

实验报告

实验题目 光电效应测普朗克常数

学号: PB21000004

实验目的 测量普朗克常数 h

姓名: 吴越

实验原理

单色光照射在光电管的阴极上有电子发射出来的现象叫光电效应，出射的电子称之为光电子，形成的电流称之为光电流。光电流很弱。加载在光电管中阳极与阴极之间电压为正值时，随着电压的增大光电流迅速增大，电压增大到一定值后，光电流趋于饱和。加载在阳极与阴极之间电压为负值时，随着电压数值逐渐变大，光电流变弱，负电压数值增大到 U_0 值时，光电流变为零。把电压 U_0 称之为遏止电压。本实验要求测量 5 种不同单色光分别照射下，光电流的遏止电压值。本实验还需测量和验证饱和光电流与光强之间的关系，是否满足线性正比关系。

(实验提高内容) 有能力的同学，要求测量 5 种不同单色光分别照射下，光电管完整的伏安特性曲线，以及基于此曲线分析和测量出光电流的遏止电压(拐点法)。

实验仪器介绍

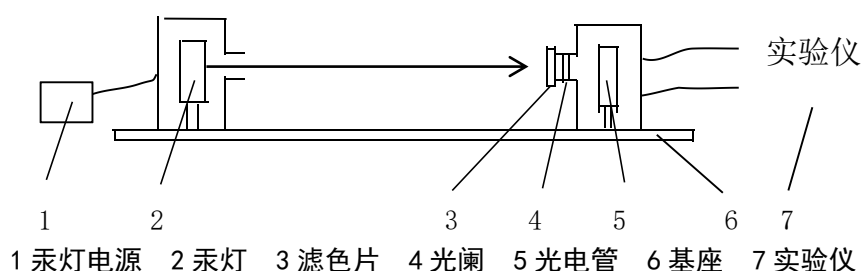


图 1 仪器结构示意图

ZKY-GD-4 智能光电效应(普朗克常数)实验仪。

基本必做实验内容

- ① 零电流法、补偿法分别测遏止电压;
- ② 饱和光电流与光强之间的变化关系。

1. 固定一种直径大小光阑的情况下，分别测量 5 种不同单色光照射下，光电流的遏止电压。

- a) 测量数据记录列表(1)
- b) 用最小二乘法计算普朗克常数 h 大小，以及与公认值 h_0 之间的相对误差。
- c) 计算此光电管阴极材料，产生光电效应的单色照射光的波长红限，以及光电子从材料表面逸出的功大小。

表 1 不同单色光照射下的光电流的遏止电压 (光阑孔 $\Phi = 4\text{mm}$)

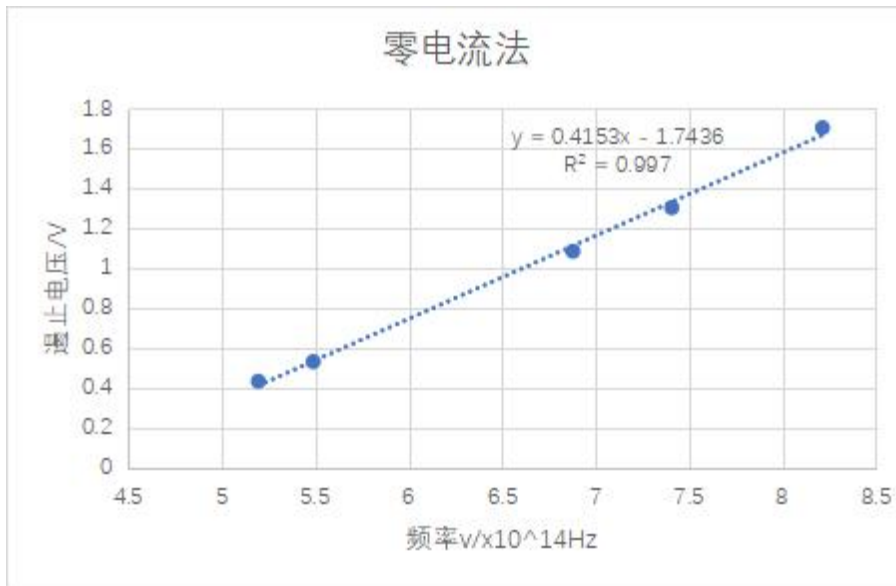
波长 $\lambda_i(\text{nm})$		365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 $\nu_i(\times 10^{14}\text{Hz})$		8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
零电流法测	手动	1.704	1.304	1.086	0.534	0.436
遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$						
补偿法测	手动	1.706	1.308	1.088	0.534	0.434
遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$						

