

学号: 11910104 姓名: 王奕童 日期: 2020 年 3 月 27 日 星期 五

太阳能电池的特性测量

一. 实验目的

1. 了解太阳能电池的伏安特性, 理解短路电流、开路电压和填充因子。
2. 测量不同照度下太阳能电池的伏安特性曲线。

二. 实验仪器

太阳能电池, 可调电阻, 电流表, 电压表, 可调钨灯, 九孔板。

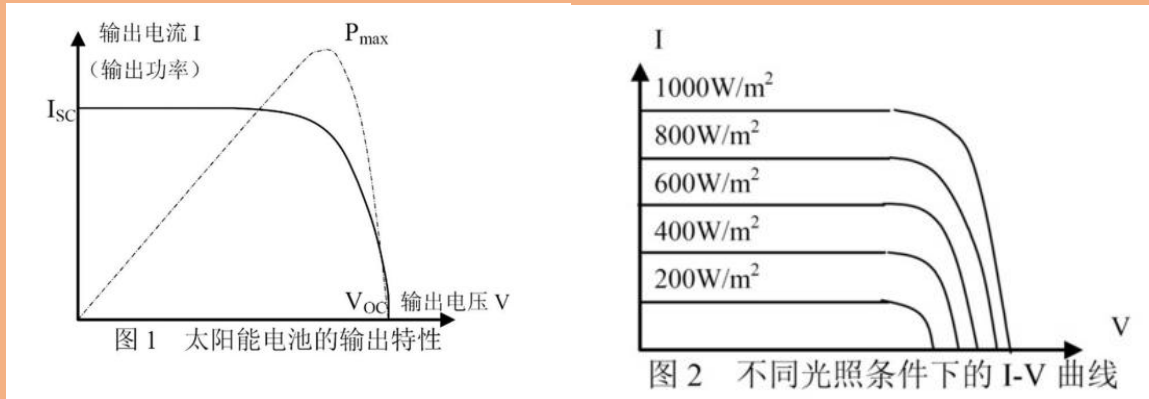
三. 实验原理

阅读讲义, 弄清楚以下问题, 简要概括实验原理。

1. 太阳能电池的伏安特性曲线及输出特点。

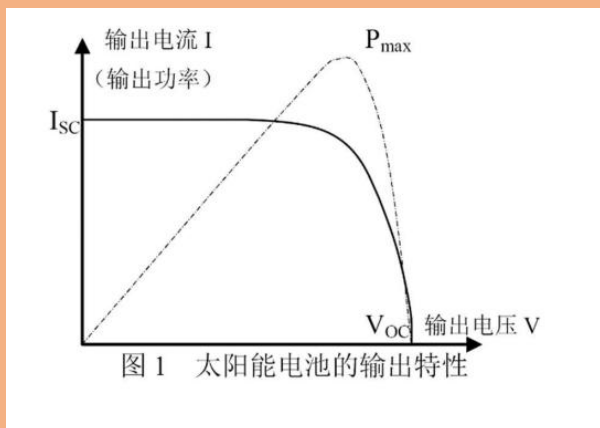
(1) 伏安特性曲线：

图1实线为单个特定光强下的太阳能电池的伏安特性曲线；图2为不同光强下的太阳能电池的伏安特性曲线。



(2) 输出特点：在负载电阻小（即输出电压小）的情况下，太阳能电池可以看成是一个恒流源；在负载电阻大（即输出电压大）的情况下，太阳能电池相当于一个恒压源。理论分析及实验表明：在不同的光照条件下，短路电流随入射光功率线性增长，而开路电压在入射光功率增加时只略微增加，如图2所示。太阳能电池串联会产生更大的开路电压，并联会产生更大的短路电流，如右上图2所示。

