



北京航空航天大学 实验报告

学号: 20330911
 班级: 200615
 姓名: 李悦
 同组者: _____
 日期: 11.17
 评分: _____

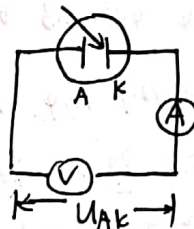
实验名称: 光电效应法测定普朗克常数

一. 实验目的

1. 定性分析光电效应规律, 通过光电效应实验进一步理解光的量子性。
2. 学习验证爱因斯坦光电方程的实验方法并测量普朗克常数 h 。
3. 学习如何利用线性回归或作图法处理实验数据。

二. 实验原理

如图, 入射光照到光电管阴极 K 上, 产生光电子在电场的作用下向阳极 A 迁移, 构成光电流。改变外力加电压 U_{AK} , 测量出光电流 I 的大小, 可得光电管的伏安特性曲线。



爱因斯坦光电效应方程

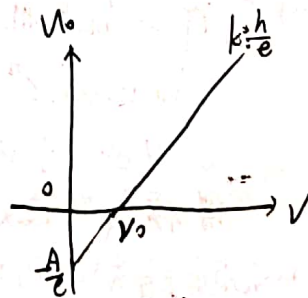
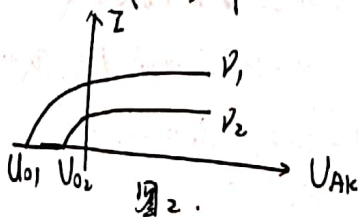
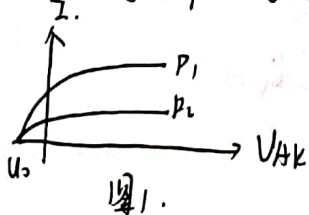
$$h\nu = \frac{1}{2}mv_0^2 + A$$

其中, ν 为光子频率, 其具有能量 $\epsilon = h\nu$, h 为普朗克常量, A 为金属的逸出功, $\frac{1}{2}mv_0^2$ 是电子的初动能。光子照射至金属表面后, 全部被金属中电子吸收, 无需积累能量的时间电子把这能量的一部分用来克服金属表面对它的吸引力, 余下的就成为它离开金属表面的动能。则 $h\nu = \frac{1}{2}mv_0^2 + A$ (A 为逸出功)。

设截止电压为 U_0 , 此时光电流恰好为 0, 则 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 所以 $eU_0 = h\nu - A$ 。综上, $U_0 - \nu$ 成线性关系。

①. 对于某一频率, $I-U_{AK}$ 图如图 1, P_1, P_2 为两种光强, 对某一频率, 截止电压 U_0 , $U_{AK} \geq U_0$, I 不断增加, 之后趋于饱和, 饱和电流 I_m 与入射光强成正比。

②. 对不同频率光截止电压不同, $eU_0 = h\nu - A$, $U_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{A}{e}$, U_0 与 ν 关系如图 3, 当 $\nu < \nu_0$ 无论光强照射时间, 都无光电流, ν_0 称为截止频率。



③. 光电效应是瞬时效应. 只要 $\nu > \nu_0$, 开始照射立即有光产生.

本实验: 1. 调节电压, 直至电压将光电流截止. 此时有 $eU_0 = \frac{1}{2} m v_0^2$.

通过测量不同频率对应的截止电压, 得到 $U_0 - \nu$ 图像, 图像斜率 k 可由 $h = ke$ 求得.

三. 实验步骤

1. 测试前准备.

将实验仪. 示波器. 原接通. 预热 20 分钟. 将光电管与汞灯距离调为 40 cm. 并连线.

调节电流量程. 并将光电管. 暗盒输出. 端 K . 与实验仪. 微电流输入端. 断开后. 调.

之后进入测试状态.

2. 测量普朗克常数 h .

①. 量程调至 10^{-9} A 档. 将 4 mm. 光阑. 及 365.0 nm. 滤色片装上. 打开汞灯遮光盖. 用

\rightarrow 个 \downarrow 调 U_{AK} . 从低到高调节电压. (绝对值减小) 寻找电流为 0 时对应的 U_{AK} .

