

光电效应测普朗克常数实验报告

学号: PB22511902 姓名: 王冬雪

实验目的

测量普朗克常数 h 。

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。在光电管里加载在阳极与阴极之间的电压为正值时, 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。加载负电压时, 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5个值。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

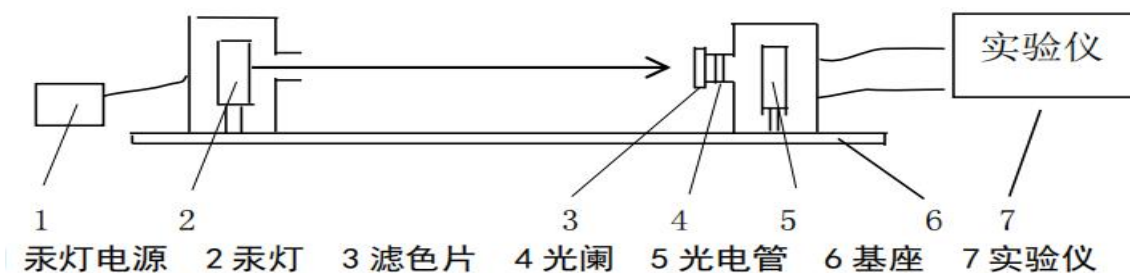


图1 仪器结构示意图

智能光电效应(普朗克常数)实验仪如上图所示。

实验数据记录以及分析处理

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(距离 $L=400\text{mm}$ 光阑孔 $\Phi=2\text{mm}$)

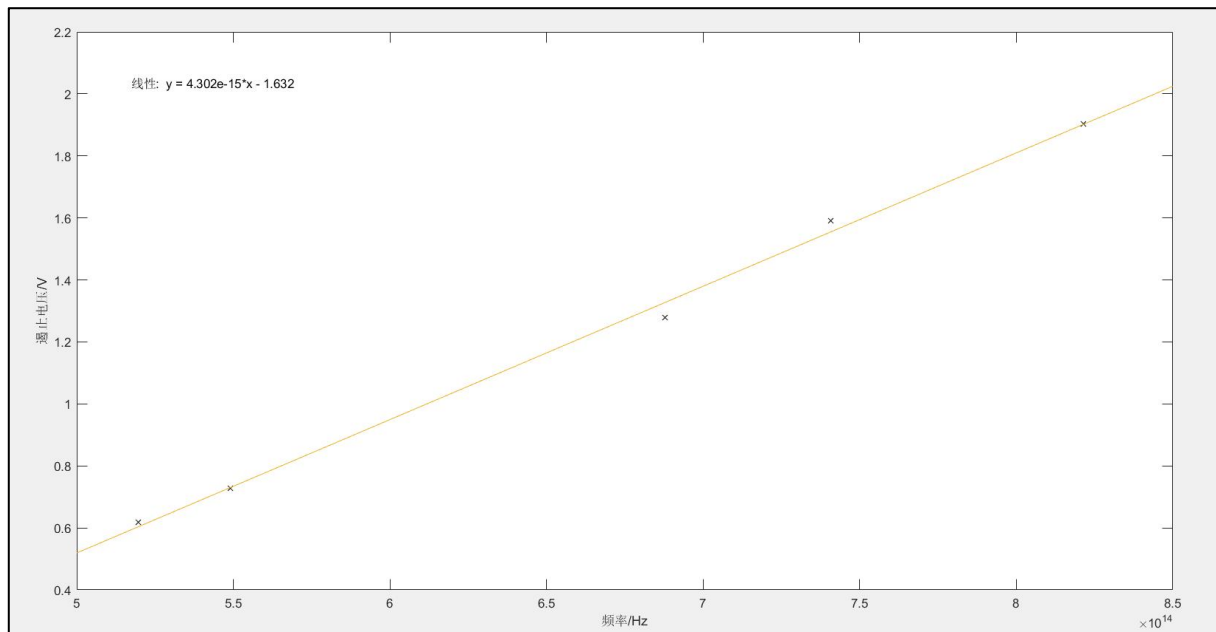
| 波长 $\lambda_i(\text{nm})$ | | 365.0 | 404.7 | 435.8 | 546.1 | 577.0 |
|-------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 频率 $\nu_i(\times 10^{14}\text{Hz})$ | | 8.214 | 7.408 | 6.879 | 5.490 | 5.196 |
| 零电流法测遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$ | 手动 | 1.886 | 1.584 | 1.272 | 0.716 | 0.610 |
| 补偿法测遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$ | 手动 | 1.904 | 1.590 | 1.278 | 0.728 | 0.618 |