2、短路电流，开路电压，最大功率点，填充因子。



(1) 短路电流：如图1的伏安特性曲线所示，当负载为0时测得的最大电流 I_{sc} 称为短路电流。

(2) 开路电压：如图1的伏安特性曲线所示，当负载断开时测得的最大电压 V_{oc} 称为开路电压。

(3) 最大功率点：太阳能电池的输出功率为输出电压与输出电流的乘积。太阳能电池的输出功率在负载电阻为 R_{mp} （近似等于太阳能电池的内阻 R_l ）时达到一个最大功率 P_{max} （如图1中虚线最高点所示），此时的工作点就称为最大功率点。

(4) 填充因子：填充因子是表征太阳能电池性能优劣的重要参数，其值越大，电池对光的利用率越高，

一般硅电池的填充因子在0.75-0.8之间。填充因子定义为：
$$F.F = \frac{P_{max}}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

四. 实验内容

1、测量不同照度（短路电流45mA和25mA）下太阳能电池的伏安特性。根据blackboard上的测量图片读取得到。

2、绘制不同照度下太阳能电池的 $I-V$ 曲线（画在一张图）。根据曲线分析太阳能电池在负载电阻较小和负载较大的特点。

3、绘制短路电流为45mA 时负载电阻的 $P-R$ 曲线，确定最大输出功率的及对应电阻，计算太阳能电池的填充因子。负载阻值 R 根据欧姆定律计算得到。

原始数据

表 1 太阳能电池伏安特性-短路电流 45mA

短路电流 $I_{sc}=45\text{mA}$ 开路电压 $U_{oc}=\underline{2.05}\text{ V}$							
电流 I/mA	45.0	45.0	44.9	41.8	35.2	30.2	26.3
电压 U/V	0.47	0.93	1.38	1.71	1.80	1.85	1.88
电流 I/mA	23.3	18.9	17.3	16.0	14.8	13.8	12.9
电压 U/V	1.90	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.97
电流 I/mA	12.1	9.8	7.3	3.4	2.6	1.3	
电压 U/V	1.98	1.99	2.01	2.01	2.02	2.02	

表 2 太阳能电池伏安特性-短路电路 25mA

物理实验报告



南方科技大学
SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

短路电流 $I_{sc}=25\text{mA}$ 开路电压 $U_{oc}=\underline{1.97}\text{ V}$

电流 I/mA	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.0	23.6
电压 U/V	0.26	0.51	0.77	1.02	1.27	1.52	1.67
电流 I/mA	21.4	19.4	17.7	16.3	15.1	14.0	13.1
电压 U/V	1.73	1.77	1.79	1.81	1.82	1.84	1.85
电流 I/mA	12.3	10.9	9.3	7.3	5.3	1.3	
电压 U/V	1.86	1.87	1.89	1.91	1.93	1.96	

