

班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 教师签字\_\_\_\_\_

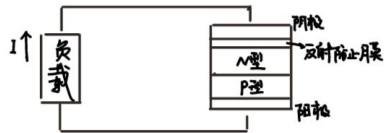
实验日期 2024/10/24 预习成绩\_\_\_\_\_ 总成绩\_\_\_\_\_

## 实验名称 太阳能电池的基本特性研究

### 一、预习

1. 太阳能电池的基本结构和工作原理是什么?
2. 太阳能电池的开路电压、短路电流、最佳匹配负载和填充因子的物理含义是什么?

#### 1. 基本结构: 半导体材料制成的PN结



工作原理: 半导体PN结的光生伏打效应。

当太阳光照射PN结时,在半导体内的束缚电子由于获得了能量成为自由电子,相应产生电子-空穴对。在势垒电场作用下,电子被驱向N区,空穴被驱向P区,于是在PN结附近形成了方向相反的光生电场。此电场一部分抵消了势垒电场的作用,另一部分使N-P之间的薄层产生光生伏打电动势,在外加电路时产生电流。

#### 2.

开路电压: 在一定温度和光照条件下,太阳能电池在负载开路时的端电压。

短路电流: 在一定温度和光照条件下,太阳能电池在端电压为0时的输出电流。

最佳匹配负载: 当负载为 $R_m$ 时,工作电流和工作电压乘积最大,此时为最大功率点。

填充因子: 太阳能电池的最大功率与开路电压和短路电流的乘积之比。

## 二、原始数据记录

## 1. 硅太阳能电池的暗特性测量

表1 太阳能电池的暗伏安特性测量

电压(V)	电流(mA)	
	单晶硅	非晶硅
-7	-0.129	-0.136
-6	-0.110	-0.116
-5	-0.090	-0.096
-4	-0.071	-0.077
-3	-0.052	-0.057
-2	-0.034	-0.038
-1	-0.017	-0.019
0	0.000	0.000
0.3	0.007	0.005
0.6	0.019	0.011
0.9	0.047	0.017
1.2	0.127	0.023
1.5	0.393	0.029
1.8	1.184	0.035
2.1	3.6	0.047
2.4		0.089
2.7		0.321
3.0		1.516
2.23	6.0	

## 2. 开路电压、短路电流与光强关系测量

表2 两种太阳能电池开路电压与短路电流随光强变化关系

距 离(cm)		15	20	25	30	35	40	45	50
光强 $I$ ( $W/m^2$ )		805	428	265	180.7	131.5	101.6	80.7	66.3
单晶硅	开路电压 $V_{oc}$ (V)	2.89	2.75	2.63	2.53	2.44	2.37	2.30	2.25
	短路电流 $I_{sc}$ (mA)	91.1	49.5	30.7	20.9	15.3	11.7	9.3	7.6
非晶硅	开路电压 $V_{oc}$ (V)	3.08	2.99	2.92	2.86	2.82	2.78	2.75	2.72
	短路电流 $I_{sc}$ (mA)	6.9	3.8	2.4	1.692	1.268	0.987	0.809	0.680


## 3. 太阳能电池输出特性测试

表3 两种太阳能电池输出特性实验

光强  $I = 101.6 W/m^2$ 

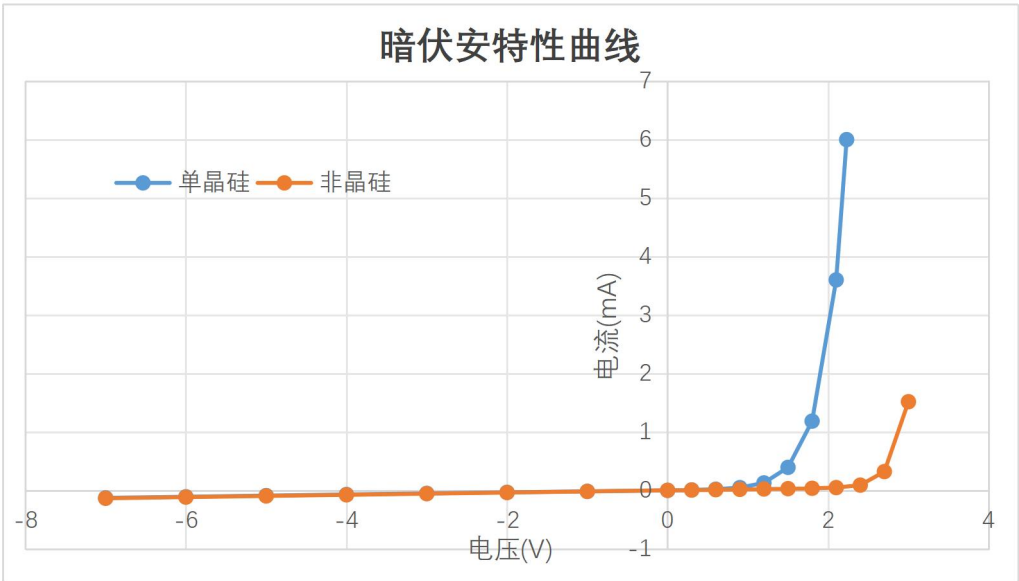
单晶硅	输出电压 $V$ (V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
	输出电流 $I$ (mA)	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.7	11.4	10.6
	输出功率 $P_o$ (W)	0	$2.38 \times 10^{-3}$	$4.76 \times 10^{-3}$	$7.14 \times 10^{-3}$	$9.52 \times 10^{-3}$	$1.19 \times 10^{-2}$	$1.43 \times 10^{-2}$	$1.64 \times 10^{-2}$	$1.82 \times 10^{-2}$	$1.91 \times 10^{-2}$
	输出电压 $V$ (V)	2.0	2.2	2.38							
	输出电流 $I$ (mA)	9.7	5.6	0.024							
	输出功率 $P_o$ (W)	$1.94 \times 10^{-2}$	$1.23 \times 10^{-2}$	$5.71 \times 10^{-5}$							

