

【实验要求】

1. 课前预习

在选课系统（pems.ustc.edu.cn）下载实验讲义，预习实验原理、实验器材与实验内容等。课堂完成预习测试题（下午 14:00-14:10，晚上 19:00-19:10）。

2. 实验阶段

- （1）实验仪器：了解仪器的功能，掌握仪器的使用；轻拿轻放、爱护实验设备。
- （2）实验数据：如实、规范记录实验数据；不得篡改、抄袭。
- （3）数据签字：实验完毕，实验数据须经指导老师签字；整理实验设备。
- （4）注意事项：仔细听老师讲解，仔细阅读实验注意事项和操作说明；在实验室内保持安静、保持整洁。

3. 出门测试

完成实验后，尽快在选课系统（pems.ustc.edu.cn）完成出门测试题（下午 16:00-18:00，晚上 20:00-22:00）。

4. 实验报告

- （1）撰写完整实验报告
- （2）数据处理：按实验内容要求处理数据、作图、分析与结论等。
- （3）思考题：完成讲义思考题。

RGB 三基色配色研究

【实验目的】

- 1、了解 LED 原理与特性。
- 2、掌握 RGB 三基色原理。

【实验原理】

自然界中人眼所能观察到的绝大多数颜色，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。所谓“相互独立”的三基色，是指三中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。国际照明委员会 CIE (International Commission on Illumination) 建立一套界定和测量色彩的技术标准。CIE 规定了红基色 (R) 的波长为 700 nm，绿基色 (R) 的波长为 546.1 nm，蓝基色的波长为 435.8 nm；它们的相对视敏函数分别为 0.0041、0.975、0.0173。在 RGB 颜色模型中，红绿蓝三基色按照不同的比例相加合成混色称为相加混色。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。图 1 为将三种不同亮度的基色光同时投射到一个表面上合成不同彩色。

- 红色+绿色=黄色
 - 绿色+蓝色=青色
 - 蓝色+红色=紫色
 - 红色+绿色+蓝色=白色
 - 红色+青色=白色
 - 绿色+紫色=白色
 - 蓝色+黄色=白色
- 改变三束光的强度，可得到各种常见的彩色光。



图 1 相加混色圆图

CIE 色度图采用 x 、 y 、 z 作为假想的红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 三基色相对强度系数。对于任一种颜色， $x+y+z=1$ 。由于 z 可以从 $x+y+z=1$ 导出，因此通常不考虑 z ，而用另外两个系数 x 和 y 表示颜色，并绘制以 x 和 y 为坐标的二维图形，相当于把 $x+y+z=1$ 平面投射到 (x, y) 平面，也就是 $z=0$ 的平面，这就是 CIE 色度图（见彩图）。色度图中 x 表示红色分量， y 表示绿色分量，图中只表示了从 400 nm（紫色）到 700 nm（红色）之间的三基色系数值，包含了所有的颜色数值。例如一个点在色度图上的坐标是 $x=0.4832$ ， $y=0.3045$ ，那么它的颜色与红苹果的颜色相匹配。E 点代表白光，它的坐标为 $(0.33, 0.33)$ ，即 RGB 三基色的光强比为 1:1:1。环绕在颜色空间边沿的颜色是光谱色，边界代表光谱色的最大饱和度，边界上的数字表示光谱色的波长，其轮廓包含所有的感知色调。所有