数据处理

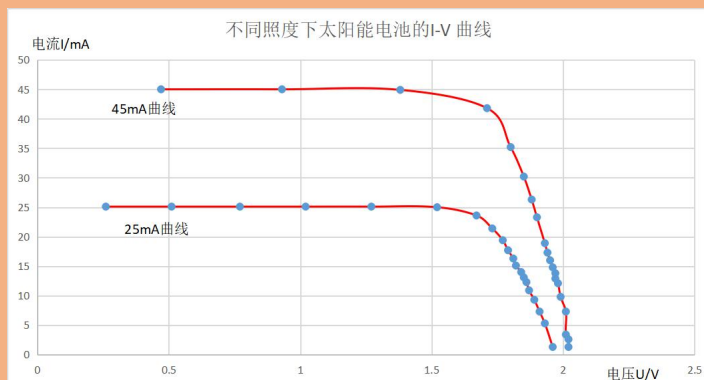
物理实验报告



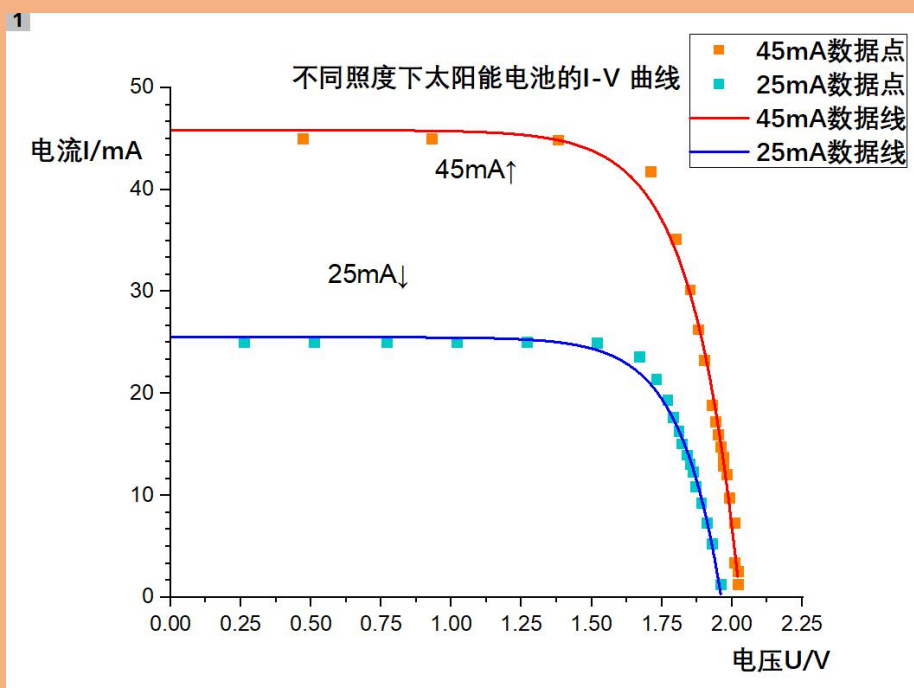
南方科技大学
SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

1. 绘制不同照度下太阳能电池的 $I-V$ 曲线（画在一张图）。作图要点：横纵坐标物理量、符号、单位；曲线上能看出清晰的数据点；存放在 word 后文字大小合适。

根据数据描点连线：



根据图像数据点进行函数拟合：



根据函数拟合图中所示曲线为：

$$I_{45mA} = 45.84 - 0.0005868 * (e^{6.790V} - 1)$$

$$I_{25mA} = 25.52 - 0.0168 * (e^{5.940V} - 1)$$

根据曲线分析太阳能电池在负载较小和负载较大的特点。

答：在负载较小时，太阳能电池的输出电压变化时电流基本保持不变，可以视为恒流源；负载较大时，输出电压变化幅度较小而输出电流变化幅度较大，可以近似认为是恒压源。

2. 计算短路电流为45mA 时负载的阻值R及功耗P。负载阻值R根据欧姆定律计算。

写出R和P的计算公式，计算结果填入下表。

负载阻值： $R = \frac{U}{I}$ ，功率： $P = UI$

表3 短路电路45mA 时负载功耗

电阻 R/ Ω	10.444	20.667	30.735	40.909	51.136	61.258	71.483
功率 P/mW	21.150	41.850	61.692	71.478	63.360	55.870	49.444
电阻 R/ Ω	81.545	102.12	113.87	121.88	132.43	142.75	152.71
功率 P/mW	44.270	36.477	27.186	31.200	29.008	27.186	25.413
电阻 R/ Ω	163.64	203.06	275.34	591.18	776.92	1553.85	
功率 P/mW	23.958	19.502	14.673	6.834	5.252	2.626	