非 晶 硅	输出电压 $V(V)$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
	输出电流 $I(mA)$	1.012	0.999	0.982	0.964	0.942	0.922	0.903	0.878	0.855	0.825
	输出功率 $P_o (W)$	0	$2.00 \times 10^{-4}$	$3.93 \times 10^{-4}$	$5.78 \times 10^{-4}$	$7.54 \times 10^{-4}$	$9.22 \times 10^{-4}$	$1.08 \times 10^{-3}$	$1.23 \times 10^{-3}$	$1.37 \times 10^{-3}$	$1.49 \times 10^{-3}$
	输出电压 $V(V)$	2.0	2.2	2.4	2.6	2.74					
	输出电流 $I(mA)$	0.793	0.738	0.644	0.411	0.027					
	输出功率 $P_o (W)$	$1.59 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-3}$	$1.54 \times 10^{-3}$	$1.07 \times 10^{-3}$	$7.40 \times 10^{-5}$					

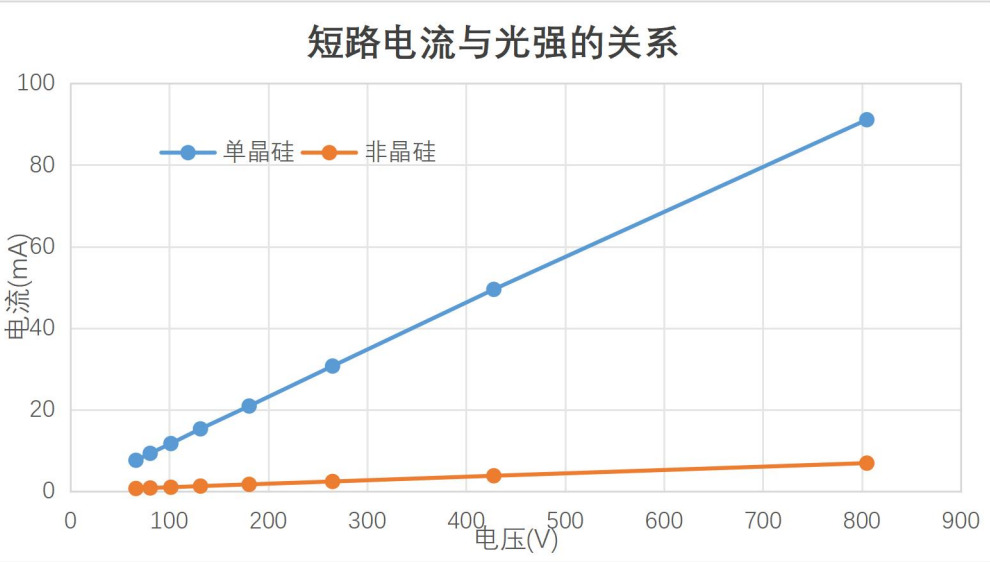
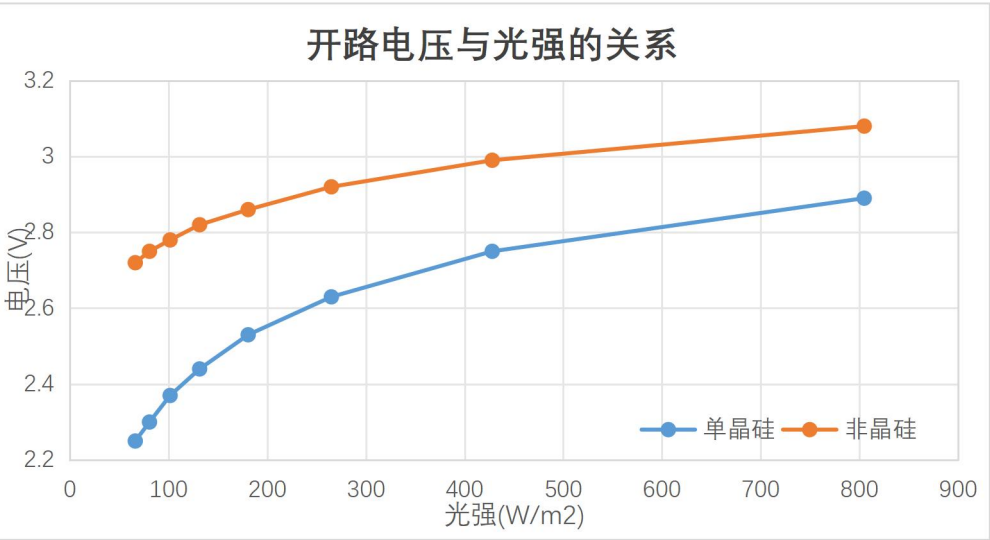
教师	姓名
签字	

