1. 光电效应是 SB 实验！光电效应是 SB 实验！！光电效应是 SB 实验！！！
2. 做零电流法和补偿法的时候一定要当场检查数据，不要像我一样看读数很稳定就以为误差不大。（吐血）
3. 做拐点法时不要浪费时间等待读数稳定，一切试图使读数稳定的努力都是徒劳的。
4. 光电效应是 SB 实验！光电效应是 SB 实验！！光电效应是 SB 实验！！！

实 验 报 告 (Simplified)

PB21XXXXXX W L Y

2022 年 5 月 6 日

实验项目：光电效应测普朗克常数

实验器材：汞灯，滤色片，光阑，光电管，基座，ZKY-GD-4 智能光电效应（普朗克常数）实验仪。

实验原理

光电效应是指一定频率的光照射在金属表面时，有电子从金属表面逸出的现象。出射的电子称为光电子，形成的电流称为光电流。

在光电管中阳极与阴极之间加正向电压时，光电流随着电压的增大而增大并趋于饱和。在阳极与阴极之间加反向电压时，随着电压数值增大，光电流变弱。反向电压的数值增大到一定程度时，光电流减为零，此时反向电压的数值称为遏止电压。

光子照射到金属表面上时，会一次性地被金属中的电子全部吸收。电子把这能量的一部分用来克服金属表面对它的吸引力，余下的就变为电子离开金属表面后的动能。按照能量守恒原理，爱因斯坦提出了著名的光电效应方程：

$$h\nu = \frac{1}{2}mv_0^2 + A$$

式中，A 为金属的逸出功，$\frac{1}{2}mv_0^2$ 为光电子获得的初始动能，v_0 为最大速度，m 为光电子的质量，ν 为光的频率，h 为普朗克常数。$h\nu < A$ 时，将不会有光电流产生，产生光电流的最低频率称为截止频率。

入射到金属表面的光频率越高，逸出的电子动能越大，所以，即使阳极电位比阴极电位低，也会有电子落入阳极形成光电流，直至阳极电位低于截止电压，光电流才为零，此时有关系：

$$eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

故

$$eU_0 = h\nu - A$$

此式表明截止电压 U_0 是频率 ν 的线性函数，直线斜率 $k = \frac{h}{e}$，只要用实验方法得出不同的频率对应的截止电压 U_0，求出拟合直线斜率，就可算出普朗克常数 h。

测量记录与数据处理

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 h0 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Φ=4㎜）

波长 λ_i(nm)		365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 ν_i($\times10^{14}$Hz)		8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
遏止电压 U_{0i}(V)	零电流法，手动	1.734	1.428	1.102	0.510	0.396
	补偿法，手动	1.746	1.436	1.106	0.510	0.396

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，作出拟合直线（图 1、2），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