单色光都位于舌形曲线上，这条曲线就是单色轨迹，曲线旁标注的数字是单色（或称光谱色）光的波长值；自然界中各种实际颜色都位于这条闭合曲线内。

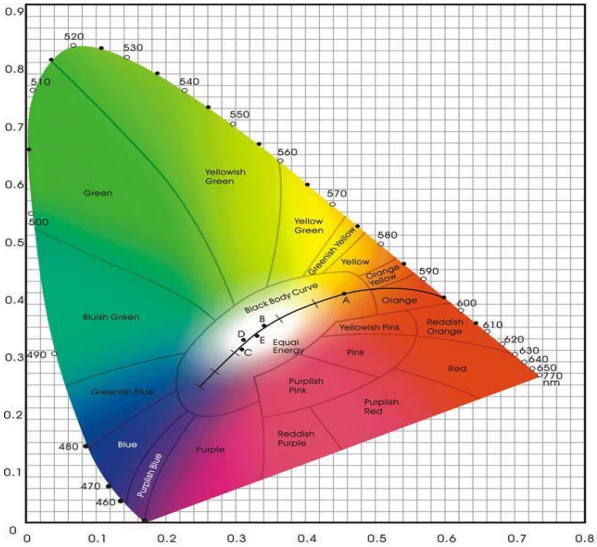


图2 CIE 色度图

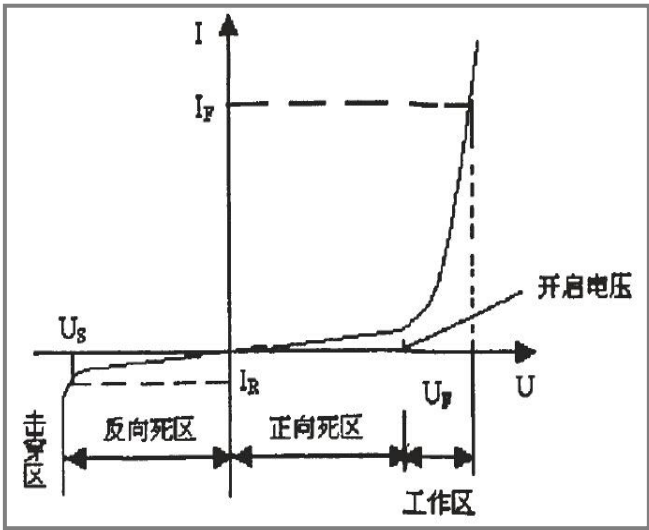


图3 LED 伏安特性曲线

LED（Light Emitting Diode）是一种半导体发光二极管，通电 LED 发出红、绿、蓝光，采用红、绿、蓝 LED 作为全彩光源的三基色，然后混合成全彩色的可见光，这种方法得到的白光有良好的显色性能、较宽的色温范围。首先要对 LED 进行选择。由色度图可知，红绿蓝三基色的色度坐标越靠近光谱轨迹的三个顶角，三基色的色度坐标所围成的三角形越大，所能得到的颜色就越丰富。LED 伏安特性是表征 LED 芯片 P-N 结性能的主要参数。LED 的伏安特性具有非线性和单向导电性，即外加正偏压时表现为低电阻，反之为高电阻，如图 3 所示，包括正向死区、工作区、反向死区和击穿区。LED 的发光波长与其材料的禁带宽度 E_g 有关， $\lambda=1240/E_g (nm)$ ，式中 E_g 的单位为电子伏特（eV），由于不同材料的禁带宽度不同，所以由不同材料制成的发光二极管可发出不同波长的光，即产生不同颜色的光。若能产生可见光（波长 380nm~780nm），半导体材料的 E_g 应在 3.26~1.63 eV 之间，不同颜色的 LED 发光光谱如图 4 所示。

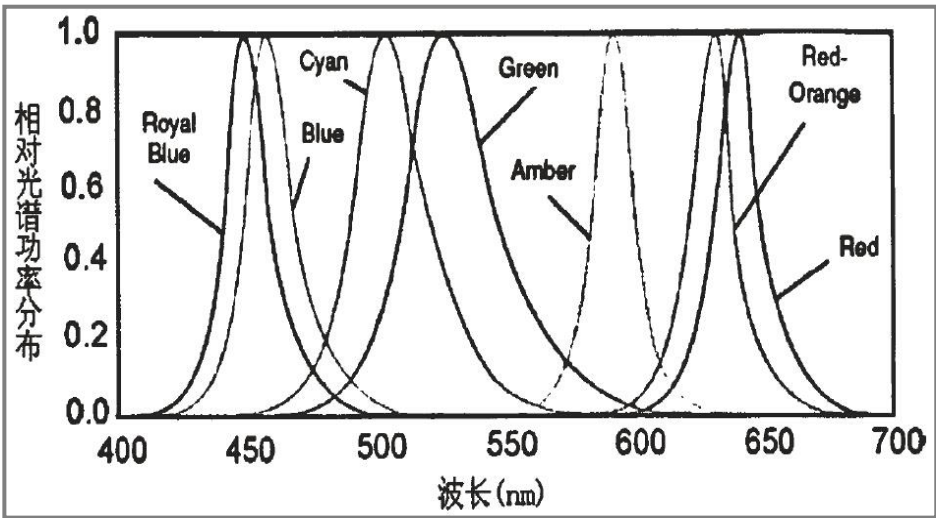
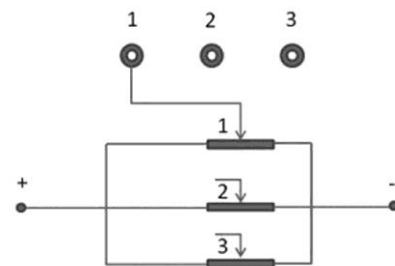