数据处理和分析

对上述表 1 中的单色光频率与遏止电压（正值）之间，在直角坐标纸上进行画图、描点，再进行（最小二乘）线性回归拟合分析，做出拟合直线。写出拟合直线方程。【参见附图 1】根据上述拟合直线方程，计算

- ① 普朗克常数值
- ② 与公认值比较计算相对误差
- ③ 计算单色入射光红限
- ④ 计算电子的逸出功

a) 零点法



直线方程: $y = 0.4153x - 1.7436$

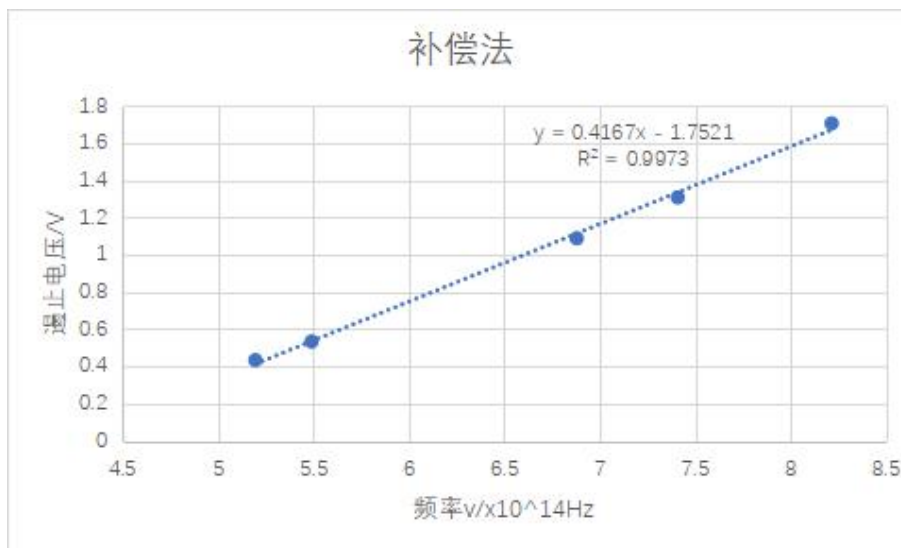
普朗克常数 $h = 0.4143 \times 1.602 \times 10^{-33} \text{J}\cdot\text{s} = 6.645 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$

相对误差 $\delta = 0.28\%$

红限 $\nu = 1.7436 \div 0.4153 \times 10^{14} \text{Hz} = 4.198 \times 10^{14} \text{Hz}$

逸出功 $A = 1.7436 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{J} = 2.790 \times 10^{-19} \text{J}$

b) 补偿法



直线方程: $y = 0.4167x - 1.7521$

普朗克常数 $h = 0.4167 \times 1.602 \times 10^{-33} J \cdot s = 6.667 \times 10^{-34} J \cdot s$

相对误差 $\delta = 0.61\%$

红限 $\nu = 1.7521 \div 0.4167 \times 10^{14} Hz = 4.205 \times 10^{14} Hz$

逸出功 $A = 1.7521 \times 1.602 \times 10^{-19} J = 2.803 \times 10^{-19} J$

2. 测量饱和光电流与光强的关系

- 其一种情况是，选择一种单色光，固定光电管阴阳极电压（在饱和区），改变不同的光阑（直径）大小，来改变光强
- 另一种情况是，选择一种单色光，固定光电管阴阳极电压（在饱和区），改变光电管与汞灯光源的距离，来改变光强
- 二种测量内容，分别列表，画图。验证饱和光电流与光强，成正比关系。