② 与公认值比较计算相对误差

③ 电子的逸出功

④ 单色入射光红限

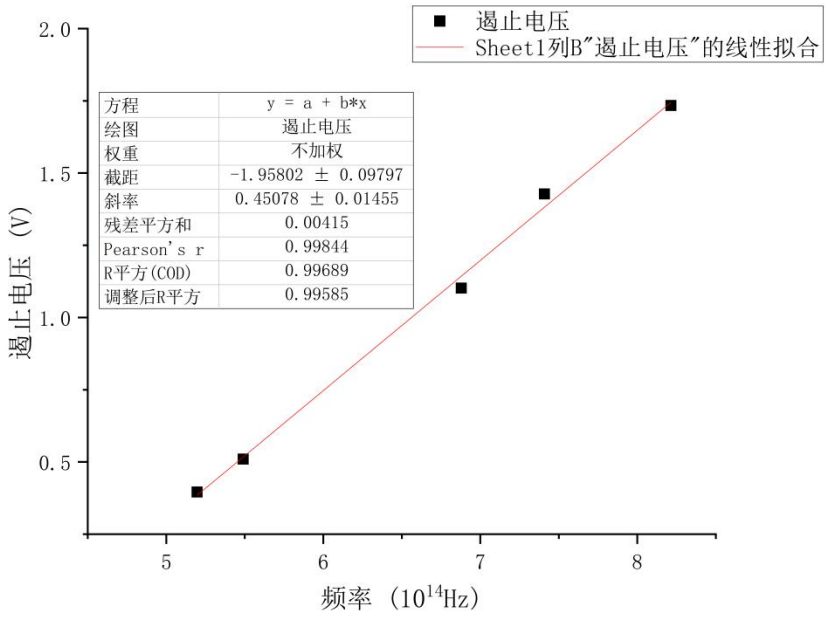


图 1 使用 Origin 2021b 对零电流法数据进行最小二乘拟合的结果

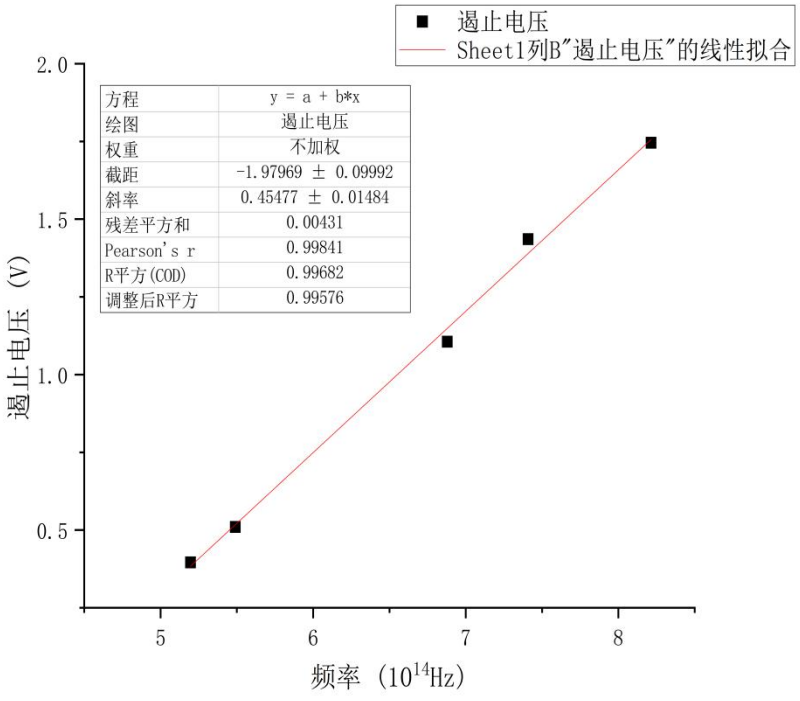


图 2 使用 Origin 2021b 对补偿法数据进行最小二乘拟合的结果

- 零电流法

拟合直线截距为 $\hat{a}=-1.96\,\mathrm{V}$，斜率为 $\hat{b}=0.451\,\mathrm{V}/(10^{14}\,\mathrm{Hz})=4.51\times10^{-15}\,\mathrm{V\cdot s}$

普朗克常数测量值 $\overline{h}=e\hat{b}=1.602\times10^{-19}\times4.51\times10^{-15}\,\mathrm{J\cdot s}=7.23\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$

相对误差 $E=\dfrac{|\overline{h}-h|}{h}=9.16\%$

逸出功 $\overline{A}=-e\hat{a}=1.96\times1.602\times10^{-19}\,\mathrm{J}=3.14\times10^{-19}\,\mathrm{J}$

红限频率 $\overline{\nu}_0=\dfrac{\overline{A}}{\overline{h}}=\dfrac{3.14\times10^{-19}}{7.23\times10^{-34}}\mathrm{Hz}=4.34\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$，波长 $\overline{\lambda}_0=\dfrac{c}{\overline{\nu}_0}=\dfrac{3.00\times10^{8}}{4.34\times10^{14}}\times10^{9}\,\mathrm{nm}=691\,\mathrm{nm}$

- 补偿法

拟合直线截距为 $\hat{a}=-1.98\,\mathrm{V}$，斜率为 $\hat{b}=0.455\,\mathrm{V}/(10^{14}\,\mathrm{Hz})=4.55\times10^{-15}\,\mathrm{V\cdot s}$

普朗克常数测量值 $\overline{h}=e\hat{b}=1.602\times10^{-19}\times4.55\times10^{-15}\,\mathrm{J\cdot s}=7.29\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$

相对误差 $E=\dfrac{|\overline{h}-h|}{h}=10.0\%$

逸出功 $\overline{A}=-e\hat{a}=1.98\times1.602\times10^{-19}\,\mathrm{J}=3.17\times10^{-19}\,\mathrm{J}$

红限频率 $\overline{\nu}_0=\dfrac{\overline{A}}{\overline{h}}=\dfrac{3.14\times10^{-19}}{7.29\times10^{-34}}\mathrm{Hz}=4.31\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$，波长 $\overline{\lambda}_0=\dfrac{c}{\overline{\nu}_0}=\dfrac{3.00\times10^{8}}{4.31\times10^{14}}\times10^{9}\,\mathrm{nm}=696\,\mathrm{nm}$

