

光电效应

实验数据处理

卜一楠 PB22071444

PHYS1008A 教室:1419 座位号:1

2023 年 4 月 24 日

目录

1 实验目的	2
2 实验原理	2
3 实验测量数据处理	2
3.1 零电流法测量遏止电压	2
3.1.1 数据记录	2
3.1.2 零电流法数据处理	2
3.2 补偿法测量遏止电压	3
3.2.1 数据记录	3
3.2.2 补偿法数据处理	3
3.3 光电管的伏安特性曲线测量	5
3.3.1 第一组	5
3.3.2 第二组	5
3.4 光电管的伏安特性曲线	6
3.5 饱和光电流和光强的关系	7
3.5.1 通过控制光阑孔的大小控制光强	7
3.5.2 数据拟合	7
3.5.3 通过控制入射距离控制光强	8
3.5.4 数据拟合	9
4 致谢	10
5 附录	10

1 实验目的

了解光电效应的基本规律，并用光电效应的方法测量普朗克常量，并测定光电管的光电特性曲线。

2 实验原理

在光电效应中，光显示出粒子性质，它的一部分能量被物体表面电子吸收后，电子逸出形成光电子，若使该过程发生于一闭合回路中，则产生光电流。

3 实验测量数据处理

3.1 零电流法测量遏止电压

3.1.1 数据记录

表 1: 零电流法测量遏制电压

波长 λ_i	365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 $\nu_i(\times 10^{14} Hz)$	8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
遏止电压 $U_{0i}(V)$	-1.782	-1.506	-1.170	-0.596	-0.490

3.1.2 零电流法数据处理

记电压为 $-U_0$ 后作图:

斜率

$$m = 0.0043823 \text{ V/Thz}$$

截距

$$b = -1.7999 \text{ V}$$

线性拟合的相关系数

$$r = \frac{\overline{\nu U} - \bar{\nu} \cdot \bar{U}}{\sqrt{(\overline{\nu^2} - \bar{\nu}^2)(\overline{U^2} - \bar{U}^2)}} = 0.9975716$$

斜率标准差

$$s_m = |m| \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right) / (n - 2)} = 0.00017665 \text{ V/Thz}$$

截距标准差

$$s_b = s_m \cdot \sqrt{\bar{\nu}^2} = 0.11898 \text{ V}$$

普朗克常量

$$h = e|m| = 7.0205 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

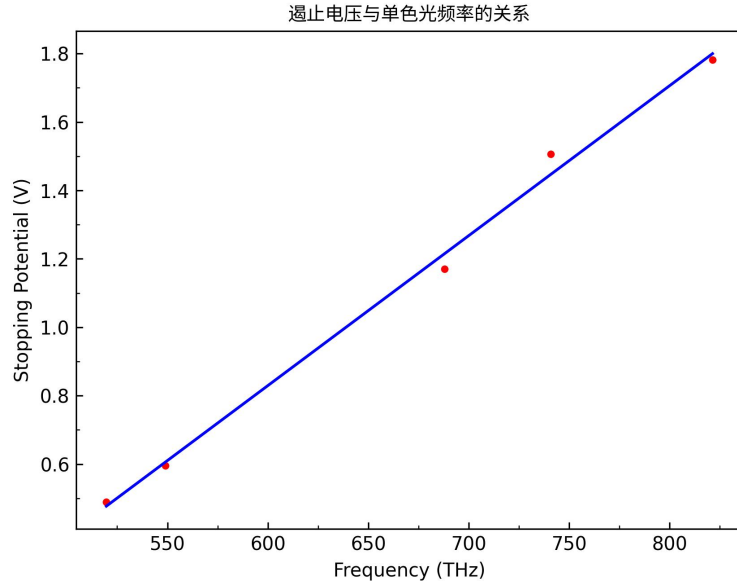


图 1: 零电流法数据拟合图像

相对误差

$$E = \frac{|h - h_0|}{h_0} = 5.9542\%$$

与 x 轴截距为

$$-b/m = 410.72\text{Thz}$$

即为红限.