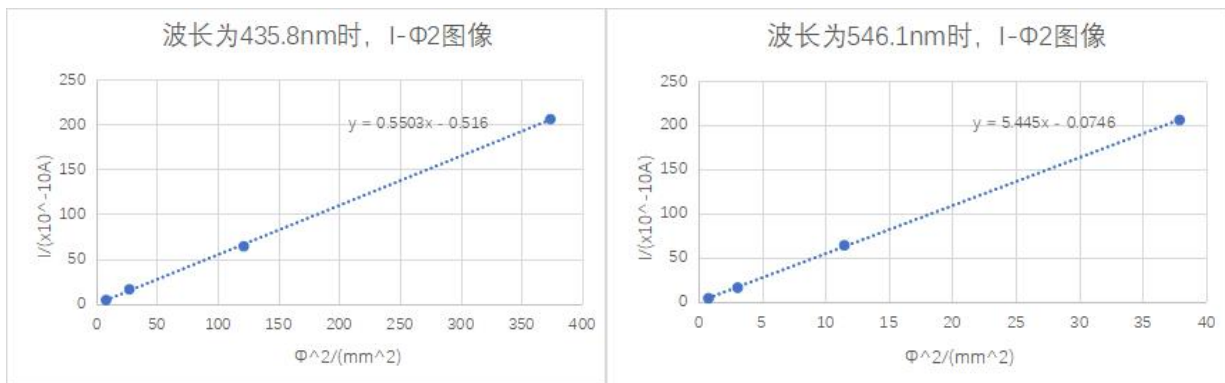
表 2 I_s — P 关系

$U_{AK} = 20 \text{ V}$ $L = 400 \text{ mm}$

435.8nm	光阑孔 Φ (mm)	2	4	8	14.35
	I ($\times 10^{-10}\text{A}$)	8.0	27.2	121.4	374
546.1nm	光阑孔 Φ (mm)	2	4	8	14.35
	I ($\times 10^{-10}\text{A}$)	0.8	3.2	12.5	36.9

对上述表中的饱和光电流的测量数据，进行如下处理和分析。

- 由于光强 P 正比于 Φ 的平方，所以作出 I - Φ^2 图像：



拟合结果为： $y = 0.5503x + 0.516$

$y = 5.445x - 0.0746$

由拟合结果可以看出，波长为 435.8nm 时，由于测量误差的存在， I - Φ^2 图像截距为 0.516。而波长为 546.1nm 时，截距为 -0.0746，与实验数据相比非常微小。综上考虑可以近似认为 I 正比于 P 。

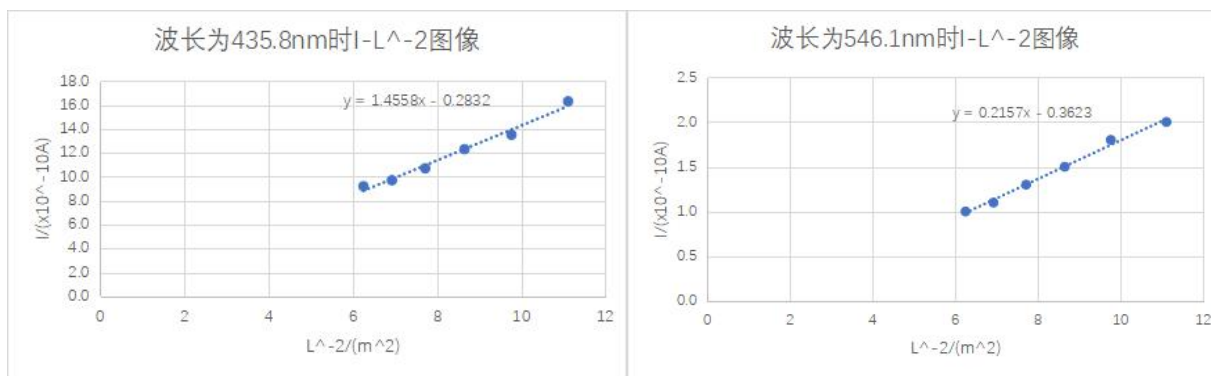
表 3 I_s — P 关系

$U_{AK} = 20 \text{ V}$ $\Phi = 4 \text{ mm}$

435.8nm	入射距离 L(mm)	300	320	340	360	380	400
	$I (\times 10^{-10}\text{A})$	16.3	13.5	12.3	10.7	9.7	9.2
546.1nm	入射距离 L(mm)	300	320	340	360	380	400
	$I (\times 10^{-10}\text{A})$	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0