2. 测量饱和光电流与光强的关系

a. 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

b. 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 关系（改变光阑直径） U_{AK}=30.0V L=400mm

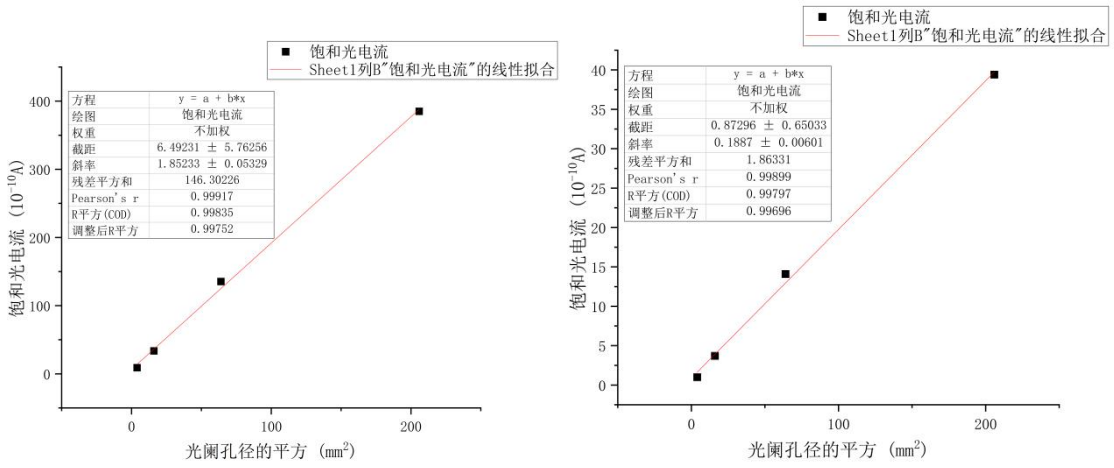
435.8nm	光阑孔径Φ (mm)	2	4	8	14.35
	I(×10^{-10}A)	9.0	33.6	135.4	385
546.1nm	光阑孔径Φ (mm)	2	4	8	14.35
	I(×10^{-10}A)	1.0	3.7	14.1	39.4

表 3 饱和光电流 I_M—光强 P 关系（改变入射距离） U_{AK}=30.0V Φ=4mm

435.8nm	入射距离 L(mm)	300	320	340	360	380	400
	I(×10^{-10}A)	72.1	60.0	51.5	43.6	38.3	33.2
546.1nm	入射距离 L(mm)	300	320	340	360	380	400
	I(×10^{-10}A)	8.0	6.8	5.7	4.9	4.3	3.7

