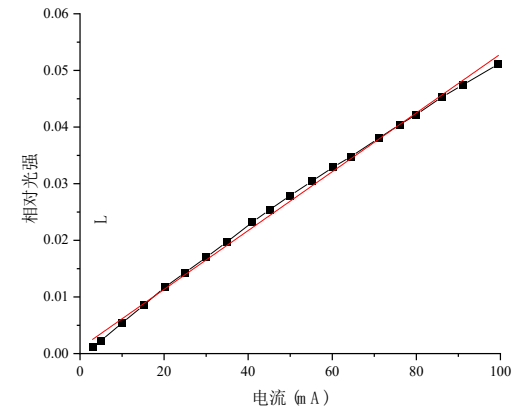


图 7 绿色 LED 发光强度与电流的关系

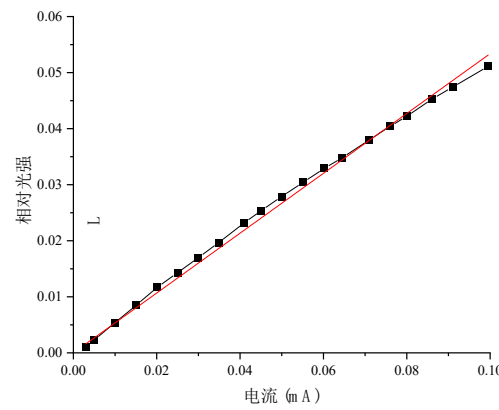


图 8 修正截距后的绿色 LED 发光强度与电流的关系

经 Origin 计算得函数关系 (*I* 单位为 A、*L* 无单位) 为

$$L = 0.519I + 0.000954^* \tag{1}$$

由于光强为 0 时电流应当为 0，因此标\*号的截距应当修正为 0，修正后的绿色 LED 的 *L-I* 特性曲线如图 8；修正的函数关系为

$$L = 0.534I \tag{2}$$

4、加法混色实验

原始数据及数据处理：

所配颜色		黄色	紫色	青色	白色
所用基色光强	红	0.0843 V	0.0412 V		0.0481 V
	绿	0.0705 V		0.0300 V	0.0477 V
	蓝		0.0894 V	0.0272 V	0.0491 V
背景光强		0 V	0 V	0 V	0 V
所配色光光强		0.1512 V	0.1284 V	0.0568 V	0.1486 V
基色比		R : G = 1.20 : 1    R : B = 0.46 : 1    G : B = 1.10 : 1    R : G : B = 0.98 : 0.97 : 1			

表 6 原始数据及计算得到的基色比数值表

## 思考题

### 1、LED 的发光原理是什么？LED 发光强度及颜色与哪些因素有关？

LED 是用 III-V 族化合物半导体材料制成的，其核心是 P-N 结。具有正向导通，反向截止和击穿等特性。若给 LED 加一正向电压，电子将由 N 区注入 P 区，空穴将由 P 区注入 N 区，这些注入的电子与空穴在 P-N 结区域发生复合，从而发射出光子。

LED 的发光强度与加在其两端的电压值有关。当 LED 两端电压大于导通阈值电压时，两端电压越大，LED 的发光强度就越大。

制作 LED 的半导体材料不同决定了 LED 发光的颜色不同。掺入砷化镓使 LED 发出红光，掺入磷化镓使 LED 发出绿光等等。

### 2、甲光 R:G:B 为 1:2:3；乙光 R:G:B 为 2:4:6，甲光和乙光有何异同？

三基色之间的比例，直接决定混合色的色调。因此混合比例相同时，色调是相同的。甲光和乙光的 RGB 混合比例相同，因而它们的色调相同。

根据颜色方程

$$F_c(C) \equiv F_r(R) + F_g(G) + F_b(B)$$

上式中，各单位以 1 流明表示。若用色度学单位来表示，则方程为

$$C(C) \equiv R(R) + G(G) + B(B)$$

这表示乙光的光强（上式中以刺激值表示）大于甲光的光强，即它们的亮度是不一样的。

### 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颜色？

色光混合规律：由实验 4 的结果，可以得出这样的规律：由两种或两种以上的色光混合在一起而呈现另一种色光的效果，遵守光照强度（辐射能量）的线性叠加规则。

$$R+G=Y(\text{黄色})$$

$$G+B=C(\text{青色})$$

$$B+R=M(\text{品红色})$$

$$R+G+B=W(\text{白色})$$

色料混合规律：色料混合也遵守线性叠加规则。

$$C+Y=G$$

$$M+Y=R$$

$$M+C=B$$

$$C+M+Y=K(\text{黑色})$$

色料三原色的补色：一种原色的补色即为除此原色外另外两种原色的和色，色料三原色为品红、黄、青。由上述混合规律，品红色的补色为绿色、黄色的补色为蓝色、青色的补色为红色。