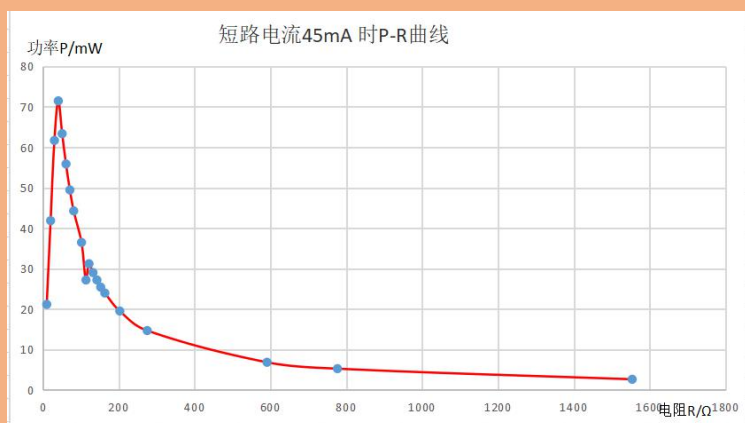
确定最大输出功率及对应电阻，计算太阳能电池的填充因子。

从表格里的数据可知，最大输出功率为 $P_{\max} = 71.478mW$ ，此时对应电阻为

$R = 40.909\Omega$ 。太阳能电池的填充因子为 $F.F = \frac{P_{\max}}{I_{SC} \times V_{OC}} = 0.7748$

绘制P-R 曲线

描点连线



实验分析

定性分析本实验误差来源及改进措施

实验误差分析：

（一）误差来源分析：

- ①系统中测量电流和电压的万用表只能读到 1 位小数，使得到的数据精确度不高，有可能带来实验结果的偏差；
- ②系统测量时实验室存在外部光源（不来源于可调钨灯），会使实验中太阳能电池收到额外的光照；
- ③系统测量时实验已经进行了一段较长时间，可能电流通过电阻时产生了大量焦耳热，从而使太阳能电池温度升高，影响太阳能电池的功能；
- ④系统中电流表处于内接状态，可能会使电流表测出的电流值偏小；

（二）改进措施：

- ①换用精确度更高的实验室电流表和电压表进行测量，并且增加测量次数，减少测量中出现的随机误差；
- ②先将太阳能电池置于一个封闭黑箱内以隔绝外界光源，再向其中添加强度较为均匀的恒定光源以使太阳能电池板均匀受光；
- ③可用小型吹风机吹太阳能电池的电池板区域，以减缓太阳能电池温度升高；
- ④可以先后尝试用电流表内接和外接的测量方法测试内外接对实验数据的误差影响，然后再选择影响较小的一组进行实验测量。

实验结论

简要概括实验内容及结果。

(1) 实验内容：本次实验利用万用表，可调钨灯，太阳能电池，九孔板和可调电阻进行了太阳能电池的特性测量，测得太阳能电池的输出功率在负载较小时，随着负载的增加而增加；当负载增加到一定程度时，太阳能电池的输出功率反而随着负载的增加而减少。

(2) 实验结果：本次实验测得当短路电流为 45mA 时，导体的填充因子为 $F.F = \frac{P_{\max}}{I_{SC} \times V_{OC}} = 0.7748$ ，在一般的硅光电池的 $F.F$ 区间内。当太阳能电池的短路电流为 25mA 时，导体的开路电压约为 1.97V；当太阳能电池的短路电流为 45mA 时。导体的开路电压 2.05V，测得的最大功率 $P_{\max} = 71.478mW$ 。

通过本次实验，了解了太阳能电池的伏安特性，理解了短路电流、开路电压和填充因子的物理意义，掌握了测量不同照度下太阳能电池的伏安特性曲线的方法，学习了通过数据描点连线作图的数据处理方法。