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。

根据上述拟合直线方程,计算

- ① 普朗克常数值 h
- ② 与公认值 h_0 比较计算相对误差
- ③ 计算入射光红限(频率、波长值)
- ④ 计算电子的逸出功
- ⑤ 二种方法测量结果的比较。



(1) 零电流法

图2 零电流法遏止电压与频率关系图

根据拟合结果,

$$U = \frac{h}{e} \nu + \frac{W_{\text{逸}}}{e} = (4.302 \times 10^{-15} \nu - 1.632) \text{V} \quad (*)$$

故,普朗克常数值

$$h = ek = 6.8926 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

由 $\left| \frac{h-h_0}{h_0} \right| \times 100\% = 4.02\%$ 知相对误差为4.02%。

在(*)式中令 $U=0$, 可得

$$\nu = 3.794 \times 10^{14} \text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 790.8 \text{nm}$$

在(*)式中令 $\nu=0$, 可得

$$U = -1.632 \text{V}$$

那么阴极材料逸出功

$$W = eU = 2.615 \times 10^{-19} \text{J}$$

根据拟合结果,

$$U = \frac{h}{e} \nu + \frac{W_{\text{逸}}}{e} = (4.288 \times 10^{-15} \nu - 1.632) \text{V}$$

(2) 补偿法

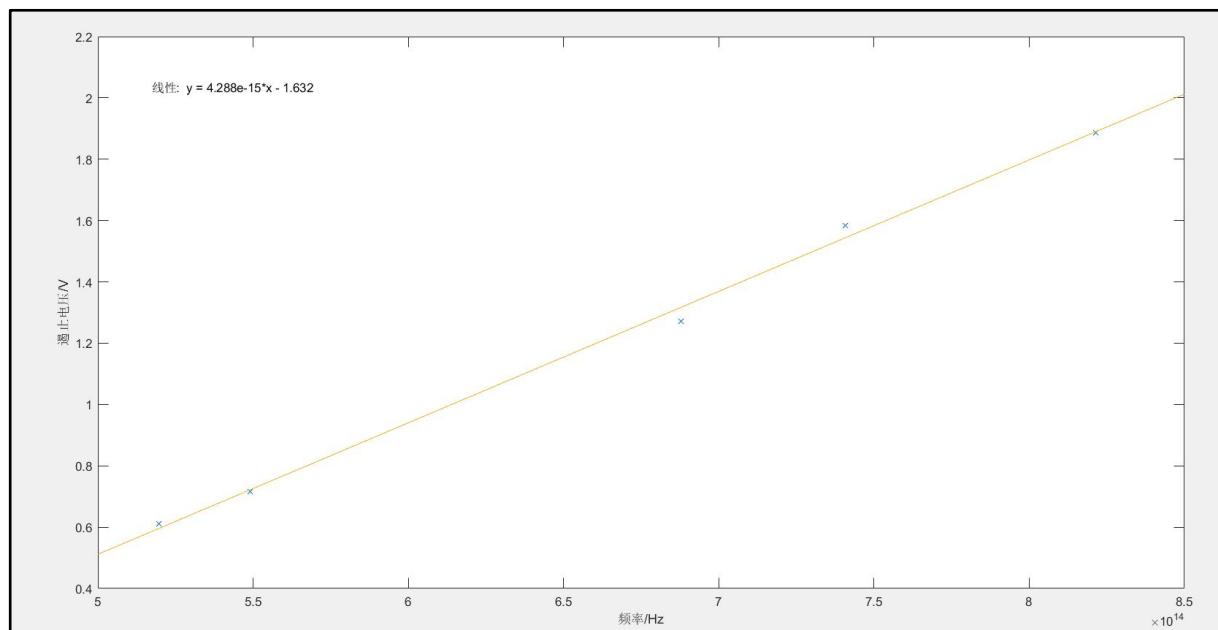


图3补偿法遏止电压与频率关系图

同上述分析，可得

$$\begin{aligned}
 h' &= 6.8701 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\
 \left| \frac{h' - h_0}{h_0} \right| \times 100\% &= 3.68\% \\
 \nu' &= 3.794 \times 10^{14} \text{ Hz} \\
 \lambda' &= 790.8 \text{ nm} \\
 W' &= 2.615 \times 10^{-19} \text{ J}
 \end{aligned}$$

经比较两种测量所得数据，补偿法较为精确，但差别不大。

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
- c) 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饱和光电流 I_M —光强 P 的关系 $U_{AK}=30\text{V}$ $L=400\text{mm}$

| | | | | | |
|----------------------------|----------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| $\lambda = 435.8\text{nm}$ | 光阑孔直径/mm | 2 | 4 | 8 | 14.35 |
| | 饱和光电流/A | 7.6×10^{-10} | 29.3×10^{-10} | 109.4×10^{-10} | 34.2×10^{-9} |

表3饱和光电流 I_M —光强 P 的关系 $U_{AK}=30\text{V}$ $\Phi=2\text{mm}$

| | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda = 435.8\text{nm}$ | L/cm | 30.00 | 32.00 | 34.00 | 36.00 | 38.00 | 40.00 |
| | $I/10^{-10}\text{A}$ | 16.2 | 13.5 | 11.4 | 10.5 | 8.5 | 7.5 |

