

课程编号 1800440001

得分	教师签名	批改日期

# 深圳大学实验报告

课程名称：大学物理实验（一）

实验名称：太阳能电池的特性测量

学 院：计算机与软件学院

指导教师：郭树青

报告人：叶茂林 组号：20

学号 2021155015 实验地点 家中

实验时间：2022 年 5 月 5 日

提交时间：2022 年 5 月 11 日

## 一、实验目的

- 1、了解光伏效应的基本原理。
- 2、测定太阳能电池的输出特性、开路电压和短路电流。
- 3、讨论输出功率和负载电阻的关系。

## 二、实验原理

### 1、太阳能电池

太阳能电池（也称光伏电池），是将太阳光辐射能直接转换为电能的器件。

把一定数量的器件根据需求组合起来，即构成常见的光伏发电系统。

### 2、PN 结

PN 结是最简单的太阳能电池器件，内部存在由正、负离子的扩散引起的内建电场。当有光照射时，若光子能量大于半导体能隙，则会产生电子-空穴对，在内建场的作用下朝 PN 结的两端运动，产生光生电流  $I_s$ 。两端的电荷积累产生了光电池的端电压  $U$ 。同时，PN 结内部在  $U$  的作用下会引起反向电流  $I_D$ ，开路状态时会与  $I_s$  达到平衡。实际测量的光电池的电流是  $I_s$  与  $I_D$  之差，即

$$I = I_s(\phi) - I_D(U) \dots\dots\dots (1)$$

光生电流  $I_s$  的大小是由 PN 结“搬运”电子的能力决定的，取决于材料内部的电势分布  $\phi$ 。反向电流  $I_D$  的大小则取决于光电池的端电压  $U$ 。当器件处于开路状态时端电压最大，即开路电压  $U_0$ 。当器件短路时端电压为零，此时电流有最大值  $I_s$ （短路电流）。因此可以在电路中接入一个负载电阻  $R$ ，通过调节  $R$  的大小由 0（短路）到无穷（断路），用来测量太阳能电池的输出特性。

当负载电阻  $R$  很小时，光电池可视为一个恒流源，因为反向电流  $I_D$  可以忽略不计；当负载电阻很大时，光电池可视为一个恒压源。

在光照强度恒定时，光电池的输出功率依赖于负载电阻  $R$ ，

$$P_{out} = I^2 R = \left( \frac{E}{r+R} \right)^2 R = \frac{E^2}{2r + (R + \frac{r^2}{R})} \leq \frac{E^2}{4r} \dots\dots\dots (2)$$

其中  $r = \frac{U_0}{I_s}$  为太阳能电池的内阻，当负载  $R=r$  时输出功率取最大值。E 为光电池的电动势（端电压与降在内阻上的电压之和）。