三、数据处理

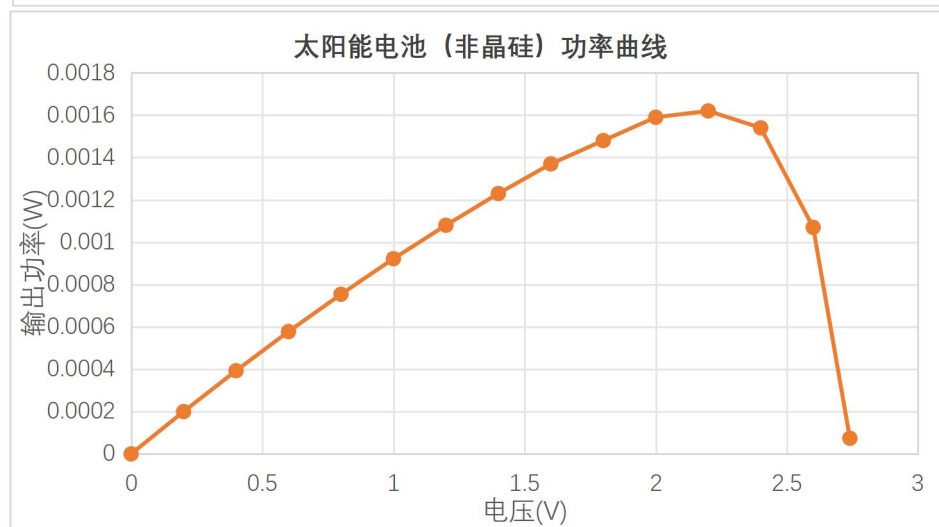
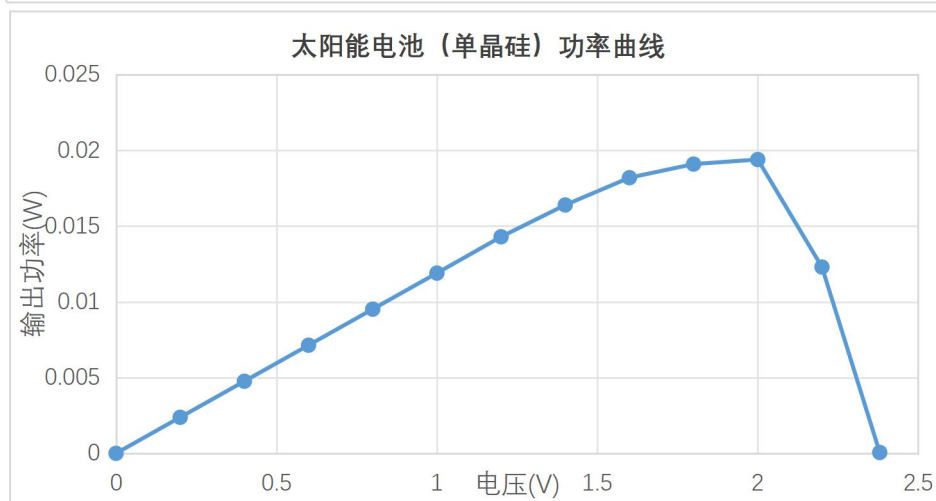
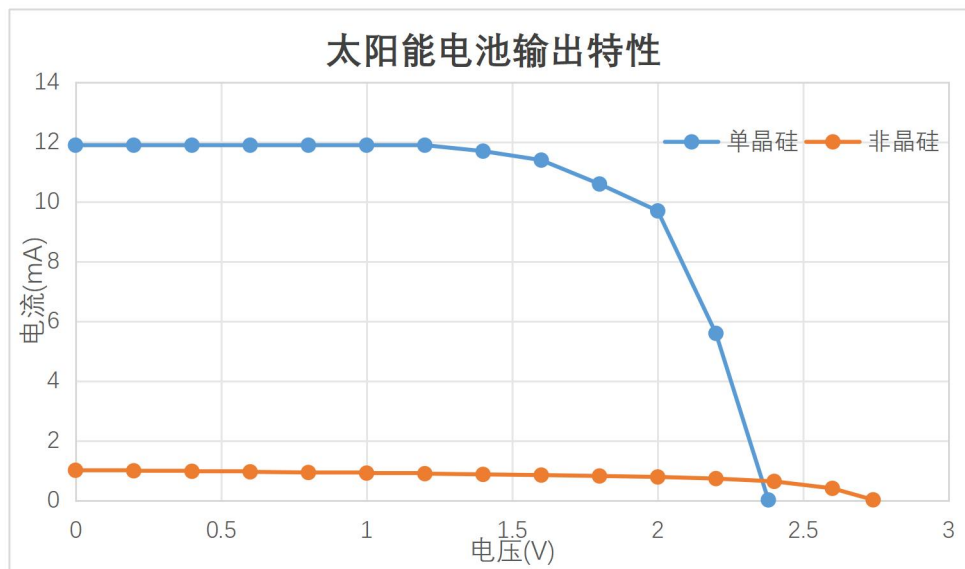
1.绘制单晶硅、非晶硅暗伏安特性曲线。