后依次换上 404.7 nm. 435.8 nm. 546.1 nm. 577.0 nm. 的滤色片. 注意先装光

阑及滤光片后打开汞灯遮光盖. 更换滤光片.

②. 自动测量: 设置扫描起始和终止电压. 自动记录.

3. 测量光电管伏安特性曲线

量程换至 10^{-10} A. 调零. 装 4 mm 光阑和滤色片. 最大测量: 范围为 $-1 \sim 50$ V. 5 V 一组数据.

观察: ① 同一光阑 (光通量). 同一距离下伏安特性和特性曲线.

② 某谱线在不同距离 (不同光强) 同一光阑下曲线.

③ 某谱线在不同光阑, 同一距离下曲线.

U_{AK} 为 50 V 时. 对同一谱线. 同一距离. 光阑为 2 mm. 4 mm. 8 mm. 时电流.

再测同一谱线. 同一光阑. 距离不同. 时电流. 验证光电管饱和电流与入射光成正比.

四. 数据处理.

1. 求普朗克常数

原始数据.

波长 λ (nm)	365.0	404.7	435.8	546.1	577.0
频率 ν ($\times 10^{14}$ Hz)	8.214	7.407	6.879	5.490	5.196
截止频率 ν_0 (V)	1.752	1.452	1.136	0.602	0.500



根据数据作出 $U_0 - \nu$ 曲线如图1所示.

①. 在图中取 A、B 两点, 其中.

$$\nu_A = \frac{5.400}{5.350} \times 10^{14} \text{ Hz} \quad U_{0A} = 0.580 \text{ V}$$

$$\nu_B = 8.000 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad U_{0B} = 1.660 \text{ V}$$

$$\text{可算出斜率 } k = \frac{U_{0B} - U_{0A}}{\nu_B - \nu_A} = 4.154 \times 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s}$$

$$\text{则 } h' = ek = 1.602 \times 4.154 \times 10^{-15} = 6.656 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\text{相对误差 } \eta = 0.45\%$$

②. 一元线性回归计算普朗克常数.

设直线方程. 函数形式为 $y = a + bx$. y 表示截止电压 U_0 . x 表示对应的频率 ν . 则

由 $eU_0 = h\nu - A$

$$U_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{A}{e} \quad \text{则 } U_0 - \nu \text{ 直线斜率为 } b = \frac{h}{e}. \text{ 可由 } h = be \text{ 计算普朗克常数数值.}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i = 6.637$$

$$\bar{x^2} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i^2 = 45.359$$

$$\bar{y} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 y_i = 1.088$$

$$\bar{y^2} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 y_i^2 = 1.416$$

$$\overline{xy} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i y_i = 7.773$$

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\bar{x^2} - \bar{x}^2} = \frac{0.4201 \times 10^{-14}}{4.201 \times 10^{-15}} = 10$$

$$a = -1.700$$

$$\text{相关性系数 } r = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\bar{x^2} - \bar{x}^2)(\bar{y^2} - \bar{y}^2)}} = 0.998$$

$$\text{可见, 相关性强烈, } h = eb = 6.730 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$U_a(b) = b \cdot \sqrt{\frac{1}{5} \left(\frac{1}{r^2} - 1 \right)} = 0.0154 \times 10^{-14} \quad U_a(a) = \sqrt{\bar{x^2}} \times U_a(b) = 0.1037$$