对上述二个表中的饱和光电流的测量数据，进行如下数据处理和分析。

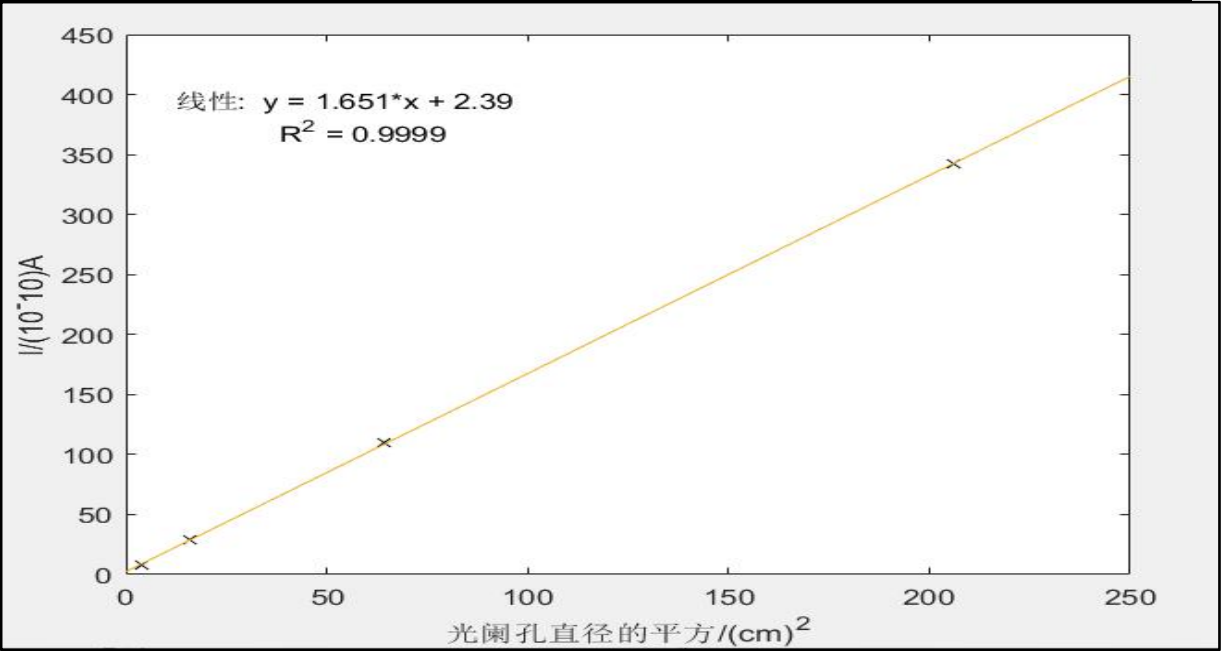


图4 饱和光电流与光阑孔平方的关系

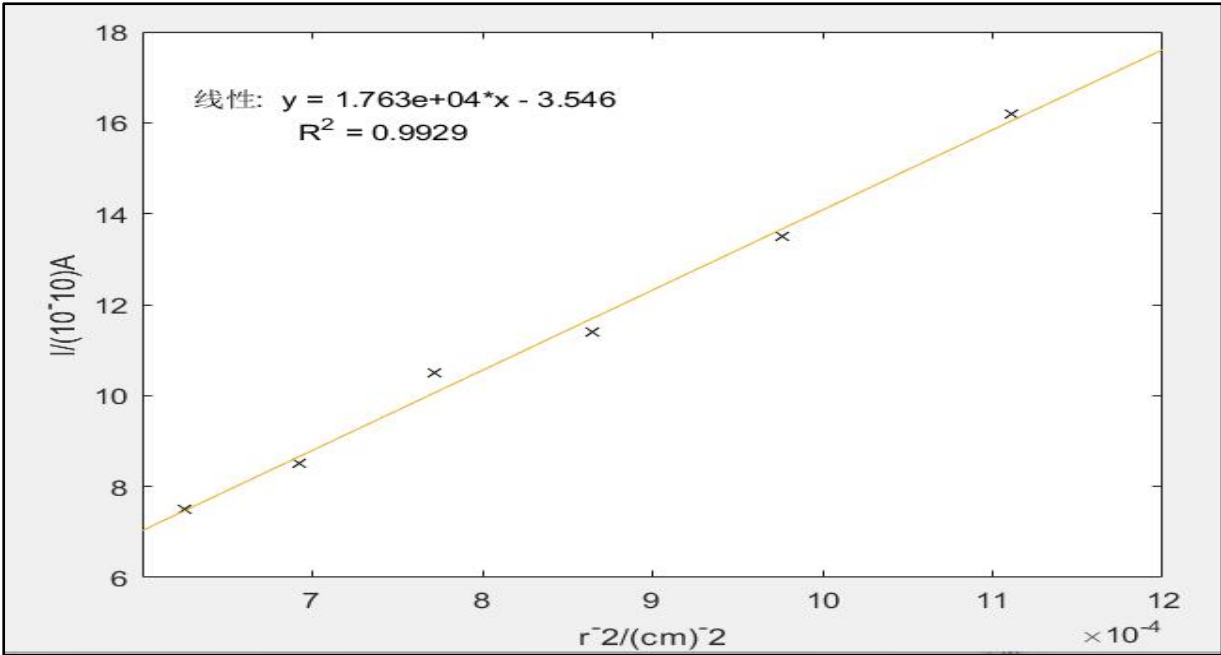


图5 饱和光电流与距离平方的倒数的关系

由图可以看出，饱和光电流与光强有着良好的正比关系。

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*。

| 表4 光电管伏安特性曲线测量 | | | | | | | | | | L=400mm, Φ=2mm,λ=577.0nm | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|--|
| U_{AK}/V | -1.9 | -1.8 | -1.7 | -1.6 | -1.5 | -1.4 | -1.3 | -1.2 | -1.1 | -1.0 | |
| $I/10^{-13}A$ | -2.8 | -2.7 | -2.7 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | -2.6 | -2.5 | -2.5 | -2.5 | |
| U_{AK}/V | -0.9 | -0.8 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | 0 | |
| $I/10^{-13}A$ | -2.4 | -2.4 | -2.2 | -0.7 | 3.6 | 9.8 | 18.6 | 29.2 | 39.7 | 49.4 | |
| U_{AK}/V | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | |
| $I/10^{-12}A$ | 11.7 | 14.6 | 16.7 | 19.2 | 21.5 | 33.9 | 39.6 | 43.3 | 48.3 | 49.1 | |
| U_{AK}/V | 35 | 40 | 45 | 50 | | | | | | | |
