

# 实验报告

课程名称: 实验名称: 太阳能电池实验 实验日期: 2023 年 5 月 8 日 晚  
班 级: 特立 2222 教学班级: 陈宇辉老师班 学 号: 1120221173 姓 名: 陈英林

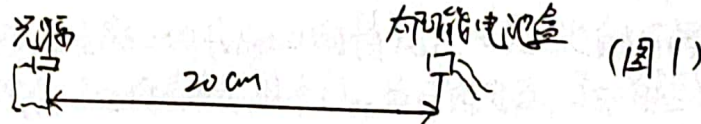
## 一. 实验目的

1. 了解和研究硅太阳能电池的主要参数和基本特性
2. 测量太阳能电池板的负载特征及短路电流  $I_{sc}$ 、开路电压  $U_{oc}$  并计算最大输出功率  $P_m$

## 二. 实验仪器

硅太阳能电池, 太阳能电池板, 光学导轨及支架附件, 光源, 电源, 功率计, 聚光透镜, 5个滤光片, 多量程电表, 电阻箱, 开关, 一对振荡器, 实验装置如图1所示:

遮光罩



## 三. 实验原理

太阳能是一种新能源, 对太阳能的充分利用可以解决人类日益增长的能源需求问题。目前, 太阳能的利用主要集中在热能和发电两方面。利用太阳能发电目前主要有两种方法, 一是利用热能产生蒸汽驱动发电机发电, 二是太阳能电池。太阳能的利用太阳能电池的特性研究是21世纪的热门课题, 许多发达国家正投入大量人力物力对太阳能接收器进行研究, 本实验通过对太阳能电池的电学性质和光学性质进行测量, 联系科技开发实际, 有一定的新颖性和实用价值。

硅太阳能电池在没有光照时其特性可视为一个二极管, 在没有光照时其正向偏压  $U$  与通过电流  $I$  的关系式为:  $I = I_0(e^{qU/kT} - 1)$  (1) 式中,  $I_0$  和  $q$  是常数。

由半导体理论, 二极管主要是由能隙为  $E_c - E_v$  的半导体构成, 如图2所示,  $E$  为半导体中空穴对。电子和空穴对会分别受到二极管之内电场的影响而产生光电流。

⊖ 电子 ← 导带  $E_c$

光子 →

⊕ 空穴 ← 价带  $E_v$

图2

假设硅太阳能电池的等效模型是由一个理想电源, 一个理想二极管, 一个并联电阻  $R_{sh}$  与一个电阻  $R_s$  所组成, 如图3所示。

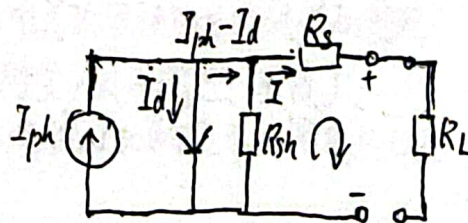


图3

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_





# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

图3中,  $I_{ph}$  为硅光电池在光照时等效电源输出电流,  $I_d$  为光照时, 通过硅光电池内部二极管的电流, 由基尔霍夫定律得:  $I R_s + U - (I_{ph} - I_d - I) R_{sh} = 0$  (2)

(2) 式中,  $I$  为硅光电池的输出电流,  $U$  为输出电压, 由(2)式可得  $I(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) = I_{ph} - \frac{U}{R_{sh}} - I_d$  (3)  
假定  $R_{sh} = \infty$  和  $R_s = 0$ , 硅光电池等效电路为图4所示电路, 这里,  $I = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_0(e^{\beta U} - 1)$

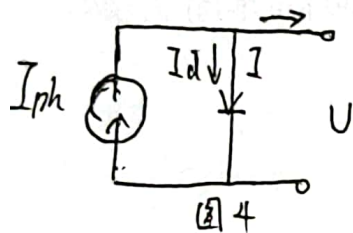


图4

在短路时,  $U=0$ ,  $I_{ph} = I_{sc}$ ;

在开路时,  $I=0$ ,  $I_{sc} - I_0(e^{\beta U} - 1) = 0 \therefore U_{oc} = \frac{1}{\beta} \ln[\frac{I_{sc}}{I_0} + 1]$  (4)

(4) 式即为在  $R_{sh} = \infty$  和  $R_s = 0$  的情况下, 硅光电池的开路电压  $U_{oc}$  和短路电流  $I_{sc}$  的关系式, 其中  $U_{oc}$  为开路电压,  $I_{sc}$  为短路电流, 而  $I_0$ ,