对上述二个表中的饱和光电流的测量数据，进行如下处理和分析。

a）由于光强正比于光阑直径的平方，作 I-Φ^2 图像并最小二乘拟合：

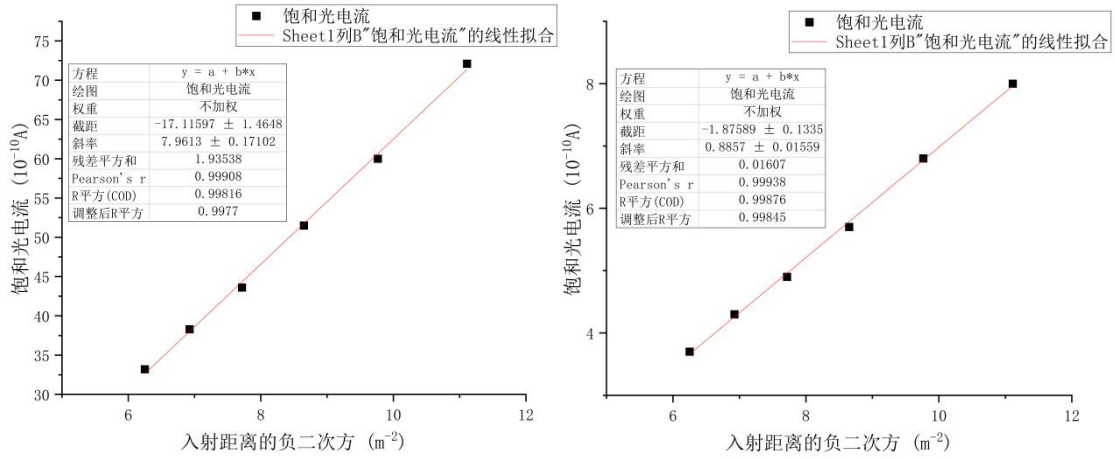


(a) λ=435.8nm　　(b) λ=546.1nm

图 3(a)(b) 饱和光电流与光阑孔径的关系

由散点图及拟合结果可看出，饱和光电流与光阑直径的平方大致成正比。

b)由于光强反比于入射距离的平方，作 I-L^{-2} 图像并最小二乘拟合：



(a) λ=435.8nm　　(b) λ=546.1nm

图 4(a)(b) 饱和光电流与入射距离的关系

由散点图及拟合结果可看出，饱和光电流与入射距离的平方大致成反比。

光强与光阑直径的平方成正比，与入射距离的平方成反比。故以上分析表明，饱和光电流与光强在一定范围内大致成正比。

提高性实验内容

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

1. 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）

a) -2V～0V 段。5 种不同单色光照射下光电管的伏安曲线

b) -1V～50V 段。5 种不同单色光照射下光电管的伏安曲线

2. 记录数据

3. 数据处理

a) 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）；

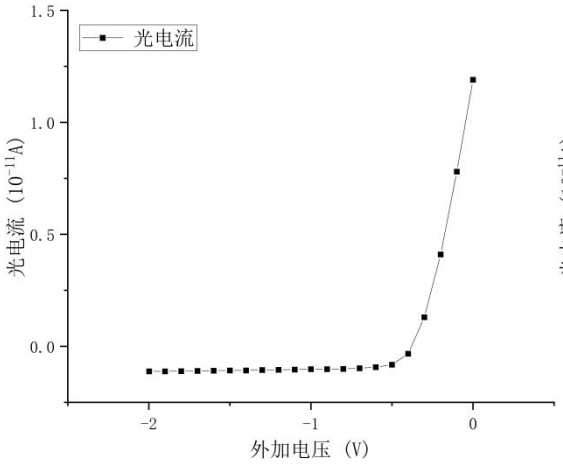
b) 画局部光电流放大图，利用“拐点法”分析遏止电压值。

4. 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。

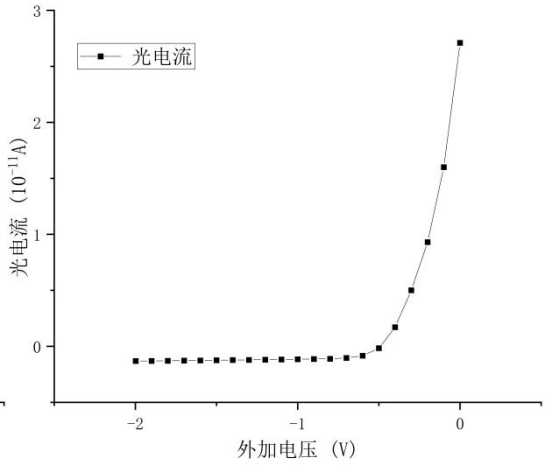
表 4　测量伏安特性曲线　　Φ=4mm，L=400mm

外加电压(V)	光电流(10^{-11}A)				
	577.0nm	546.1nm	435.8nm	404.7nm	365.0nm
-1.998	-0.112	-0.132	-0.501	-0.254	-0.208
-1.9	-0.112	-0.131	-0.488	-0.245	-0.152
-1.8	-0.111	-0.130	-0.486	-0.226	-0.075
-1.7	-0.110	-0.128	-0.475	-0.204	0.327
-1.6	-0.109	-0.127	-0.460	-0.164	0.56
-1.5	-0.108	-0.125	-0.449	-0.100	0.88
-1.4	-0.108	-0.123	-0.439	0.009	1.65
-1.3	-0.106	-0.122	-0.397	0.189	2.91
-1.2	-0.105	-0.120	-0.29	0.472	4.77
-1.1	-0.104	-0.118	-0.08	0.921	6.93
-1	-0.102	-0.116	0.39	1.642	9.25
-0.9	-0.102	-0.114	1.23	2.55	11.8
-0.8	-0.101	-0.112	2.59	3.68	14.8
-0.7	-0.098	-0.104	4.56	4.99	17.4
-0.6	-0.093	-0.084	6.76	6.38	20.5
-0.5	-0.082	-0.017	9.38	7.81	22.8
-0.4	-0.033	0.17	11.8	9.22	25.6
-0.3	0.130	0.50	14.2	10.6	28.1
-0.2	0.41	0.93	16.8	12.0	30.9
-0.1	0.78	1.6	19.4	13.6	33.8
0	1.19	2.71	21.4	14.9	36.0
2	7.85	10.6	86.8	55	122.3