逸出功

$$A = e|b| = 2.8835 \times 10^{-19}\text{J}$$

3.2 补偿法测量遏止电压

3.2.1 数据记录

表 2: 补偿法测量遏制电压

波长 λ_i	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
遏止电压 $U_{0i}(\text{V})$	-1.782	-1.506	-1.172	-0.596	-0.490

3.2.2 补偿法数据处理

记电压为 $-U_0$ 后作图:

斜率

$$m = 0.0043831\text{V/Thz}$$

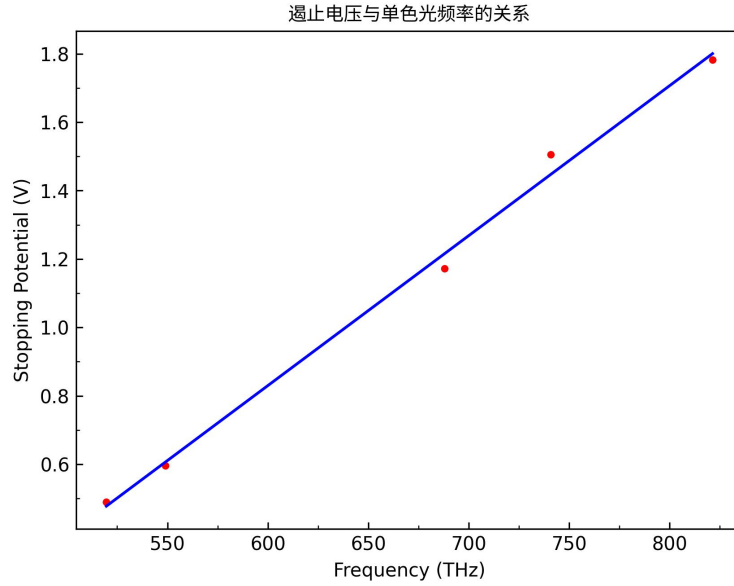


图 2: 补偿法数据拟合图像

截距

$$b = -1.8 \text{ V}$$

线性拟合的相关系数

$$r = \frac{\overline{\nu U} - \bar{\nu} \cdot \bar{U}}{\sqrt{(\overline{\nu^2} - \bar{\nu}^2)(\overline{U^2} - \bar{U}^2)}} = 0.99764186$$

斜率标准差

$$s_m = |m| \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right) / (n - 2)} = 0.0001741 \text{ V/Thz}$$

截距标准差

$$s_b = s_m \cdot \sqrt{\bar{\nu}^2} = 0.11726 \text{ V}$$

普朗克常量

$$h = e|m| = 7.021710^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

相对误差

$$E = \frac{|h - h_0|}{h_0} = 5.972\%$$

与 x 轴截距为

$$-b/m = 410.68 \text{ Thz}$$

即为红限. 逸出功

$$A = e|b| = 2.883610^{-19} \text{ J}$$

由此看出零电流法和补偿法所测得的数据相差不大。两组数据的误差相近，相比而言补偿法的相关系数更接近于 1，线性程度更高；零电流法测得的普朗克常数与实际值较为接近。

3.3 光电管的伏安特性曲线测量

3.3.1 第一组

$$\lambda = 365\text{mm} \quad \phi = 4\text{mm} \quad L = 400\text{mm}$$

表 3: 光电管的伏安特性曲线测量: 测量范围: $-2V \sim 0V, step = 0.2V$

U_k/V	-1.998	-1.800	-1.600	-1.400	-1.200	-1.000	-0.800	-0.600	-0.400	-0.200	0.000
$I/ \times 10^{-13}A$	-17.0	-8.0	33.3	170.2	449	749	1081	1454	1837	2200	2580

表 4: 光电管的伏安特性曲线测量: 测量范围: $-1V \sim 30V, step = 2V$

U_k/V	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$I/ \times 10^{-10}A$	0.8	4.7	9.0	11.3	13.6	16.3	19.3	22.3	25.0	26.5	28.5	30.3	32.2	33.8	35.0	36.6	37.8

