

实验报告

姓名 李霄奕 日期 2024 年 4 月 25 日 No PB21511897

实验题目：硅光电二极管的 I-V 测试和参数提取

实验目的：

- 学习 Keithley2400 源表，探针台和 Labview 的使用。
- 掌握光电二极管的测试方法。
- 掌握光电二极管的提参方法。

实验原理：

光电二极管在暗处跟普通的二极管性能相同，但是在光环境下，光子给载流子提供能量，这产生了额外的非平衡载流子，从而使得电流增大

二极管的主要参数以及提取方法如下：

二极管的电流电压公式为：

$$J = J_s + \left[\exp\left(\frac{V}{nV_T}\right) - 1 \right]$$

式中 n 为理想因子， J_s 为反向饱和电流密度， V_T 为热电压， V 和 J 分别为电压和电流密度

在正向电压比较大时，上式简化为

$$J = J_s \exp\left(\frac{V}{nV_T}\right)$$

若考虑串联电阻的影响，则有：

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = IR_s + nV_T$$

理想因子：可以对 $\frac{dV}{d(\ln I)}$ 和 I 作图的截距得出

串联电阻：可以对 $\frac{dV}{d(\ln I)}$ 和 I 作图的斜率得出

开启电压：电流开始出现增长的起点对应的电压

开态电阻：正向电流-电压变化的线性区域斜率的倒数

正向电流密度：+5V 电压对应的电流密度

暗电流：无光环境下，-5V 电压对应的电流密度

光电流：有光环境下，-5V 电压对应的电流密度

开路电压 V_{oc} ：电流为零时对应的电压为开路电压

短路电流 J_{sc} ：短路状态下电池的最大电流

最大电压 V_{max} 、最大电流 I_{max} ：反向电压下的功率最大值对应的电压、电流

填充因子 FF ：
$$FF = \frac{J_{max}V_{max}}{J_{sc}V_{oc}}$$

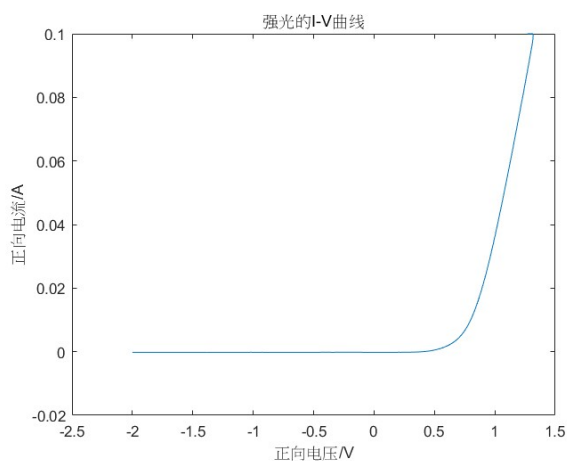
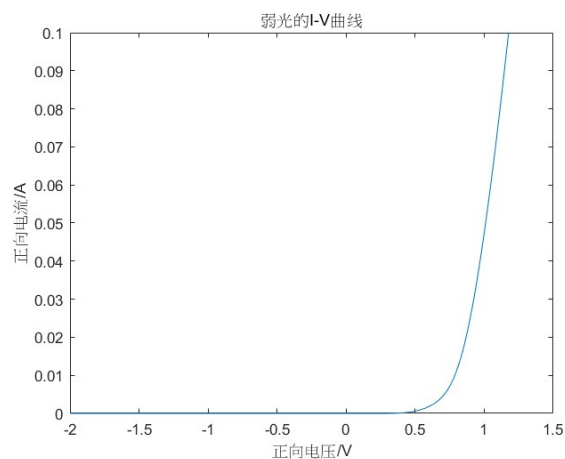
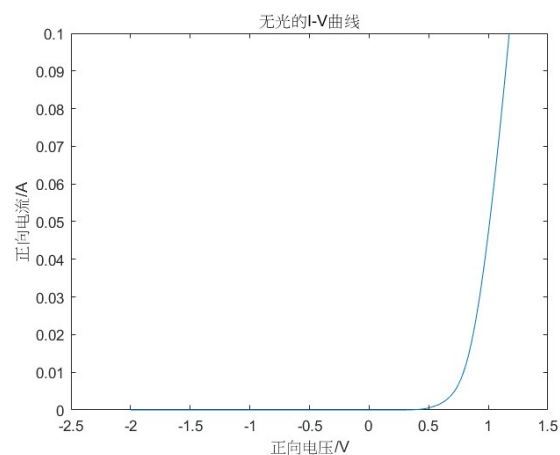
光电转换效率：
$$PCE = \frac{P_{max}}{P_{in}}$$

实验步骤：

1. 用 Keithley 2400 源表在(a)暗态 (b)弱光 (c)强光 三种条件下，对硅光电二极管进行 I-V 测试。
2. 提取(a)暗态 条件下，硅光电二极管的理想因子、开启电压、串联电阻、暗电流。
3. 提取(b)弱光 (c)强光 条件下，硅光电二极管的光电流、开路电压、短路电流、填充因子、光电转换效率。

