

班级 自动化7班 学号 _____ 姓名 彭尚品 教师签字 彭通

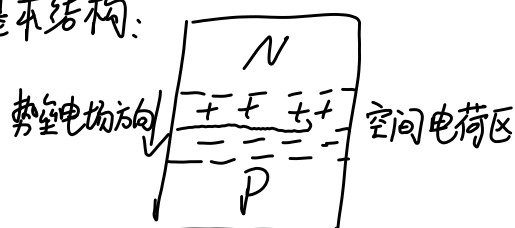
实验日期 2023/10/16 预习成绩 _____ 总成绩 _____

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:



2. 工作原理:

当光电池受照射时, 部分电子被激发而产生电子-空穴对, 在结区激发的电子和空穴分别被势垒电场推向N区和P区, 使N区有过量的电子而带负电, P区有过量的空穴而带正电, PN结两端形成电压, 这就是光伏效应, 若将PN结两端接入外电路, 就可以向负载输出电能

3. ① 开路电压: 负载断开时测得的最大电压 V_{OC}

② 短路电流: 负载为0时测得的最大电流 I_{SC}

③ 最佳匹配负载: 使得输出功率 UI 最大时的负载

④ 填充因子: $F.F = \frac{P_{max}}{V_{OC} I_{SC}}$, 表征太阳能电池性能的优劣
值越大, 电池的光电转换率越高

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	-1.412	-0.184
-6	-1.123	-0.152
-5	-0.876	-0.122
-4	-0.650	-0.095
-3	-0.452	-0.070
-2	-0.279	-0.046
-1	-0.135	-0.023
0	0.000	0.000
0.3	0.061	0.006
0.6	0.161	0.013
0.9	0.328	0.022
1.2	0.642	0.034
1.5	1.311	0.050
1.8	2.9	0.077
2.1	6.9	0.129
2.4	16.2	0.401
2.7	38.4	1.6
3.0	104.3	4.2

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)		764	400	251	174	131	104	87	74
单晶硅	开路电压 V_{oc} (V)	2.85	2.67	2.52	2.40	2.29	2.20	2.14	2.08
	短路电流 I_{sc} (mA)	88.3	47.2	29.7	20.4	15.2	12.1	10.0	8.4
非晶硅	开路电压 V_{oc} (V)	2.82	2.71	2.63	2.57	2.52	2.49	2.46	2.43
	短路电流 I_{sc} (mA)	8.1	4.4	2.8	1.925	1.451	1.165	0.965	0.827


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 $I = 104 W/m^2$

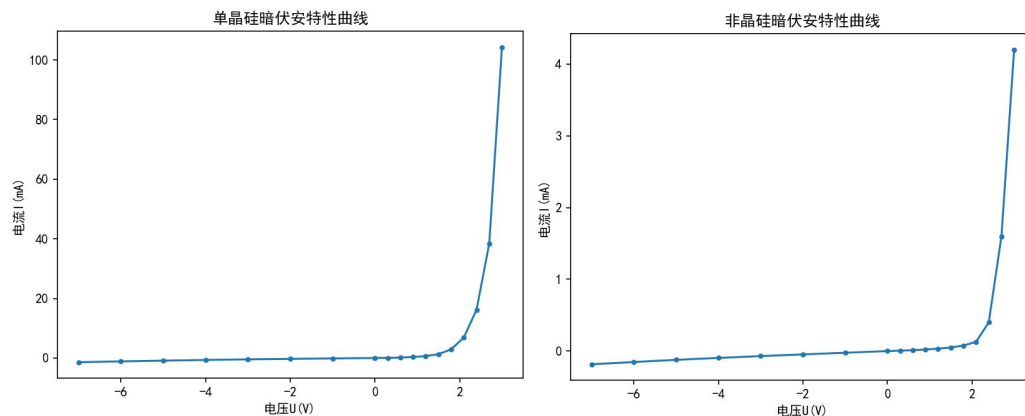
单晶硅	输出电压 $V(V)$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
	输出电流 $I(mA)$	12.2	12.0	12.0	11.9	11.8	11.6	11.2	10.5	9.2	7.1
	输出功率 $P_o(mW)$	0	2.4	4.8	7.14	9.44	11.6	13.44	14.7	14.72	12.78
	输出电压 $V(V)$	2.0	2.2								
	输出电流 $I(mA)$	3.5	0.369								
	输出功率 $P_o(mW)$	7.0	0.812								