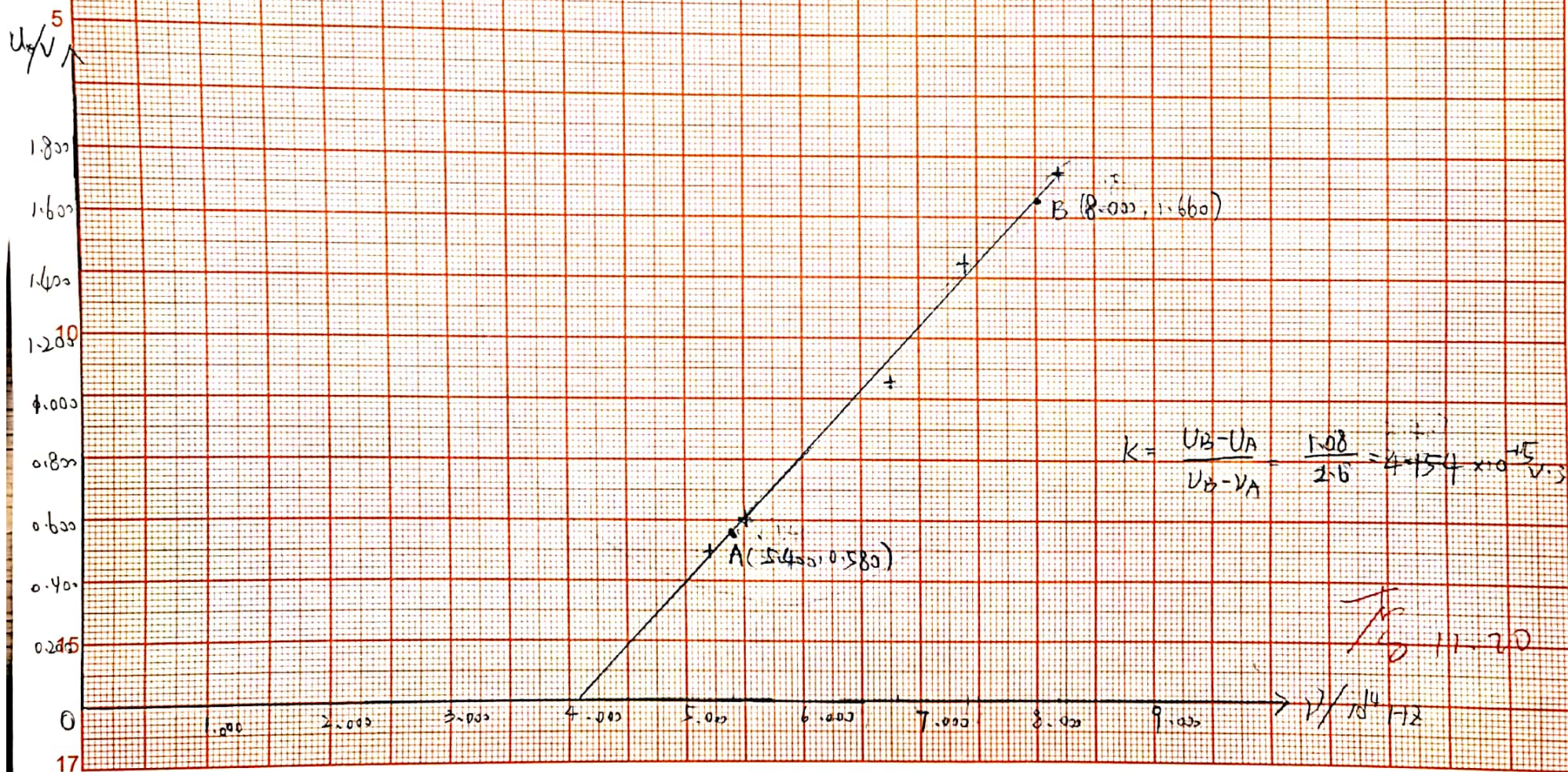
$$\text{则 } U(h) = e \cdot U_a(b) = 2.467 \times 10^{-25} \text{ (J} \cdot \text{s)}$$

$$\therefore h \pm U(h) = (6.7 \pm 0.2) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{s}$$

该结果接近真实值.



图1. 光照不同频率下的对应截止电压



17X25厘米

标准计算纸

上海小画家纸业有限公司



扫描全能王 创建

2). 不同频率下的伏安特性曲线.

原始数据.

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

波长 $\lambda(\text{nm})$	$U_A(\text{V})$	-1	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
365.0	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	1.0	3.8	19.4	29.2	38.1	45.3	51.1	55.9	60.3	63.7	66.6	68.8	71.2	73.1	75.4
404.7	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	0.3	1.3	7.4	10.8	13.9	16.4	18.5	20.1	21.3	22.5	23.9	24.8	25.4	25.9	26.3
546.1	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	0.0	1.8	16.1	23.0	28.0	31.8	34.2	35.0	38.0	40.4	41.7	44.1	44.9	45.7	46.1

根据上述数据可知, 不同频率下的伏安特性曲线如图2.