3.3.2 第二组

$$\lambda = 405\text{mm} \quad \phi = 4\text{mm} \quad L = 400\text{mm}$$

表 5: 光电管的伏安特性曲线测量: 测量范围: $-2V \sim 0V, step = 0.2V$

U_k/V	-1.998	-1.800	-1.600	-1.400	-1.200	-1.000	-0.800	-0.600	-0.400	-0.200	0.000
$I/ \times 10^{-13}A$	-31.0	-27.3	-18.4	0.7	54.0	199	396	624	877	1114	1364

表 6: 光电管的伏安特性曲线测量: 测量范围: $-1V \sim 30V, step = 2V$

U_k/V	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$I/ \times 10^{-10}A$	0.3	2.8	5.0	6.5	8.0	9.6	11.1	12.6	13.8	15.0	16.1	17.0	18.0	18.8	19.5	20.2	20.7

3.4 光电管的伏安特性曲线

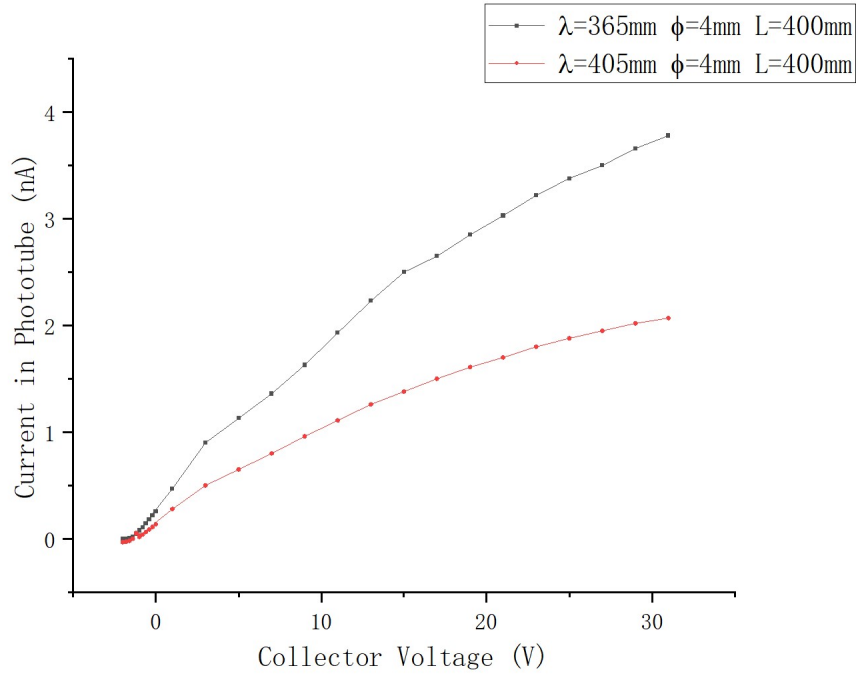


图 3: 不同波长下不同光电流的伏安特性曲线

读取拐点值:

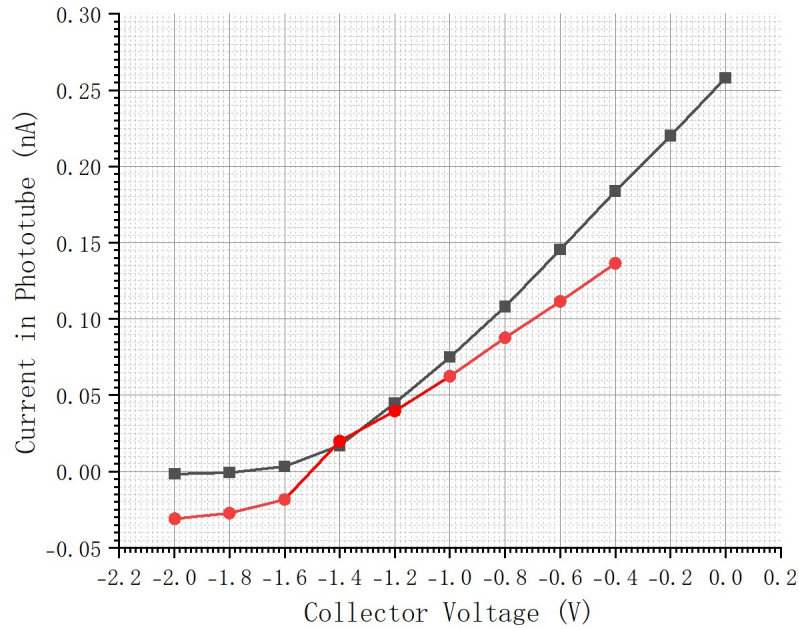


图 4: 拐点处的伏安特性曲线

$$U_1 = -1.15V, U_2 = -1.48V$$

则有：

$$eU_1 = h\nu_1 - A$$

$$eU_2 = h\nu_2 - A$$

其中， U_1 、 U_2 为读取的拐点时的电压值。

于是有：

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$$

$$\nu_1 = 8.216 \times 10^{14} Hz, \nu_2 = 7.410 \times 10^{14} Hz$$

故解得：

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.33}{8.216 \times 10^{14} - 7.410 \times 10^{14}} = 6.5509 \times 10^{-34} J \cdot s$$

相对误差：

$$E = \frac{|h - h_0|}{h_0} = \frac{6.5509 \times 10^{-34} - 6.6260 \times 10^{-34}}{6.6260 \times 10^{-34}} \times 100\% = 1.1339\%$$

3.5 饱和光电流和光强的关系

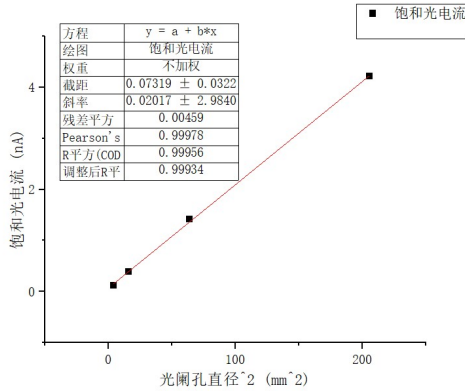
3.5.1 通过控制光阑孔的大小控制光强

波长	光阑孔 ϕ/mm	2	4	8	14.35
435.8mm	$I/ \times 10^{-10} A$	8.7	29.9	117.9	350

波长	光阑孔 ϕ/mm	2	4	8	14.35
546.1mm	$I/ \times 10^{-10} A$	1.2	3.9	14.2	42.1

3.5.2 数据拟合

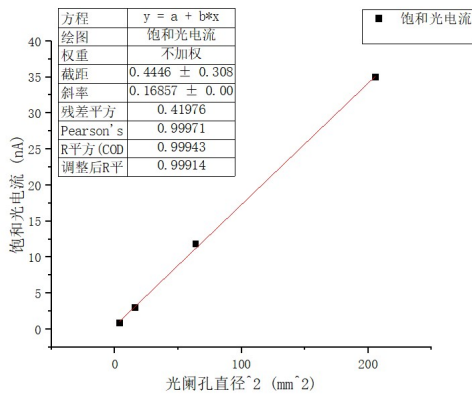
光强正比于光阑直径的平方，应在 origin 中拟合 $I - \Phi^2$ 的图像。



	A	B
1	方程	$y = a + b*x$
2	绘图	饱和光电流
3	权重	不加权
4	截距	0.07319 ± 0.03227
5	斜率	$0.02017 \pm 2.98403E-4$
6	残差平方和	0.00459
7	Pearson's r	0.99978
8	R平方(COD)	0.99956
9	调整后R平方	0.99934