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 $I(mA)$	1.182	1.174	1.167	1.155	1.149	1.140	1.117	1.105	1.076	1.048
	输出功率 $P_o(mW)$	0	0.235	0.467	0.693	0.919	1.140	1.340	1.547	1.722	1.886
	输出电压 $V(V)$	2.0	2.2	2.4	2.5						
	输出电流 $I(mA)$	0.979	0.833	0.486	0.179						
	输出功率 $P_o(mW)$	1.958	1.833	1.166	0.448						

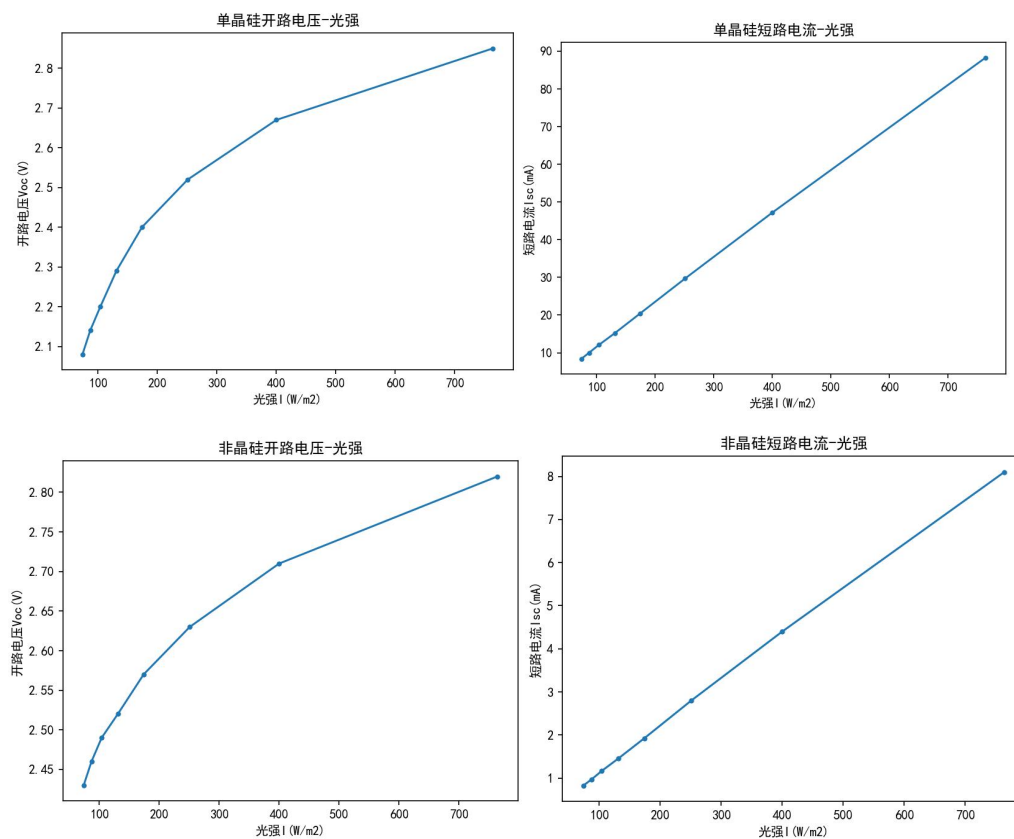
教师	姓名
签字	

三、数据处理

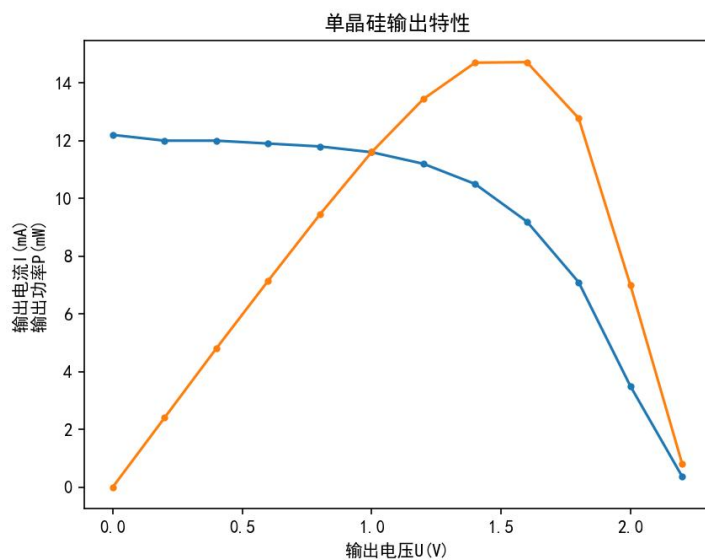
1. 绘制单晶硅、非晶硅暗伏安特性曲线。



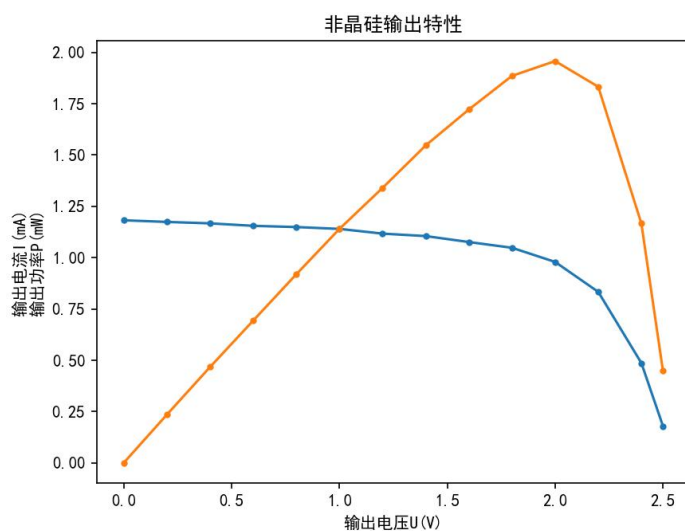
2. 根据表 2 数据,画出两种太阳能电池的开路电压随光强变化的关系曲线以及短路电流随光强变化的关系曲线。



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。



其中蓝线为输出电流，橙线为输出功率， $P_{\max}=14.72\text{mW}$, $R=173.9\Omega$



其中蓝线为输出电流，橙线为输出功率， $P_{\max}=1.958\text{mW}$, $R=2042.9\Omega$

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。

单晶硅：

$$FF = \frac{P_{\max}}{V_{oc} I_{sc}} = \frac{14.72 \times 10^{-3}}{2.2 \times 12.1 \times 10^{-3}} = 0.553$$