$\beta$  是常数, 可看出开路电压  $U_{oc}$  与短路电流  $I_{sc}$  满足对数关系, 如果  $I_{sc}$  与光照强度有线性关系, 则  $U_{oc}$  与光照强度也满足对数关系。

## 四. 实验内容

1. 在没有光照的条件下, 测量硅光电池正向偏压时伏安特性

a. 伏安特性即  $I-U$  关系, 图5为实验原理图, 根据原理图连接好线路

b. 按照教材表1, 利用测量得正向偏压时  $I-U$  关系数据, 画出  $\ln I-U$  曲线并求得  $\beta$  和  $I_0$  的值。

$U(V)$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$I$											

表1

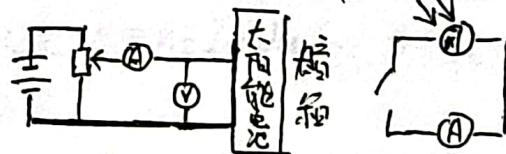


图5

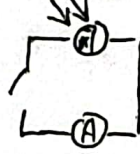


图6

## 2. 测量光电池的日照特性

测量短路电流  $I_{sc}$  与光电池上的相对光照强度的变化关系。在光电池的线性响应范围内, 光电流与入射光强度成正比, 这是光电池作为光电检测元件被广泛应用的重要原因。

a. 取离白光源 20cm 水平距离处为光强作为标准光照强度, 用光功率计测量该处光强  $J$ , 依次改变太阳能电池到光源的距离  $x$ , 用光功率计测量  $x$  处的光照强度  $J_x$ 。

b. 依次改变电池板到光源的距离, 分别测量此处的短路电流  $I_{sc}$  和开路电压  $U_{oc}$  的值并填入表2, 其中电路原理图如图6所示。

描绘  $I_{sc}$  和相对光强  $J_x/J$  之间的关系曲线, 求  $I_{sc}$  和相对光强  $J_x/J$  之间近似关系函数

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

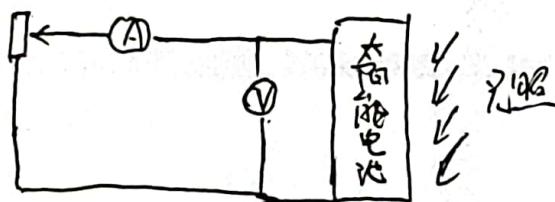


# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

3. 测量为照情况下, 太阳能电池板距离光源 20cm 处的输出电压和输出电流与负载电阻的关系(表 3)。其中电路原理图如图 7 所示, 画出在有负载的情况下输出电压和电流之间的关系, 并画出负载电阻与输出功率的关系, 确定太阳能电池板的最大输出功率  $P_m$  以及最大输出功率时负载电阻  $R_e$ 。



## 4. 填充因子 FF

5. 填充因子表示最大输出功率  $I_m U_m$  与极限输出功率  $I_{sc} U_{oc}$  之比, 通常以 FF 表示即:  $FF = I_m U_m / I_{sc} U_{oc}$  填充因子是表示太阳能电池优劣的重要参数之一, 填充因子愈大, 太阳能电池性能就愈好。

## 6. 光电转换率:

光电转换效率是太阳能电池性能优劣的最重要判据, 常以  $\eta$  表示, 定义为太阳能电池最大输出功率和照射到太阳能电池上的入射功率之比,  $\eta = I_m U_m / P_{in}$  其中  $I_m U_m$  为最大功率点的电流和电压, 而  $P_{in}$  为入射光的功率。

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_





# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

## 数据处理

实验1. 研究全暗状态下, 正向偏压下太阳能电池的伏安特性.

$$I = I_s(e^{\beta U} - 1)$$

$$\ln I - \ln I_s = \beta U \quad (I \gg I_s)$$

分别在电压为0.5, 1.0, ..., 4.5, 5.0V时, 测出电流I, 并求出 $\ln I$ , 得到记录表格(图1).

由表中的数据, 用excel绘出 $\ln I - U$ 曲线如图(2)所示, 并且拟合出线性回归方程.