| $I/10^{-12}A$ | 53.5 | 53.9 | 56.5 | 57.2 | | | | | | | |

表5 光电管伏安特性曲线测量

L=400mm, $\Phi=2\text{mm}$, $\lambda=365.0\text{nm}$

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U_{AK}/V | -1.99 | -1.97 | -1.96 | -1.95 | -1.94 | -1.93 | -1.92 | -1.91 | -1.90 | -1.89 |
| $I/10^{-13}\text{A}$ | -5.3 | -4.8 | -4.5 | -4.3 | -4.0 | -3.7 | -3.4 | -3.1 | -2.8 | -2.3 |
| U_{AK}/V | -1.88 | -1.87 | -1.86 | -1.85 | -1.84 | -1.83 | -1.82 | -1.81 | -1.80 | -1.7 |
| $I/10^{-13}\text{A}$ | -1.9 | -1.5 | -0.9 | -0.3 | 0.2 | 0.9 | 1.6 | 2.4 | 3.2 | 15.8 |
| U_{AK}/V | -1.6 | -1.5 | -1.4 | -1.3 | -1.2 | | | | | |
| $I/10^{-13}\text{A}$ | 41.0 | 73.6 | 111.4 | 150.6 | 194.4 | | | | | |
| U_{AK}/V | -1.0 | 0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 10 | 15 | 20 |
| $I/10^{-11}\text{A}$ | 2.8 | 8.5 | 16.1 | 24.7 | 33.2 | 37.4 | 38.7 | 53.3 | 71.4 | 82.7 |
| U_{AK}/V | 25 | 30 | 35 | 35 | 40 | 45 | 50 | | | |
| $I/10^{-11}\text{A}$ | 95.4 | 103.0 | 116.6 | 123.3 | 127.4 | 134.0 | | | | |