图 5: $\lambda = 435.8nm$ 时光阑孔的大小与光强的关系

由该结果可知拟合表达式为 $I = 0.02017\Phi^2 + 0.07319$ ，且相关系数与 1 较为接近，表明饱和光电流与光强成正比。



	A	B
1	方程	$y = a + b*x$
2	绘图	饱和光电流
3	权重	不加权
4	截距	0.4446 ± 0.30867
5	斜率	0.16857 ± 0.00285
6	残差平方和	0.41976
7	Pearson's r	0.99971
8	R平方(COD)	0.99943
9	调整后R平方	0.99914

图 6: $\lambda = 435.8nm$ 时光阑孔的大小与光强的关系

由该结果可知拟合表达式为 $I = 0.16857\Phi^2 + 0.4446$ ，且相关系数与 1 较为接近，表明饱和光电流与光强成正比。

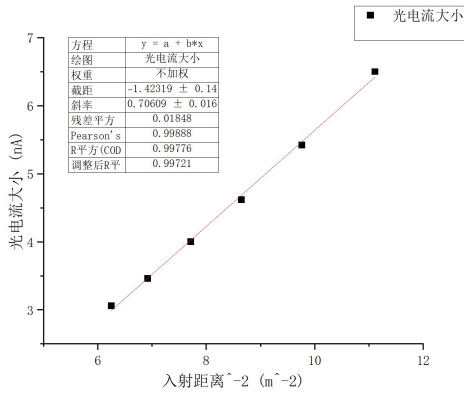
3.5.3 通过控制入射距离控制光强

波长	入射距离 L/cm	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00
435.8mm	$I/ \times 10^{-10} A$	65.0	54.2	46.2	40.0	34.6	30.6

波长	入射距离 L/cm	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00
546.1mm	$I/ \times 10^{-10} A$	8.1	6.9	5.8	5.0	4.4	3.8

3.5.4 数据拟合

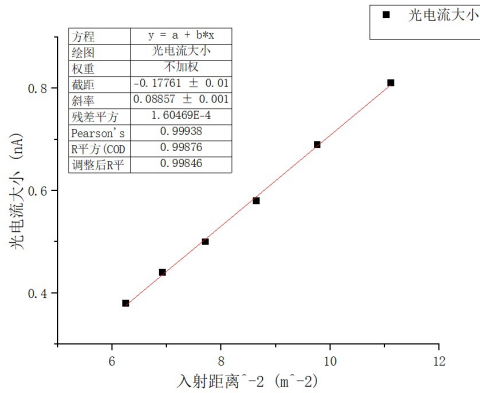
光强反比于入射距离的平方，应在 origin 中拟合 $I - L^{-2}$ 的图像。



	A	B
1	方程	$y = a + b*x$
2	绘图	光电流大小
3	权重	不加权
4	截距	-1.42319 ± 0.14315
5	斜率	0.70609 ± 0.01671
6	残差平方和	0.01848
7	Pearson's r	0.99888
8	R平方(COD)	0.99776
9	调整后R平方	0.99721

图 7: $\lambda = 435.8mm$ 时光入射距离与光强的关系

由该结果可知拟合表达式为 $I = 0.70609L^{-2} - 1.42319$ ，且相关系数与 1 较为接近，表明饱和光电流与光强成正比。



	A	B
1	方程	$y = a + b*x$
2	绘图	光电流大小
3	权重	不加权
4	截距	-0.17761 ± 0.01334
5	斜率	0.08857 ± 0.00156
6	残差平方和	$1.60469E-4$
7	Pearson's r	0.99938
8	R平方(COD)	0.99876
9	调整后R平方	0.99846

图 8: $\lambda = 546.1mm$ 时光入射距离与光强的关系

由该结果可知拟合表达式为 $I = 0.08857L^{-2} - 0.17761$ ，且相关系数与 1 较为接近，表明饱和光电流与光强成正比。

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。

4 致谢

感谢中国科学技术大学物理实验教学中心和王浩然老师的指导！

5 附录

原始实验数据