拟合出的回归方程为  $y = 0.936x - 2.7913$

相关系数  $r^2 = 0.9422$ , 接近1. 拟合程度较好

对比  $y = 0.936x - 2.7913$

$$\ln I = \beta U + \ln I_s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \beta = 0.936 \\ \ln I_s = -2.7913 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \beta = 0.936 \\ I_s = 0.0613 \end{cases}$$

故常数 $\beta$ 的值为0.936

常数 $I_s$ 的值为0.0613

实验2: 取离白光源20cm处的光强作为标准光照强度, 测量短路电流 $I_{sc}$ 和开路电压 $U_{oc}$

实验过程中测得:  $I_{sc} = 4.5 \text{ mA}$   
 $U_{oc} = 4.92 \text{ V}$

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

实验3. 研究太阳能电池板距离光源20cm处的输出电压和输出电流与负载电阻的关系。

① 以 $100\Omega$ 为精度测量, 输出功率最大值在 $400\Omega$ 附近。

② 所以在 $400\Omega$ 附近以 $10\Omega$ 为精度测量, 得到表格(图3)

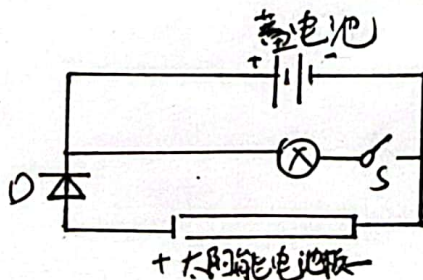
根据数据绘制出输出电流与电压之间的关系曲线。(图4)  
输出电阻和负载电压的关系曲线(图5)

最大输出功率 $46.556\text{mW}$ , 此时负载电阻为 $370\Omega$

计算填充因子  $P_{\max}=46.556\text{mW}$   $I_{\text{sc}}=13.5\text{mA}$   $U_{\text{oc}}=5.45\text{V}$

$$FF = \frac{P_{\max}}{I_{\text{sc}} \cdot U_{\text{oc}}} = \frac{46.556}{13.5 \cdot 5.45} = 0.633$$

**思考题** 用太阳能电池自己设计电路, 使太阳能电池板白天在太阳光下给蓄电池充电, 而晚上蓄电池可以供灯泡发光, 并且蓄电池的电流不会倒回太阳能电池板。



白天时二极管正向导通, 蓄电池充电  
夜间蓄电池给灯泡供电, 但二极管反向阻断, 电流不会流回太阳能电池板

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

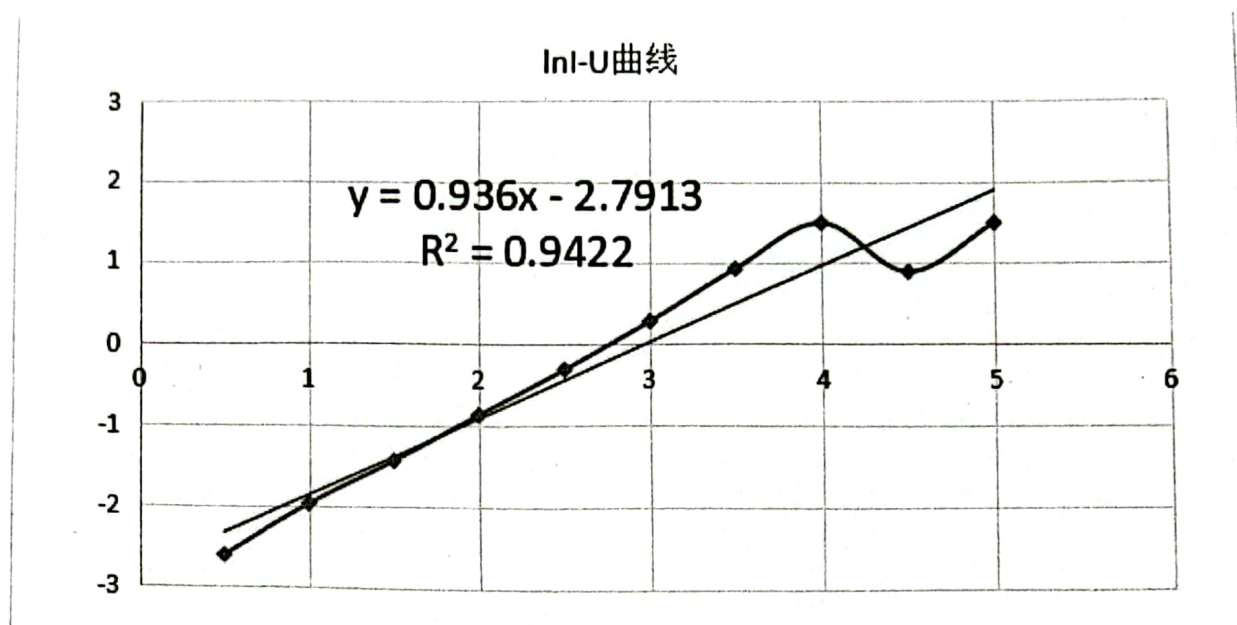




图一

$U/V$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$I/mA$	0.0738	0.14	0.238	0.4180	0.726	1.311	2.5	4.4	2.4	4.4
$\ln I$	-2.606	-1.966	-1.435	-0.872	-0.32	0.271	0.916	1.482	0.875	1.482