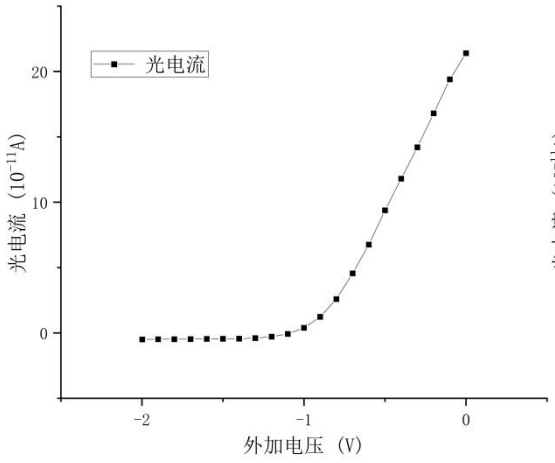
4	10.7	15.0	121	78.7	183.8
6	13.0	17.9	150	94.2	210
8	14.5	20.4	174	111.5	242
10	16.6	23.1	193	127.3	273
12	18.1	25.6	212	140.4	306
14	19.9	27.9	230	152.6	338
16	21.4	30.2	244	163.2	362
18	22.4	31.5	261	173.1	390
22	24.1	34.5	292	191.2	432
26	25.2	36.2	314	205	475
30	26.1	38.1	339	218	502
35	27.3	39.7	354	234	532