对上述表中的饱和光电流的测量数据，进行如下处理和分析。

c) 由于光强 P 正比于 L 的⁻²次方，所以作出 $I-L^{-2}$ 图像：



拟合结果为： $y=0.5503x+0.516$

$y=5.445x-0.0746$

由结果可以看出，两种波长下， $I-L^2$ 图像截距分别为 0.3623 和 0.2832。与实验数据相比非常微小。可以近似认为 I 正比于 P 。

综合两次实验考虑，可以得出饱和光电流 I 正比于光强 P 的结论。

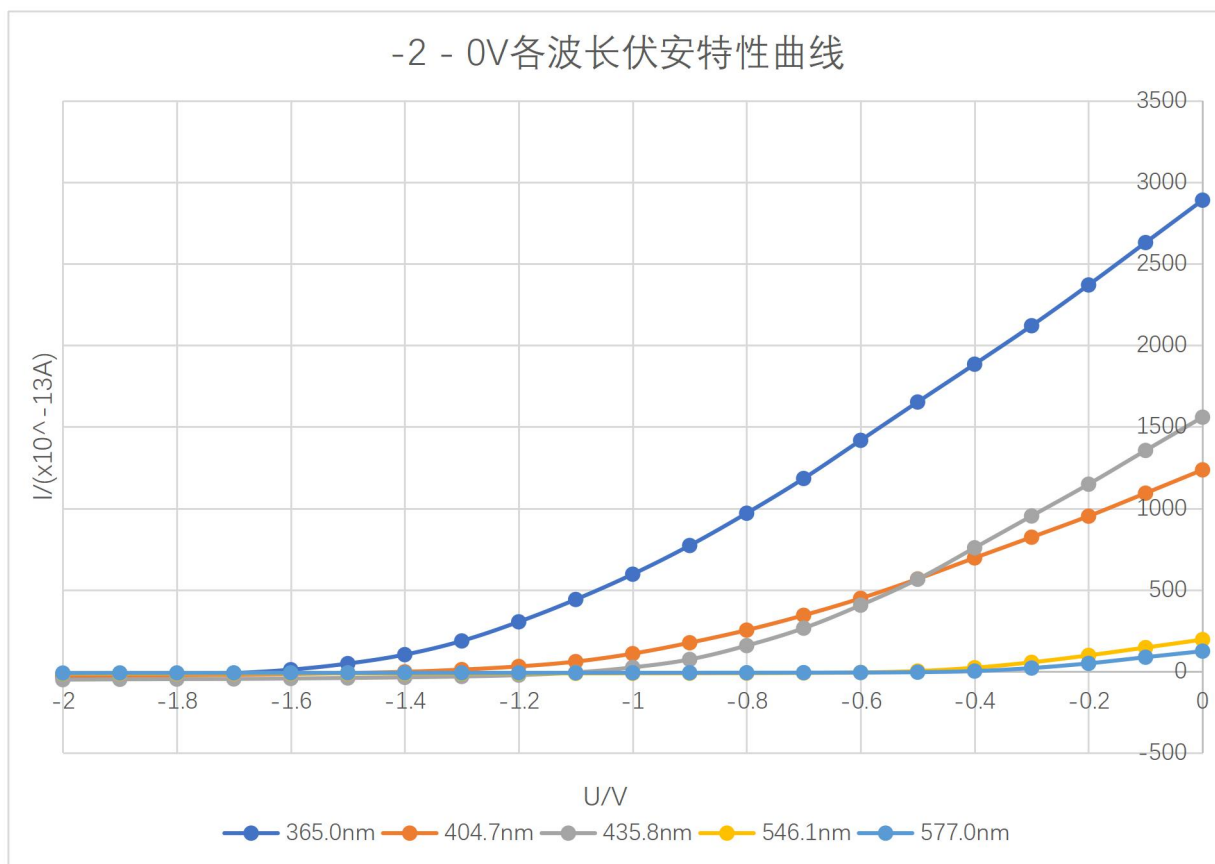
提高性实验内容

测量完整的伏安特性曲线，以及使用“拐点法”测量光电流的遏止电压。计算普朗克常数 h 。

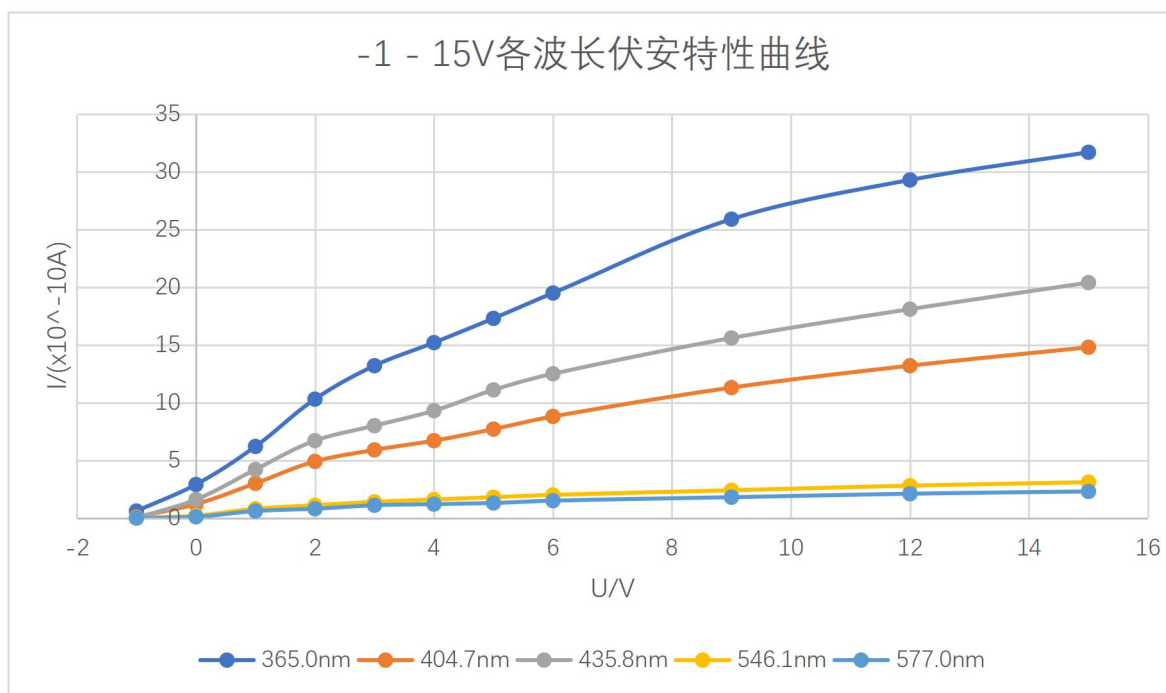