图二

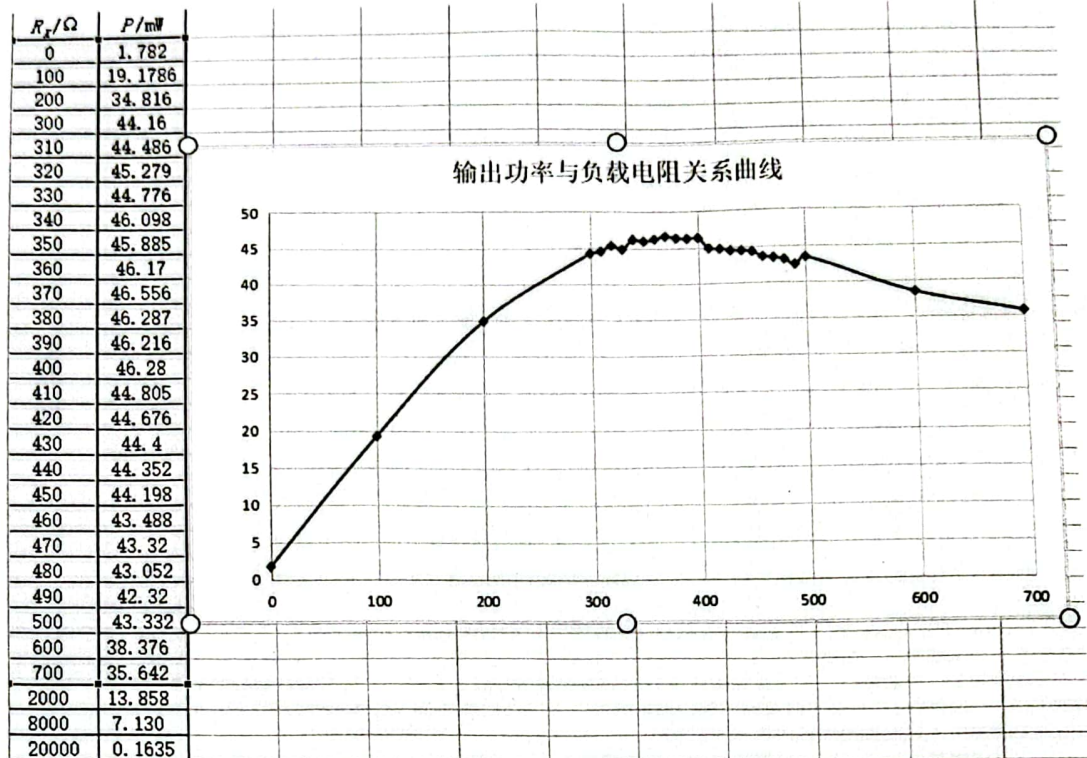


图三

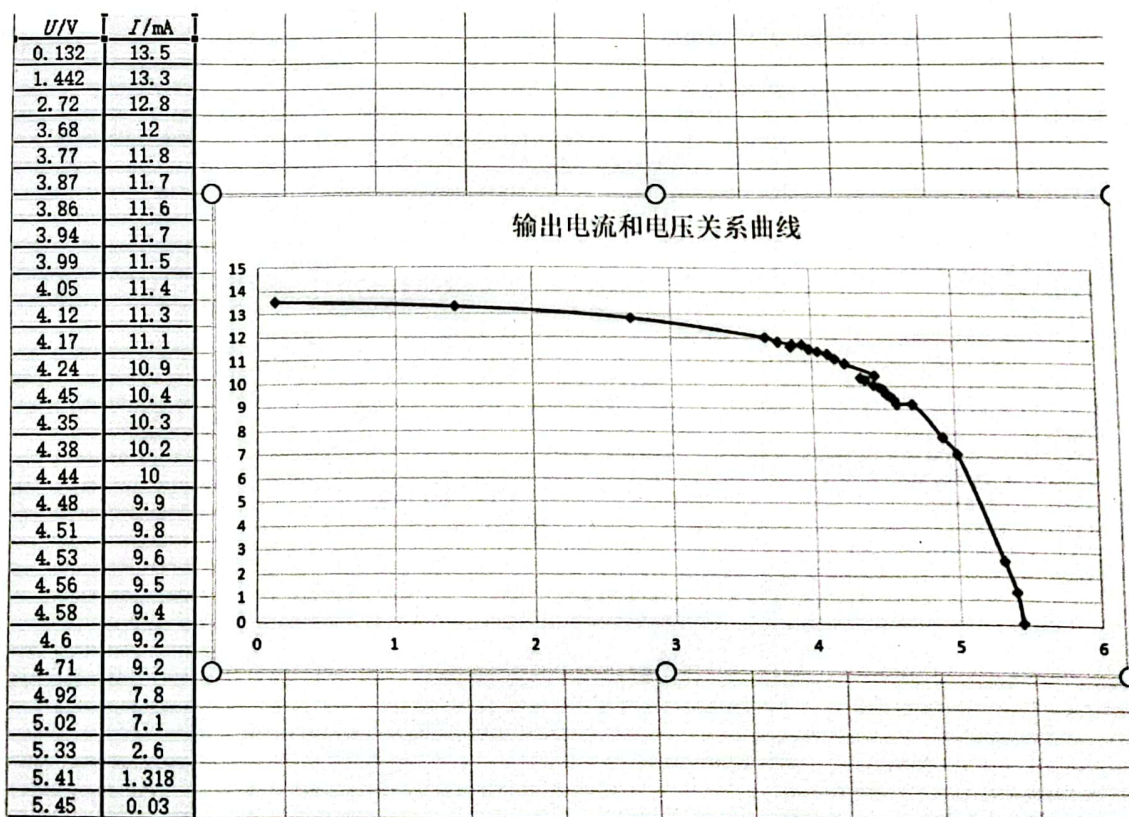
$R_x/\Omega$	0	100	200	300	310	320	330	340
$U/V$	0.132	1.442	2.72	3.68	3.77	3.87	3.86	3.94
$I/mA$	13.5	13.3	12.8	12.0	11.8	11.7	11.6	11.7
$P/mW$	1.782	19.179	34.816	44.160	44.486	45.279	44.776	46.098
$R_x/\Omega$	350	360	370	380	390	400	410	420
$U/V$	3.99	4.05	4.12	4.17	4.24	4.45	4.35	4.38
$I/mA$	11.5	11.4	11.3	11.1	10.9	10.4	10.3	10.2
$P/mW$	45.885	46.170	46.556	46.287	46.216	46.280	44.805	44.676
$R_x/\Omega$	430	440	450	460	470	480	490	500
$U/V$	4.44	4.48	4.51	4.53	4.56	4.58	4.60	4.71
$I/mA$	10.0	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	9.2	9.2
$P/mW$	44.400	44.352	44.198	43.488	43.320	43.052	42.320	43.332
$R_x/\Omega$	600	700	2000	8000	20000			
$U/V$	4.92	5.02	5.33	5.41	5.45			
$I/mA$	7.8	7.1	2.6	1.318	0.03			