图4 LED 发光光谱分布

【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



分压盒内部接线（省去 2，3）

【实验内容】

1. LED 的伏安特性测量

按图 5 接线，调节分压盒，在 $I \leq 100\text{mA}$ 内，测量 20 组 I 与 U 数据，绘制发光二极管正向 $I-U$ 曲线。

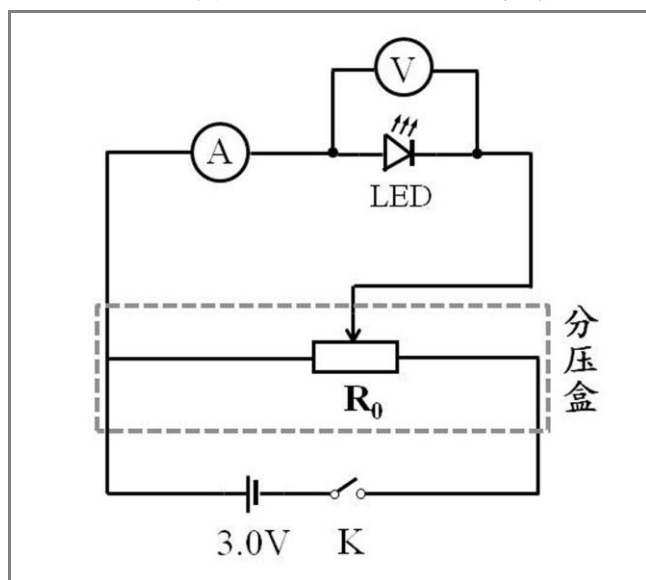


图 5 LED 伏安特性测量

2. LED 的发光波长测量

基于 $I-U$ 特性曲线，估算 LED 的发光中心波长，叙述测量原理和方法。

3. LED 的发光强度特性

按图 6 接线，调节分压盒，在工作电流 $I \leq 100\text{mA}$ 内，测量 20 组 LED 相对光强 L 与工作电流 I 数据，绘制 LED 的 $L-I$ 特性曲线。