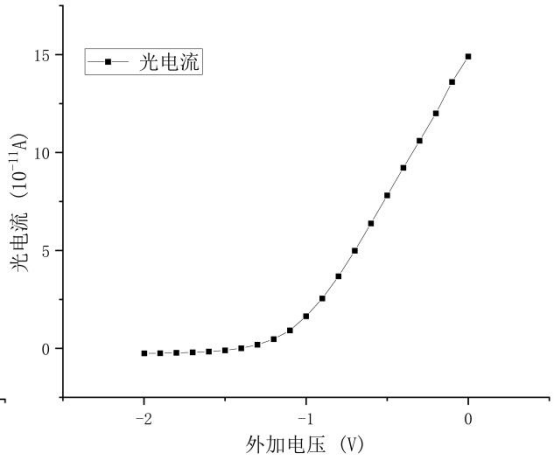
(a)577.0nm



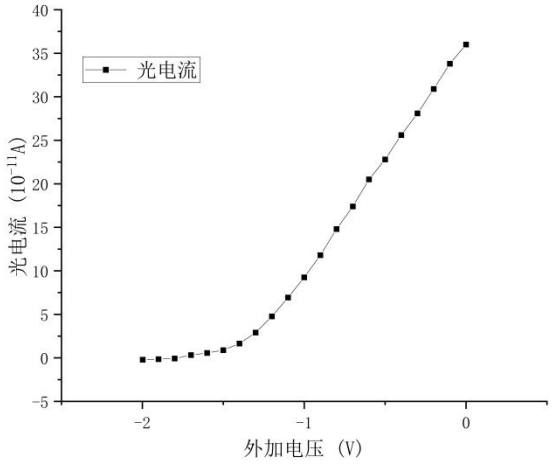
(b)546.1nm



(c)435.8nm

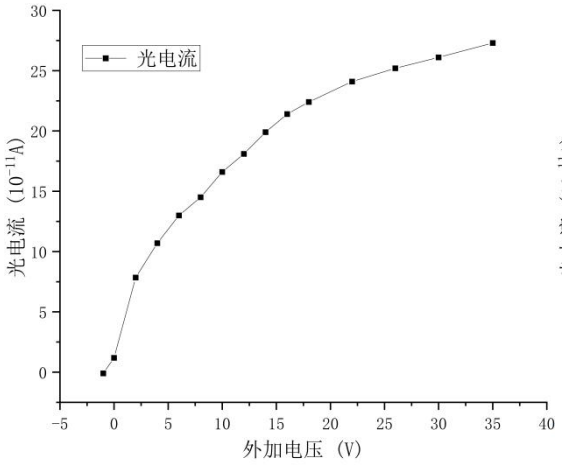


(d)404.7nm

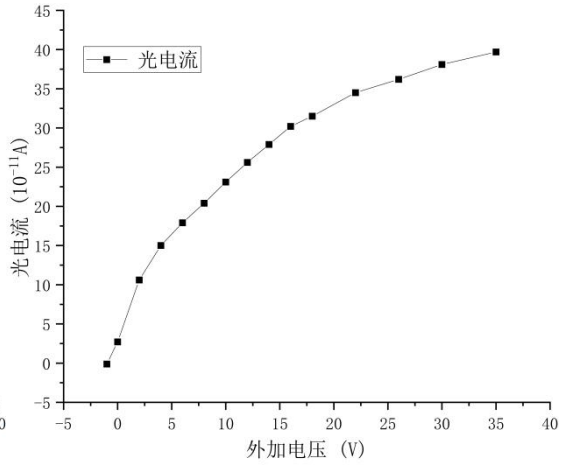


(e)365.0nm

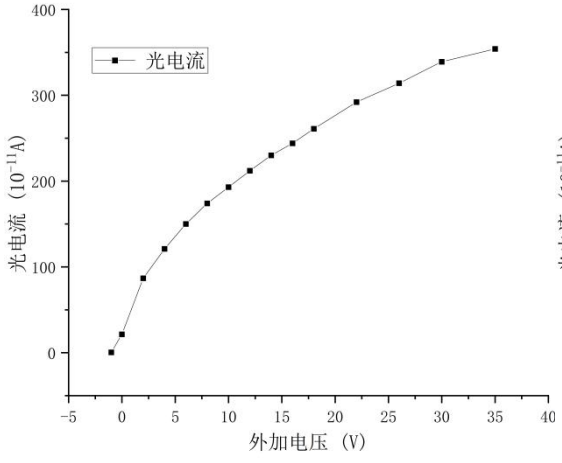
图 5(a)(b)(c)(d)(e) 第一段伏安特性曲线