可知, 光强不变时, 入射光频率越大, 波长越短, 光电流越大.

3) 不同光强下的伏安特性曲线如图3. 原始数据.

$$\lambda = 435.8\text{nm} \quad L = 400\text{mm}$$

光强 $I(\text{mm})$	$U_A(\text{V})$	-1	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
2	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	0.0	0.5	3.4	4.4	5.3	6.1	6.7	7.3	7.7	8.1	8.4	8.5	8.7	8.7	8.9
4	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	0.1	1.6	8.2	12.9	17.4	20.8	23.4	25.7	27.7	29.4	31.3	32.2	33.2	34.1	34.5
8	$I(\times 10^{-10}\text{A})$	0.3	6.1	37.6	59.3	77.3	90.8	99.8	107.9	115.0	120.8	127.5	132.7	135.8	139.3	140.7

不同光强下的伏安特性曲线如图3.

可知, 在光频率相同时且光源距离相同时, 光强越大, 光电流越大.

4). 不同距离下的光电流曲线.

原始数据.

$$U = 50\text{V} \quad \phi = 4\text{mm} \quad \lambda = 435.8\text{nm}$$

距离 $L(\text{mm})$	300	310	520	340	360	380	400	420	440	460	480	500
光电流 $I(\times 10^{-10}\text{A})$	74.6	66.8	61.2	56.0	50.8	48.0	44.2	40.6	36.6	34.1	33.6	33.6

由上述数据, 作出电流随距离变化曲线, 如图4.

由图可知, 电压、光强、频率不变时, 距离越远, 光电流越小.

五. 思考题.

① 定性解释 $I-U_A$ 特性曲线和 U_0-U 曲线及其截止的意义

$I-U_A$ 图反应了光电流和电压之间的关系, 截止代表截止电压.

U_0-U 曲线与 U 轴交点, 即为截止频率. 由 $U_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{A}{e}$. 令 $U_0 = 0$, 解得 $\nu = \frac{A}{h}$.
得横截距意义为 $\frac{A}{e}$, 斜率 $k = \frac{h}{e}$.

② 光电流是否随光原强度变化而变化? 截止电压?

有光产生电流的条件下, 光强越强, 光电流越大, 截止电压只与光频率和逸出功有关.

与光强无关.

③ 误差来源? 减小误差: 电压表读数波动, 仪器量程, 汞灯直接照射光电管, 采取措施, 选合适量程, 不用汞灯时用遮光罩遮住.