$$\eta = \frac{P_{\max}}{SI} = \frac{14.72 \times 10^{-3}}{50 \times 50 \times 10^{-6} \times 104} = 5.66\%$$

非晶硅：

$$FF = \frac{P_{\max}}{V_{oc} I_{sc}} = \frac{1.958 * 10^{-3}}{2.49 * 1.165 * 10^{-3}} = 0.675$$
$$\eta = \frac{P_{\max}}{SI} = \frac{1.958 * 10^{-3}}{50 * 50 * 10^{-6} * 104} = 0.753\%$$

5. 分析可能的误差来源。

①实验仪器不够精确、②实验方法不够准确、③实验环境变化引起误差、④读数不够准确、⑤光源没有得到充分的预热、⑥光源自身功率并非绝对恒定、⑦测暗伏安特性时遮光不完全等原因都会使实验结果偏离真实值

四、实验现象分析及结论

使用太阳能电池供电时，当光照不变时，随着外加负载的增加，输出功率先增大至最大值后减小；

单晶硅：FF = 0.553 η = 5.66%

非晶硅：FF = 0.675 η = 0.753%

可见，两种太阳能电池的填充因子相近，但是转换效率差异较大。多晶硅电池的转换效率远高于非晶硅电池。

五、讨论题

1. 太阳能电池的工作原理是什么？
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？

答：

- 1、太阳能电池的工作原理是利用半导体材料的光生伏特效应，将太阳光转换为直流电。具体来说，太阳能电池是由 p 型和 n 型半导体构成的 PN 结，当太阳光照射在 PN 结上时，会产生电子和空穴对，这些载流子在自建电场的作用下向两侧移动，形成电势差，如果外接回路，就会有电流流过。
- 2、将伏安特性曲线的各点横纵坐标相乘即可得到该点的功率，作出等功率曲线（即 $UI=\text{常数}$ ）取最大值即为最大输出功率。此时图中原点与该点连线的斜率的倒数即为最佳匹配电阻。