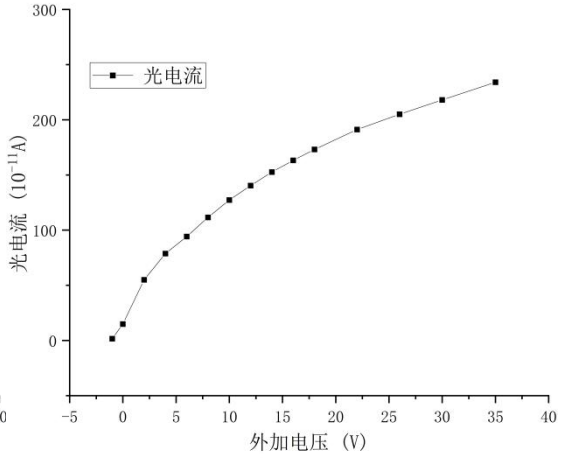
(a)577.0nm



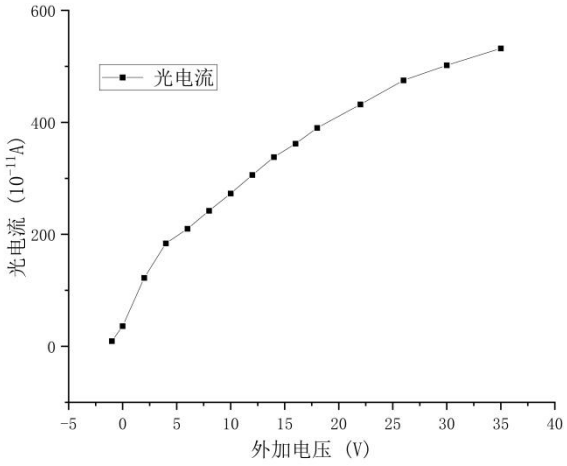
(b)546.1nm



(c)435.8nm



(d)404.7nm



(e)365.0nm

图 6(a)(b)(c)(d)(e) 第二段伏安特性曲线

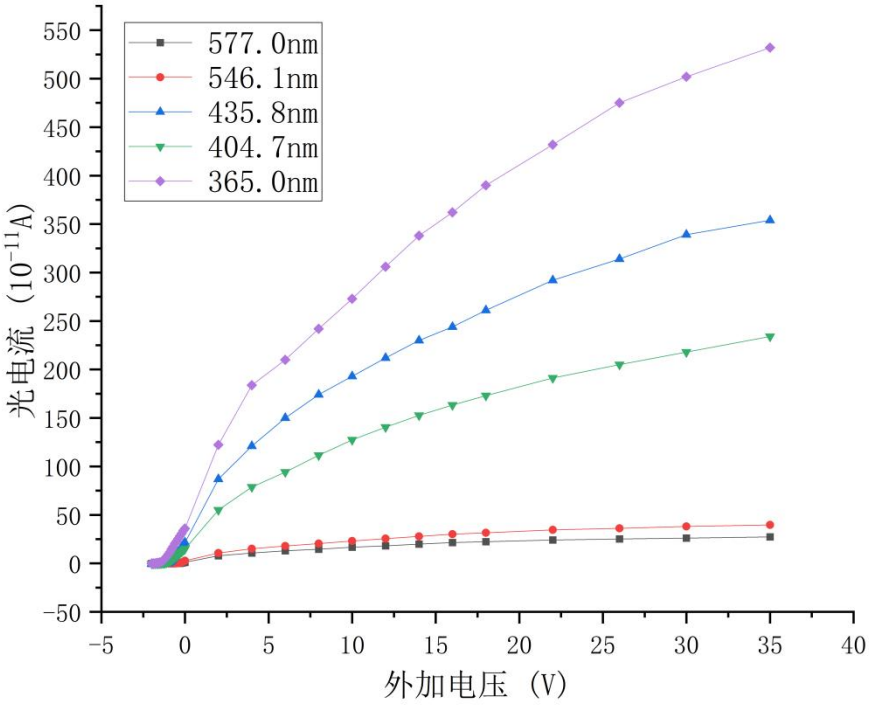
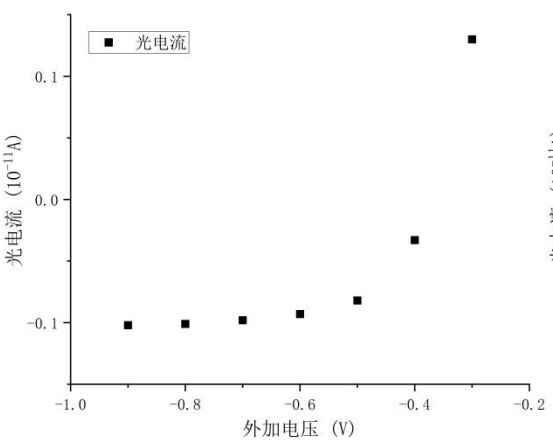
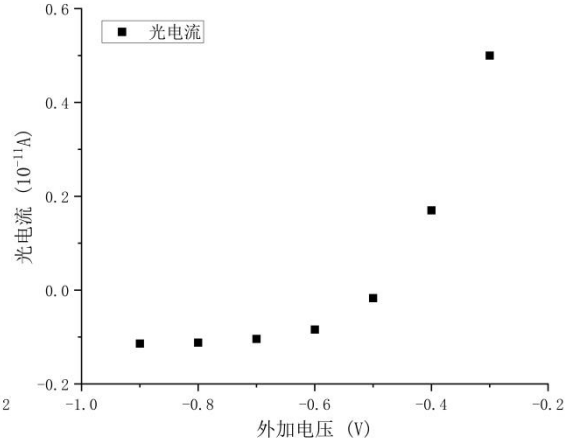