实验数据与分析：

1. 暗态、弱光、强光三种条件的 I-V 曲线

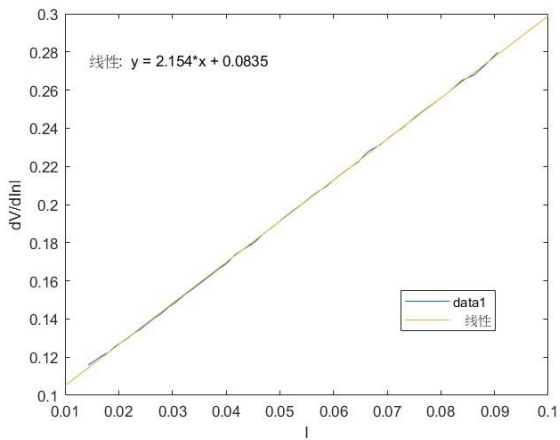


2. 暗态条件参数提取

开启电压：对正向电流 I 两次做差，得出第一次的最大值，对应的开启电压 $V_{on} = 1.056V$

暗电流： $I_{dark} = I_{V_R=2V} = -6.81 \times 10^{-8}A$

对 $\frac{dV}{d(\ln I)}$ 和 I 作图：



理想因子： $n = \frac{83.5mV}{26mV} = 3.21$

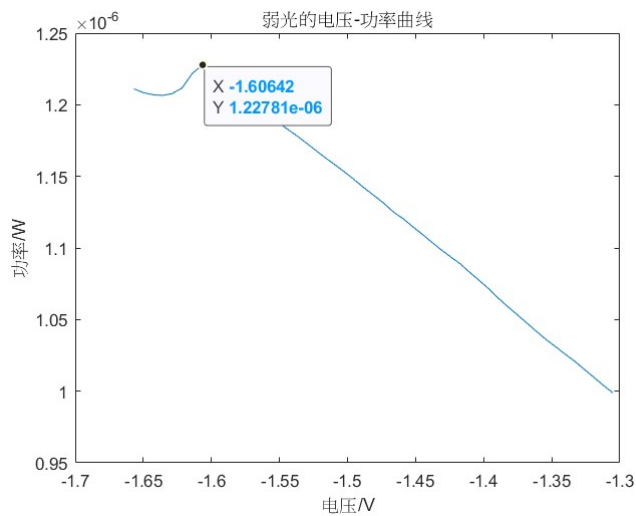
串联电阻： $R_s = 2.154\Omega$

3. 弱光条件参数提取

光电流： $I_{light} = I_{V_R=2V} = -7.70 \times 10^{-7}A$

开路电压： $V_{oc} = 0.2144V$

短路电路： $I_{sc} = -7.5242 \times 10^{-7}A$



最大电压： $V_{max} = 1.60642V$

最大电流： $I_{max} = 7.6431 \times 10^{-7}A$

填充因子： $FF = \frac{V_{max}I_{max}}{V_{oc}I_{sc}} = 7.61$

弱光的单位面积功率为 $1W/m^2$ 。

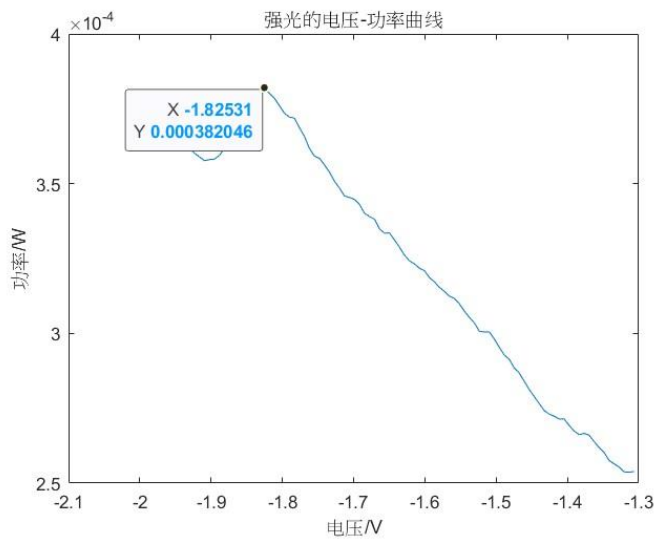
光电转换效率： $PCE = \frac{1.60642V \times 7.6431 \times 10^{-7}A}{3mm^2 \times 1W/m^2} = 40.92\%$

4. 强光条件参数提取

光电流： $I_{light} = I_{V_R=2V} = -1.84 \times 10^{-4}A$

开路电压： $V_{oc} = 0.4044V$

短路电路： $I_{sc} = -1.9011 \times 10^{-4}A$



最大电压: $V_{max} = 1.82531V$

最大电流: $I_{max} = 2.093 \times 10^{-4}A$

填充因子: $FF = \frac{V_{max}I_{max}}{V_{oc}I_{sc}} = 4.97$

强光的单位面积功率为 $300W/m^2$ 。

光电转换效率: $PCE = \frac{1.82531V \times 2.093 \times 10^{-4}A}{3mm^2 \times 300W/m^2} = 42.44\%$

实验总结:

本次实验运用了探针台对硅光二极管的性能进行了粗略测试,学习了 Keithley2400 源表,探针台和 Labview 的基本使用方法,并且利用所得数据进行了参数提取