光电池的输出功率最大时有

$$P_{max} = U_{max} \cdot I_{max} \dots\dots\dots (3)$$

这里  $U_{max}$  和  $I_{max}$  表示输出功率最大值时对应的电压和电流。

输出功率的最大值  $P_{max}$  小于开路电压与短路电流的乘积，定义它们的比值为填充因数：

$$F = \frac{P_{max}}{U_0 \cdot I_s} \dots\dots\dots (4)$$

填充因数是反映电池性能的一个重要参数，一定程度决定了光电池的能量转化效率。填充因数越大，太阳能电池的输出特性曲线越接近矩形，光电转化效率越高。

本实验中测出输出特性曲线之后，可以用每个点的电压和电流相乘找到最大总功率，进而得到填充因数。

### 三、实验仪器：

光伏电池、光源、光源电源、万用表。

### 四、实验内容：

1. 连接电路图
2. 左边万用表作为电流表，量程选 200mA，右边万用表作为电压表，量程选为 20V；
3. 打开光源电源，让光照射在太阳能电池上；
4. 打开电池板放大图，把可变电阻的阻值调节至零（靠近 a 点）；
5. 调节光照功率，使电流的大小约为 45mA（短路电流）；然后断开电路，记录此时的开路电压 $U_0$ ；
6. 逐渐增大电阻阻值，记录太阳能电池的电压和电流的变化值，记录数据至表 1；
7. 把电阻再次减小为零，调节光照功率，使电流大小为 35mA、25mA 和 15mA，并重复上面的步骤，记录至表格 2、3 和 4；
8. 由短路电流和开路电压计算电池的内阻，与输出功率最大时对应的负载电阻相比较，填入表 5。计算开路电压与短路电流的乘积，以及填充因数，填入表 6。

### 五、数据记录：

组号：20；姓名 叶茂林

表 1

第一组：Is=45.0mA,U0=2.03V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.46	0.90	1.35	1.70	1.80	1.84	1.88	1.90	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02
I(mA)	45.0	45.0	45.0	45.0	42.5	36.0	30.8	26.9	23.8	21.4	19.4	17.7	16.3	15.1	13.2	11.7	10.5	8.7	7.5	5.8
R(Ω)																				
P(mW)																				

表 2

第二组：Is=34.9mA,U0=2.03V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.36	0.70	1.05	1.40	1.67	1.76	1.81	1.84	1.86	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97
I(mA)	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	33.4	29.4	25.9	23.0	20.7	18.9	17.3	15.9	14.8	13.8	12.9	11.5	10.9	9.4	8.2
R(Ω)																				
P(mW)																				

表 3

第三组：Is=25.1mA,U0=1.97V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.25	0.50	0.75	1.00	1.24	1.49	1.65	1.71	1.75	1.78	1.80	1.81	1.82	1.84	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88
I(mA)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	23.8	21.7	19.7	18.0	16.6	15.3	14.2	13.3	12.5	11.8	11.1	10.5	9.5
R(Ω)																				
P(mW)																				

表 4

第四组：Is=15.1mA,U0=1.92V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.00	0.3	0.61	0.91	1.21	1.36	1.50	1.60	1.66	1.69	1.72	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82
I(mA)	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	14.7	13.9	13.1	12.3	11.6	11.0	10.4	9.9	9.4	9.0	8.6	7.9	7.3
R(Ω)																				
P(mW)																				

六、数据处理

表 1:

第一组: Is=45.0mA,U0=2.03V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.46	0.90	1.35	1.70	1.80	1.84	1.88	1.90	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02
I(mA)	45.0	45.0	45.0	45.0	42.5	36.0	30.8	26.9	23.8	21.4	19.4	17.7	16.3	15.1	13.2	11.7	10.5	8.7	7.5	5.8
R(Ω)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.23	0.27	0.35
P(mW)	0.45	20.70	40.50	60.75	72.25	64.80	56.67	50.57	45.22	41.09	37.44	34.34	31.79	29.60	26.00	23.17	20.90	17.40	15.08	11.72

表 2:

第二组: Is=34.9mA,U0=2.03V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.36	0.70	1.05	1.40	1.67	1.76	1.81	1.84	1.86	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97
I(mA)	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	33.4	29.4	25.9	23.0	20.7	18.9	17.3	15.9	14.8	13.8	12.9	11.5	10.9	9.4	8.2
R(Ω)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.21	0.24
P(mW)	0.35	12.56	24.43	36.65	48.86	55.78	51.74	46.88	42.32	38.50	35.53	32.70	30.21	28.27	26.50	24.90	22.31	21.26	18.42	16.15

表 3:

第三组: Is=25.1mA,U0=1.97V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.01	0.25	0.50	0.75	1.00	1.24	1.49	1.65	1.71	1.75	1.78	1.80	1.81	1.82	1.84	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88
I(mA)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	23.8	21.7	19.7	18.0	16.6	15.3	14.2	13.3	12.5	11.8	11.1	10.5	9.5
R(Ω)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.20
P(mW)	0.25	6.28	12.55	18.83	25.10	31.12	37.40	39.27	37.11	34.48	32.04	29.88	27.69	25.84	24.47	23.00	21.83	20.65	19.64	17.86