思考题

1. 短路电流和开路电压随光强变化如何变化？实验中为什么可以用短路电流大小表征光强？

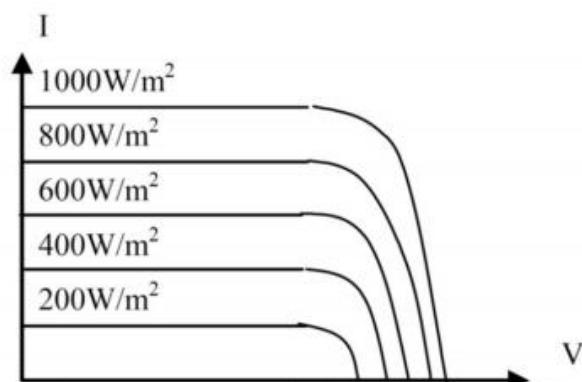


图2 不同光照条件下的 I-V 曲线

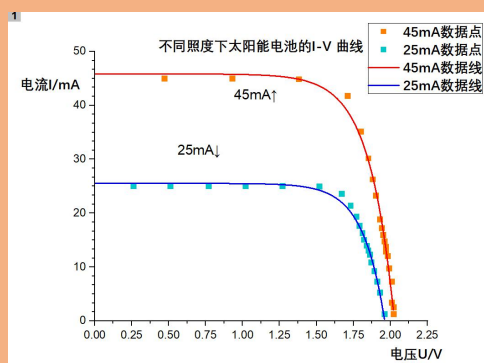
(1) 如不同光照条件下的伏安特性曲线（图2）所示，短路电流近似与入射光功率大小成正比关系。根据光学原理可知，入射光光强即单位面积的入射光功率。而实验前后可以近似认为光入射面积是保持不变的。故可以认为短路电流大小近似与入射光光强成正比；

(2) 如不同光照条件下的伏安特性曲线（图2）所示，开路电压在入射光功率增加时只略微增加。根据光学原理可知，入射光光强即单位面积的入射光功率。而实验前后可以近似认为光入射面积是保持不变的。故可以认为开路电压在入射光功率增加时只略微增加；

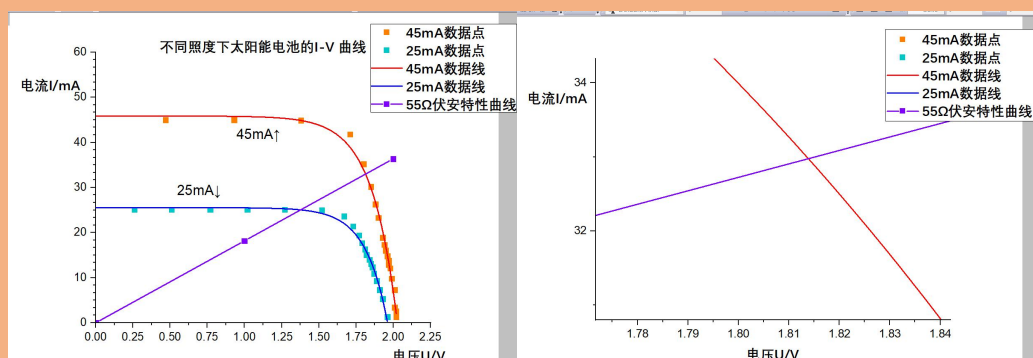
(3) 根据（1）中的结论，本实验中可以近似认为短路电流大小与入射光光强成正比，故本次实验中短路电流越大可以反映出入射光光强越强；此外，根据半导体理论，光生载流子浓度与光强成正比，故也可以说明本次实验中短路电流大小表征光强大小。

2. 当光照短路电流为 45mA 时, 若电阻值为 $R=55\ \Omega$, 电阻的功耗是多大? 写出计算过程。

解: 本实验报告中 45mA 的 I-V 图像如下图橙色曲线所示。



现将物理意义为 $55\ \Omega$ 的电阻伏安特性曲线也绘制出来, 在同一 I-V 图像中, 如下图紫色线段所示。



然后, 利用 originLab 软件将交点附近区域放大处理, 得到两曲线交点的坐标:

$$X = 1.81383612, Y = 32.980282$$

此时 $U = 1.81V$, 由此可以得出此时为 $55\ \Omega$ 时, 电阻的功耗为 $I = 32.98mA$

$$P = UI = 1.81V * 32.98mA = 59.694mW$$