- 分二段，测量光电管的伏安特性曲线（注意：电流表使用二个不同的档， 10^{-13}A 和 10^{-10}A ）
 - 第 1 段， $-2\text{V} \sim 0\text{V}$ 段。5 种不同单色光照射下光电管的伏安曲线
 - 第 2 段， $-1\text{V} \sim 50\text{V}$ 段。5 种不同单色光照射下光电管的伏安曲线
- 记录数据
- 数据处理
 - 画一张完整的伏安特性曲线图（五种单色光画在同一张图上）； b) 画局部光电流放大图，利用“拐点法”分析遏止电压值。
- 利用上述“拐点法”测算出的 5 种不同单色光的光电流的遏止电压，计算普朗克常数 h 。

（注：以下数据均在 $\Phi=4\text{mm}$, $L=400\text{mm}$ 条件下测得）

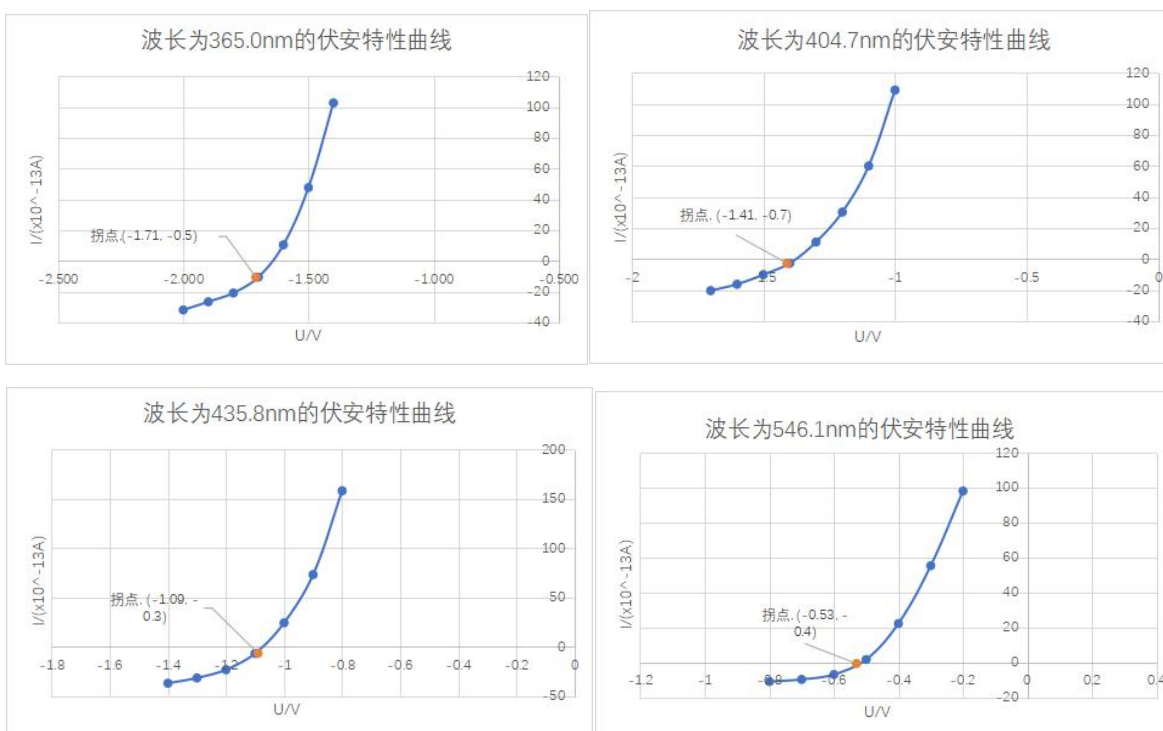
a) 第一段 ($-2 - 0\text{V}$)