表 4:

第四组: Is=15.1mA,U0=1.92V																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U(V)	0.00	0.3	0.61	0.91	1.21	1.36	1.50	1.60	1.66	1.69	1.72	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82
I(mA)	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	14.7	13.9	13.1	12.3	11.6	11.0	10.4	9.9	9.4	9.0	8.6	7.9	7.3
R(Ω)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.23	0.25
P(mW)	0.00	4.53	9.21	13.74	18.27	20.54	22.65	23.52	23.07	22.14	21.16	20.18	19.25	18.30	17.52	16.73	16.11	15.48	14.30	13.29

表 5:

测量值/组数	第一组	第二组	第三组	第四组
$R_{\max}(\Omega)$	40.00	50.00	69.33	108.84
$r(\Omega)$	45.111	58.166	78.486	127.152
$R_{\max}/r$	0.8867	0.85961	0.88334	0.85598

由（3）式和（4）式计算可得表 6。

表 6:

测量值/组数	第一组	第二组	第三组	第四组
$P_{\max}(\text{mW})$	72.25	55.78	39.27	23.52
$U_0 \times I_s(\text{mW})$	91.35	70.847	49.447	28.992
F	0.79091	0.78733	0.79418	0.81126

太阳能电池的输出特性曲线如图 1 所示:

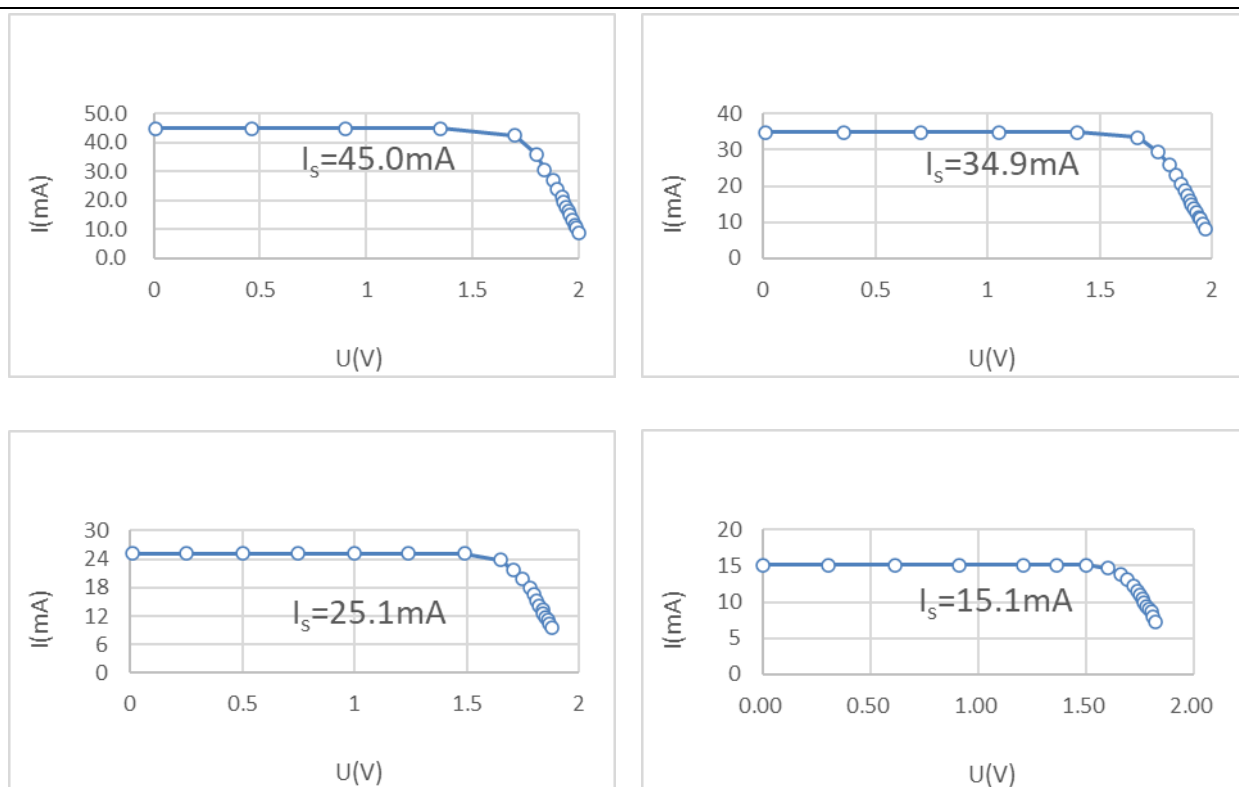


图 1

## 七、结果陈述：

由结果可知，太阳能电池的输出功率最大时对应的电阻，和由开路电压以及短路电流得到的内阻比较接近，验证了“负载等于内阻时电池的输出功率最大”的结论。

计算得到的填充因数在 0.8 附近，说明太阳能电池的转化效率较高。

## 八、实验总结与思考题

### 思考题

#### 1. 温度会对太阳能电池带来什么影响？

温度越高，太阳能电池内部分子热运动就会越剧烈，从而会影响电池的各项电学性能。

#### 2. 实验中的路端电压和光电池的电动势有什么关系？

$U = E - Ir$ 。

#### 3. 测量得到输出功率最大时的电阻 $R$ ，与用短路电流和开路电压计算的内阻有一定差异，产生差异的原因主要是什么？

测量的时候并不能测量到连续的电压和电流变化，只能测量到离散的变化，所以测量得到的输出功率最大的电阻不一定是输出功率最大的电阻。

指导教师批阅意见：

成绩评定：

预习 (20 分)	操作及记录 (40 分)	数据处理与结果陈述 30 分	思考题 10 分	报告整体 印 象	总分

原始数据

组号：20

学号：2021155015

姓名：叶茂林

姓名：叶茂林 组号：20 日期：2022.5.5																				
第一组：Is=45.0mA, U0=2.03mV																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U (mV)	0.01	0.46	0.90	1.35	1.70	1.80	1.84	1.88	1.90	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02
I (mA)	45.0	45.0	45.0	45.0	42.5	36.0	30.8	26.9	23.8	21.4	19.4	17.7	16.3	15.1	13.2	11.7	10.5	8.7	7.5	5.8
R (Ω)																				
P (mW)																				
第二组：Is=34.9mA, U0=2.03mV																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U (mV)	0.01	0.36	0.70	1.05	1.40	1.67	1.76	1.81	1.84	1.86	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97
I (mA)	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	33.4	29.4	25.9	23.0	20.7	18.9	17.3	15.9	14.8	13.8	12.9	11.5	10.9	9.4	8.2
R (Ω)																				
P (mW)																				
第三组：Is=25.1mA, U0=1.97mV																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U (mV)	0.01	0.25	0.50	0.75	1.00	1.24	1.49	1.65	1.71	1.75	1.78	1.80	1.81	1.82	1.84	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88
I (mA)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	23.8	21.7	19.7	18.0	16.6	15.3	14.2	13.3	12.5	11.8	11.1	10.5	9.5
R (Ω)																				
P (mW)																				
第四组：Is=15.1mA, U0=1.92mV																				
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U (mV)	0.00	0.3	0.61	0.91	1.21	1.36	1.50	1.60	1.66	1.69	1.72	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82
I (mA)	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	14.7	13.9	13.1	12.3	11.6	11.0	10.4	9.9	9.4	9.0	8.6	7.9	7.3
R (Ω)																				
P (mW)																				