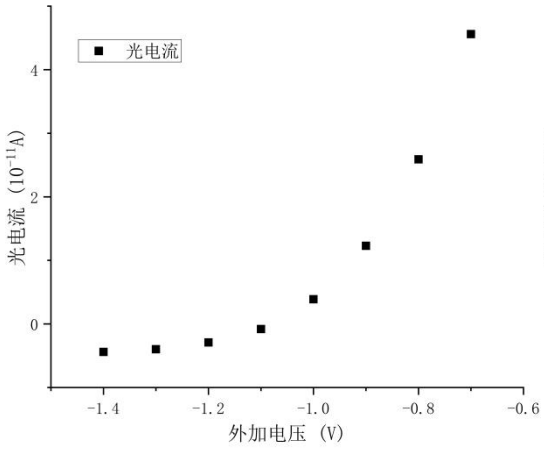
图 7 完整伏安特性曲线



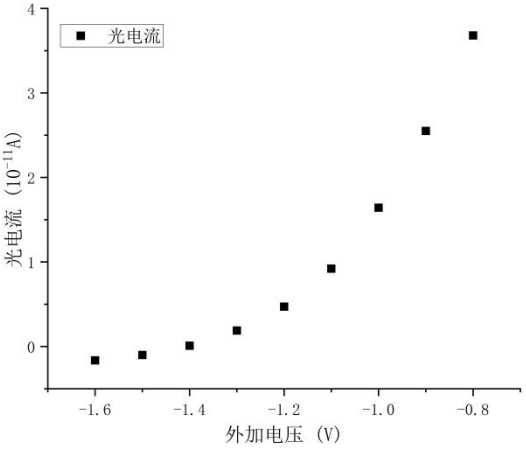
(a)577.0nm



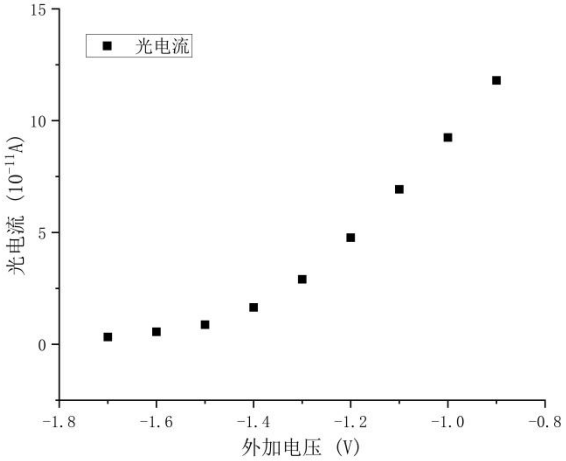
(b)546.1nm



(c)435.8nm



(d)404.7nm



(e)365.0nm

图 8 局部放大图

得到得到各个波长的遏止电压如下表：

表 5 拐点法测不同单色光照射下的光电流的遏止电压

波长 λ_i(nm)	365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 ν_i($\times10^{14}$Hz)	8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
遏止电压 U_{0i}(V)	1.66	1.35	1.10	0.61	0.46

画出图像，并用最小二乘法拟合：

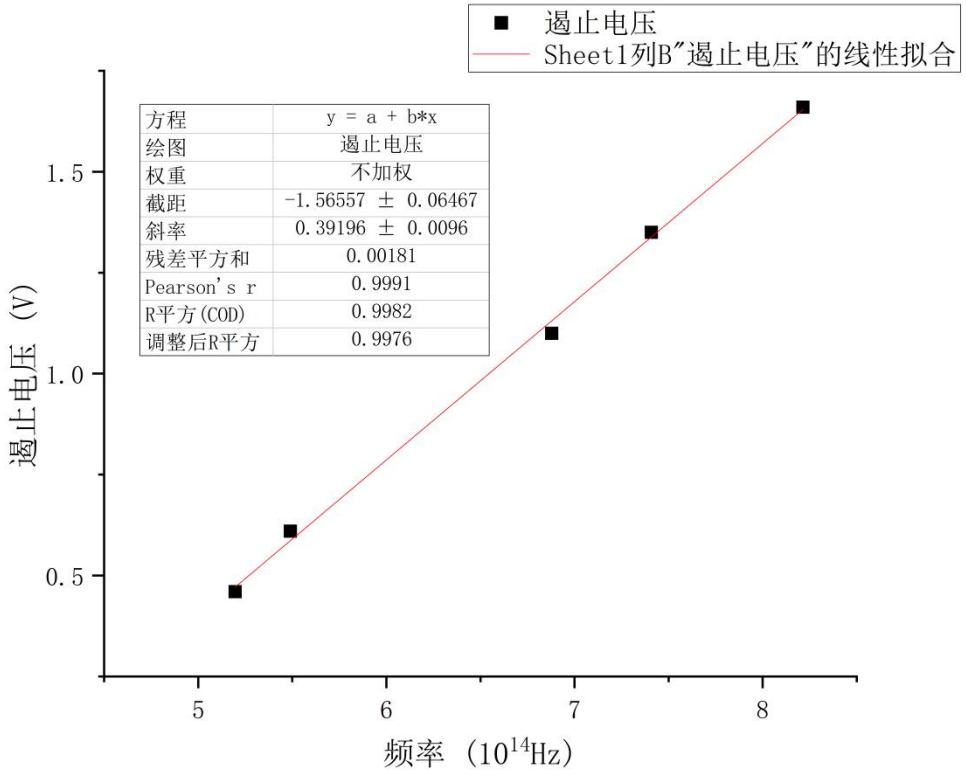


图 9 使用 Origin 2021b 对拐点法数据进行最小二乘拟合的结果

拟合直线斜率为 $\hat{b} = 0.392\,\mathrm{V}/(10^{14}\,\mathrm{Hz}) = 3.92\times10^{-15}\,\mathrm{V\cdot s}$

普朗克常数测量值 $\overline{h} = e\hat{b} = 1.602\times10^{-19}\times3.92\times10^{-15}\,\mathrm{J\cdot s} = 6.628\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$

相对误差 $E = \dfrac{|\overline{h} - h|}{h} = 0.30\%$