扫描全能王 创建

图2 不同频率光照射下的伏安特性曲线

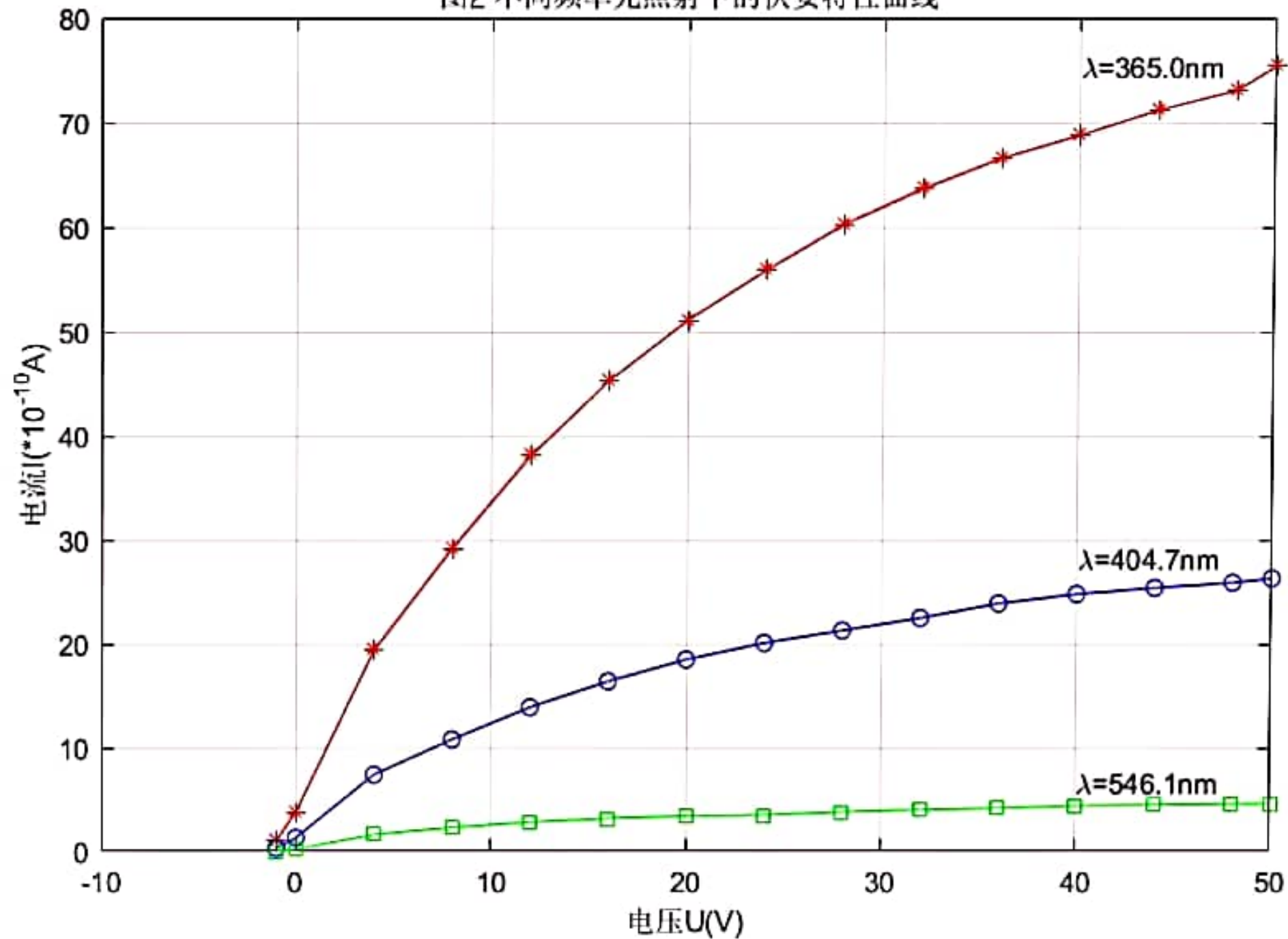


图3 不同光强光照射下的伏安特性曲线