2.根据表 2 数据，画出两种太阳能电池的开路电压随光强变化的关系曲线以及短路电流随光强变化的关系曲线。



3. 根据表 3 数据作两种太阳能电池的输出伏安特性曲线及功率曲线。计算最大功率  $P_{max}$  和最佳匹配负载电阻  $R_{CL}$ 。



单晶硅:  $P_{max} = 19.4\text{mW}$ ,  $R_{CL} = 206\Omega$

多晶硅:  $P_{max} = 1.62\text{mW}$ ,  $R_{CL} = 2.98 \times 10^3\Omega$

4.根据表 3 数据计算两种太阳能电池的填充因子和转换效率。转换效率为:

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{in}} = \frac{P_{\max}}{SI}$$

其中  $S$  为太阳能电池面积 (按  $50\text{mm} \times 50\text{mm}$  计算),  $I$  为光强。

$$\text{单晶硅: } FF = \frac{19.4}{2.37 \times 11.7} = 0.670, \eta = \frac{19.4 \times 10^{-3}}{50 \times 50 \times 10^{-6} \times 101.6} \times 100\% = 7.64\%$$

$$\text{非晶硅: } FF = \frac{1.62}{2.78 \times 0.987} = 0.590, \eta = \frac{1.62 \times 10^{-3}}{50 \times 50 \times 10^{-6} \times 101.6} \times 100\% = 0.638\%$$

5. 分析可能的误差来源。

①电流表与电压表内阻以及导线内阻、接触电阻对实验的影响; ②遮光罩没有完全密封隔绝光照; ③环境光的光强波动的影响; ④光源自身功率并非恒定造成的误差; 等等。

#### 四、实验现象分析及结论

两种太阳能电池的最大功率、最佳匹配负载电阻、填充因子和转换效率分别为:

$$\text{单晶硅: } P_{\max} = 19.4\text{mW}, R_{CL} = 206\Omega, FF = 0.670, \eta = 7.64\%$$

$$\text{非晶硅: } P_{\max} = 1.62\text{mW}, R_{CL} = 2.98 \times 10^3\Omega, FF = 0.590, \eta = 0.638\%$$

单晶硅太阳能电池开路电压大, 短路电流小, 最大输出功率较大, 最佳匹配负载电阻小。

两种太阳能电池的填充因子相近, 但是转换效率差异较大, 单晶硅太阳能电池转换效率较高。

#### 五、讨论题

1.太阳能电池的工作原理是什么?

半导体 PN 结的光生伏打效应。当太阳光照射 PN 结时, 在半导体内的束缚电子由于获得了光子的能量而成为自由电子, 相应产生电子-空穴对。在势垒电场的作用下, 电子被驱向 N 区, 空穴被驱向 P 区, 于是在 PN 结的附近形成了方向相反的光生电场。此电场的一部分抵消了势垒电场, 另一部分使 P、N 区间的薄层产生光生伏打电动势, 在外加电路时产生电流。

2.如何根据伏安特性曲线计算太阳能电池的最大输出功率和相应的最佳匹配电阻?

可以作出等功率曲线 (即  $UI = \text{常数}$ ), 当等功率曲线与图线相切时, 此切点即对应最大功率的情况。用此点对应的输出电压除以输出电流, 就得到最佳匹配负载电阻值。