处理数据得

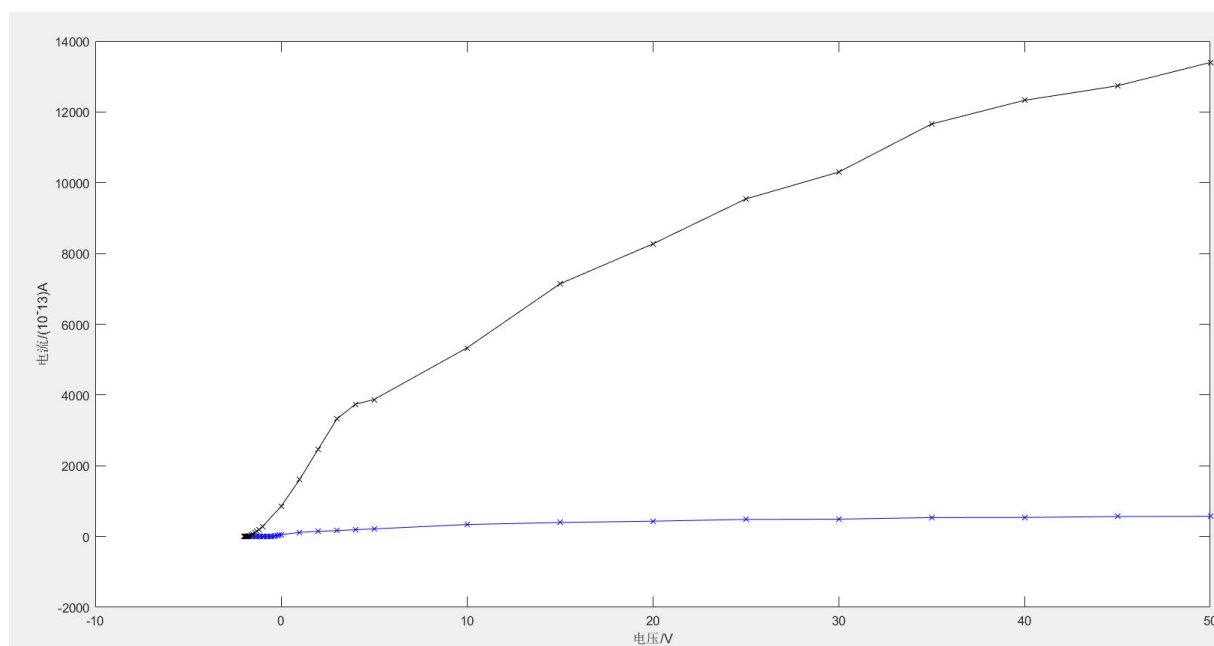
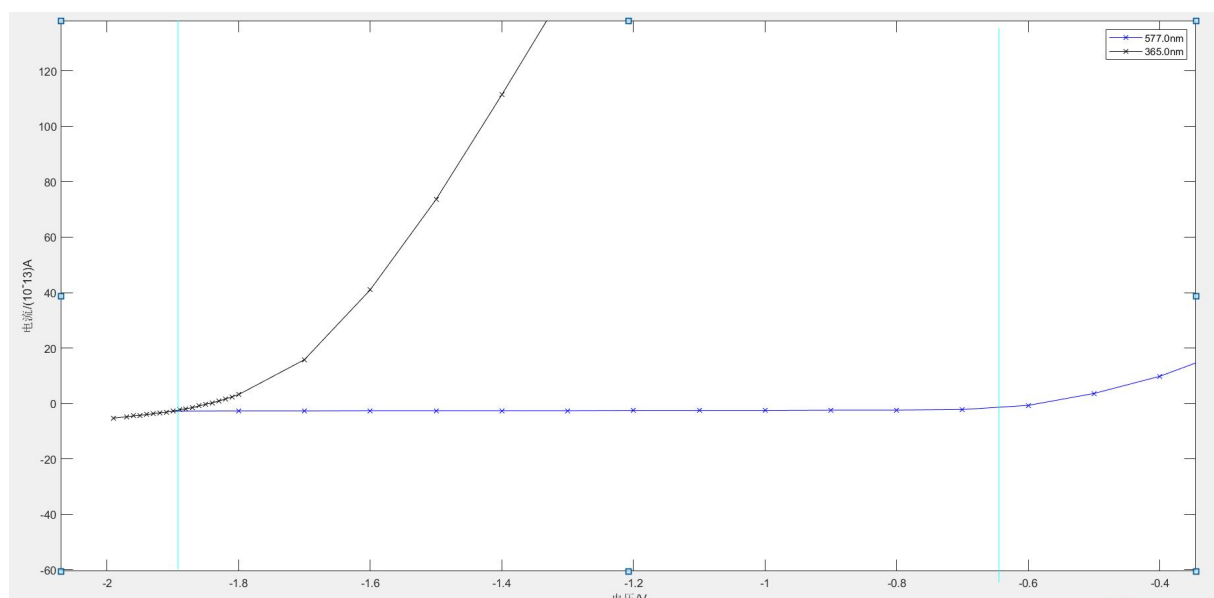


图6 光电管伏安特性曲线

对斜率突变处放大，可得



由图可知577.0nm遏止电压为0.641V，365.0nm遏止电压为1.912V

同零电流法处理，可得

$$h'' = \frac{\Delta U}{\Delta \nu} e = 6.7474 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

$$\left| \frac{h'' - h_0}{h_0} \right| \times 100\% = 2.72\%$$

$$\nu'' = 3.676 \times 10^{14} \text{Hz}$$

$$\lambda' = 816 \text{nm}$$

$$W = 2.370 \times 10^{-19} \text{J}$$