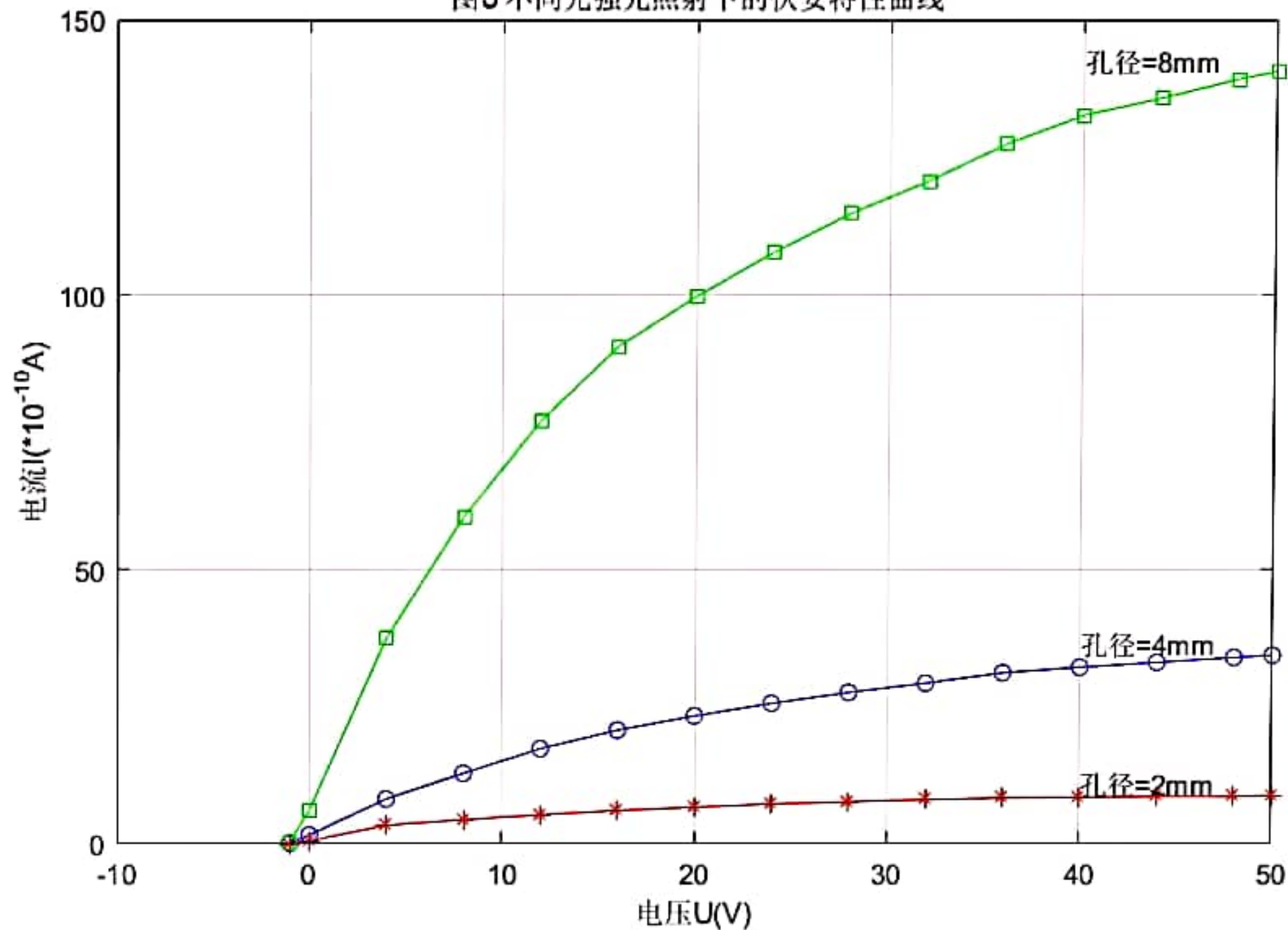
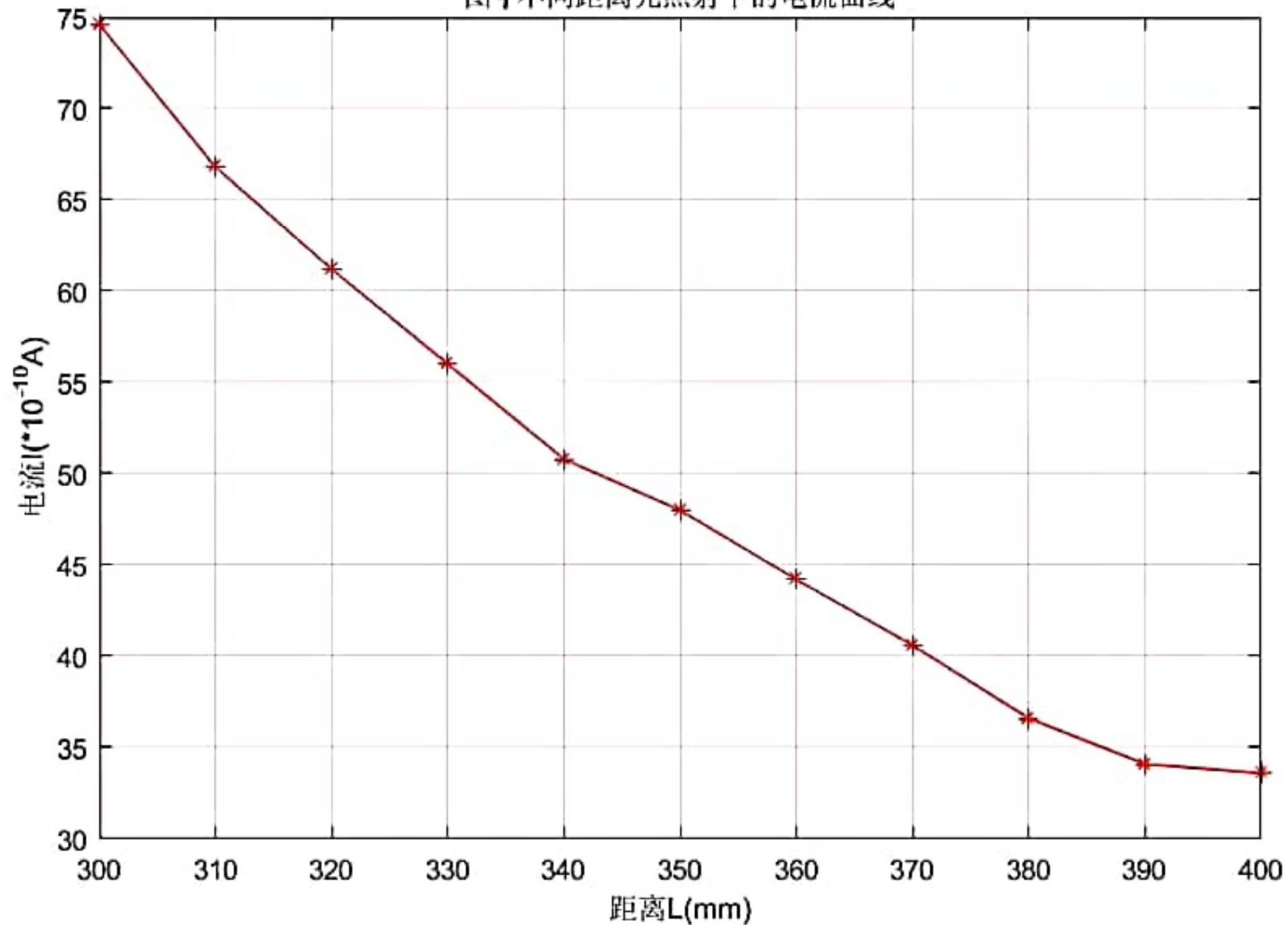