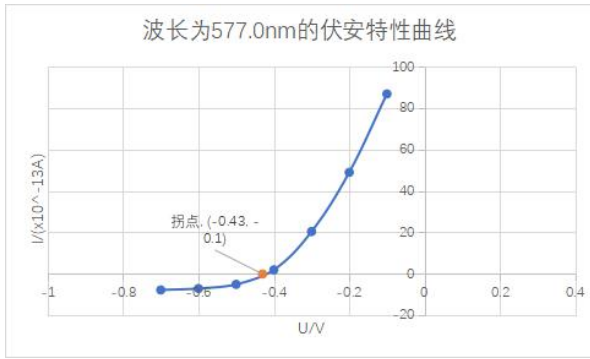


第二段(-1 - 15V)



b) 局部光电流放大图:





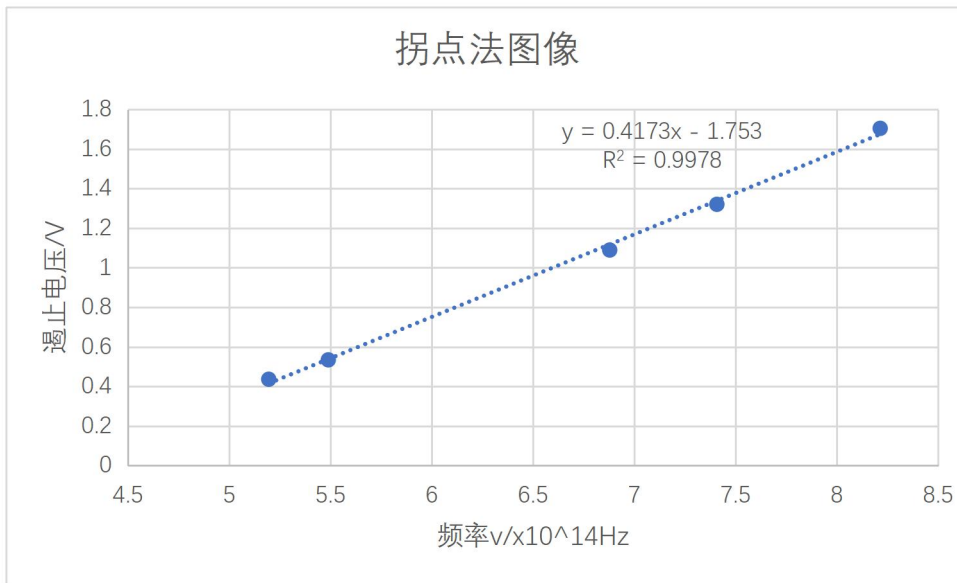
图（组） 不同单色光照射下的光电管伏安特性曲线局部放大图

得到下表：

表 4 不同单色光照射下的光电流的遏止电压 (光阑孔 $\Phi = 4\text{mm}$)

波长 $\lambda_i(\text{nm})$	365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 $\nu_i(\times 10^{14}\text{Hz})$	8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
拐点法测	1.71	1.41	1.09	0.53	0.43
遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$					

画出图像，并用最小二乘法拟合：



直线方程： $y = 0.4173x - 1.753$

得到普朗克常数 $h = 0.4173 \times 1.601 \times 10^{-33} = 6.677 \times 10^{-34}$

与标准值 $h = 6.626 \times 10^{-34}$ 对比，得：

相对误差 $\delta = 0.77\%$

可见相对误差较小。