（ L 定义：LED 到光电池距离约为 20 cm 时，光电池输出电压值）。

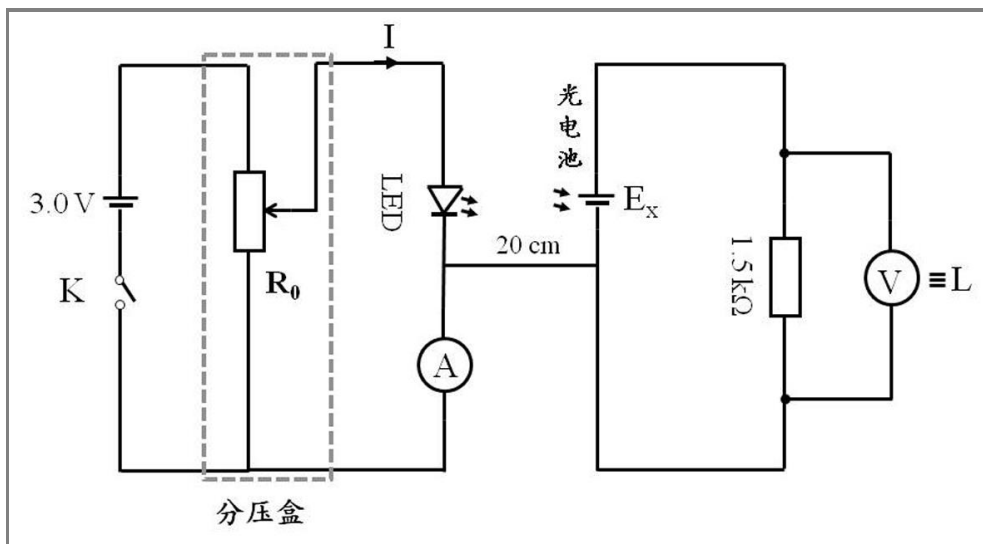


图 6 LED 发光强度测量

4. RGB 配色实验

按图 7 所示，将红、绿、蓝 LED 作为发光当作假想的 RGB 三基色，相加混合法配出指定色卡的颜色。调整白屏，使 3 个 LED 光斑在白屏上呈同心圆。

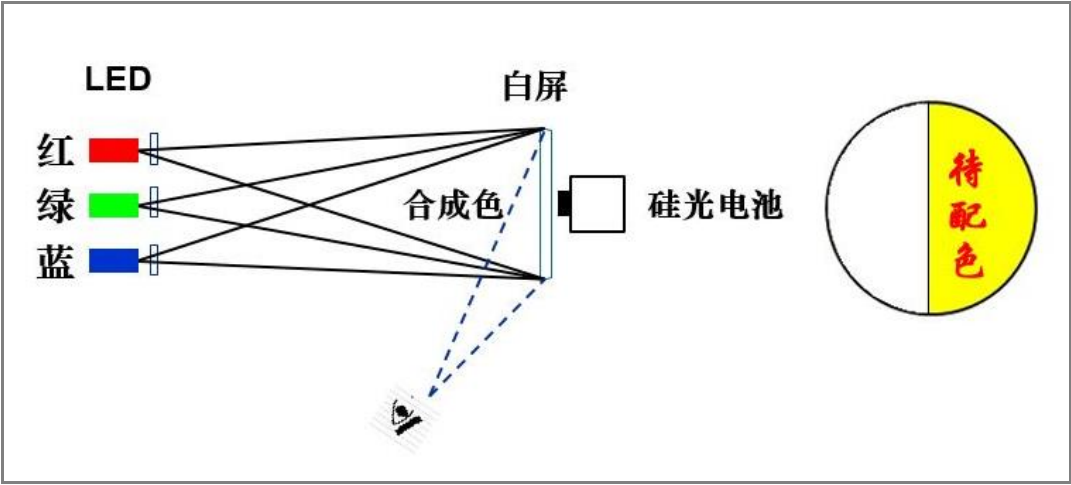


图 7 RGB 配色示意图

- (1) 按图 8 接线，调节分压盒，分别采用两个 LED，在 $I \leq 100mA$ 内，配出标准色卡的黄色、青色、紫色，将光电池放置于白屏处，测量两个 LED 的及配色的相对光强 L ，给出两个基色的光强比。
(L 定义：光电池输出电压值；提示：需扣除背景光强)

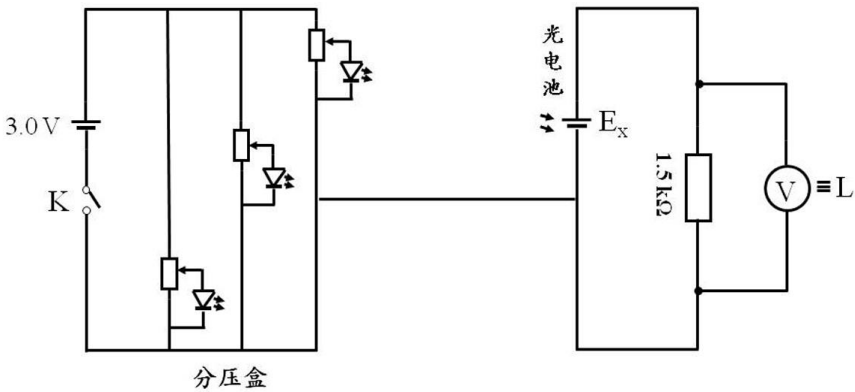


图 8 RGB 配色相对光强测量

- (2) 按图 8 接线，调节分压盒，采用三个 LED，在 $I \leq 100mA$ 内，配出标准色卡的白色，将光电池放置于白屏处，测量三个 LED 的及配色的相对光强 L ，给出三个基色的光强比。
(L 定义：光电池输出电压值；提示：需扣除背景光强)

【思考题】

1. 什么叫人眼的视敏特性？用什么函数度量？
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？

【注意事项】

1. 勿打开 LED 机箱，随意调整 LED；
2. 测量 LED 光强特性时，务必关闭照明光源；
3. 勿将直流稳压电源的输出端直接接到 LED 电极两端；