图4不同距离光照射下的电流曲线



实验报告

课程名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 学生姓名: _____

波长 λ (nm)	365	4047	458.	546.1	577.0 ³⁷
频率 ν ($\times 10^{14}$ Hz)	8.214	7.407	6.879	5.490	5.196
截止频率 U_0 (V) 电压	+1.754 1.752	+1.452	+0.636 +1.136	+0.602	+0.500



扫描全能王 创建

实验报告

课程名称:

实验日期:

年

月

日

班级:

学生姓名:

波长	$U(V)$	-1	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	50
365.0nm	$I(\times 10^{-10}A)$	1.0	3.8	19.4	29.2	38.1	45.3	51.1	55.9	60.6	63.1	66.6	68.8	71.2	73.1	75.4
404.7nm	$I(\times 10^{-10}A)$	0.2	1.3	7.4	10.8	13.9	16.4	18.5	20.1	21.3	22.5	23.9	24.8	25.4	25.3	26.3
446.1nm	$I(\times 10^{-10}A)$	0.1	0.9	1.8	2.5	3.0	3.4	3.8	4.1	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0
		0.0	1.8	16.1	23.0	28.0	31.8	34.2	35.0	38.0	40.1	41.1	44.1	44.8	45.7	46.1

波长 435.8nm

$L = 400mm, \phi = 2.6.8mm.$

$U(V)$	-1	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	50
$I(\times 10^{-10}A)$	0.0	0.5	2.4	4.4	5.3	6.1	6.7	7.3	7.7	8.1	8.4	8.5	8.7	8.7	8.9
$I(\times 10^{-10}A)$	0.1	1.6	8.2	11.9	17.4	20.8	23.4	25.7	27.7	29.4	31.3	32.2	33.2	36.1	34.5
$I(\times 10^{-10}A)$	0.13	6.1	37.6	57.8	77.3	90.8	99.8	107.9	115.0	120.8	127.5	132.7	135.8	139.3	140.7

$U_{AK} = 50V, \phi = 4mm, \lambda = 435.8.$

$L(mm)$ 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400

$I(\times 10^{-10}A)$ 74.6 66.8 61.2 56.0 50.8 48.0 44.2 40.6 36.6 34.1 33.6



扫描全能王 创建