$P/mW$	38.376	35.642	13.858	7.130	0.164			



图四



图五





# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

## 原始数据

①实验2. 20cm处

$I_{sc}$  4.5mA

$U_{oc}$  4.92V

②实验1. 全暗

$U/V$  0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0

$I/mA$  ~~0.011~~ 0.0111 0.0146 0.0178 0.1400 0.2330 0.4180 0.7260 1.3110 2.5 4.4

③实验3

$R_n$  0 100 200 300 400 500 600 700 2000 8000 10000

$U/V$  0.132 1.442 2.72 3.68 4.45 4.71 4.92 5.02 5.33 5.41 5.45

$I/mA$  13.5 13.3 12.8 12.0 10.4 9.2 7.8 7.1 2.6 1.318 0.03

$R_n$  310 320 330 340 350 360 370 380 390 410 420 430

$U/V$  3.77 3.87 3.86 3.94 3.99 4.05 4.12 4.17 4.24 4.35 4.38 4.44

$I/mA$  11.8 11.7 11.6 11.7 11.5 11.4 11.3 11.1 10.9 10.3 10.2 10.0

$R_n$  440 450 460 470 480 490

$U/V$  4.48 4.51 4.53 4.56 4.58 4.60

$I/mA$  9.9 9.8 9.6 9.5 9.4 9.2

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

