

# 硅光电池特性研究

姓名：王冬雪 学号：PB22511902 班级：核科学技术学院2班 日期：2023年4月21日

## 实验目的

- 1, 了解硅光电池工作原理
- 2, 掌握硅光电池的工作特性

## 实验原理

硅光电池是根据光伏效应而制成的将光能转换成电能的一种器件，它的基本结构就是一个 P-N 结。

1,PN结偏置特性：扩散和漂移运动达成平衡后，在PN结两侧形成一个耗尽区，该区无自由载流子，呈现高阻抗。当PN结反偏时，耗尽区在外电场作用下变宽，势垒加强；当PN结正偏时，耗尽区变窄，势垒削弱，载流子扩散继续形成电流，这就是PN结的单向导电性。

2,光伏效应：当PN结处于零偏或反偏时，结合面耗尽区存在一内电场。当有光照时，电池对光子的本征吸收产生光生载流子引起光伏效应，入射光子将把处于价带中的束缚电子激发到导带，激发出的电子空穴对在内电场作用下分别飘移到N型区和P型区，当在 P-N 结两端加负载时就有一光生电流流过负载。

3,硅光电池基本特性：

(1) 伏安特性：在一定光照下，在光电池两端加一个负载就会有电流流过：当负载很大时，电流较小而电压较大；当负载很小时，电流较大而电压较小。硅光电池的伏安特性曲线由二个部分组成：无偏压工作状态，光电流随负载变化很大；反偏压工作状态，光电流与偏压、负载几乎无关（很大的动态范围内）。伏安特性曲线在横轴上的截距为开路电压 $U_{OC}$ ，在纵轴上的截距为短路电流 $I_{SC}$ 。

(2) 照度特性：当没有光照时，硅光电池等效于普通的二极管，其伏安特性为： $I = I_0 \left[ e^{\frac{qU}{k_B T}} - 1 \right]$ ；当有光照时， $I = I_{ph} - I_0 \left[ e^{\frac{qU}{k_B T}} - 1 \right]$ ， $I_{ph}$ 与入射光的强度成正比，短路电流 $I_{SC} = I_{ph}$ ，开路电压 $U_{OC} = \frac{k_B T}{q} \ln \left( \frac{I_{SC}}{I_0} + 1 \right)$ 。

(3) 输出特性：在一定的照度下，不同的负载 $R_L$ 有不同的功率 $P$ ，输出功率达到最大值时负载电阻称为最佳负载电阻，电压电流分别是最佳工作电压与最佳工作电流，此时能量转化效率最高。填充因子 $FF = \frac{P_m}{U_{OC} I_{SC}} = \frac{U_m I_m}{U_{OC} I_{SC}}$ 越大输出功率越高，说明硅光电池对光的利用率越高。FF取决于入射光强、材料禁带宽度、负载电阻等。

(4) 光谱响应特性：各种波长的单位辐射光能或对应的光子入射到硅光电池上，将产生不同的短路电流，按波长的分布求得其对应的短路电流变化曲线称为硅光电池的光谱响应曲线。硅光电池的灵敏度 $K_\lambda = \frac{P_\lambda}{\eta_\lambda T_\lambda \Delta \lambda}$ ，其相对灵敏度

$$K_{r\lambda} = \frac{K_\lambda}{K_m}$$

实验仪器

硅光电池、数字万用表、毫安表、电阻箱、溴钨灯、直流稳压电源、光学导轨及支座、开关、导线。

测量记录

表一：

硅光电池暗伏安特性测量（电压表量程2V）										
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I/mA	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
U/V	0.6284	0.7208	0.7898	0.8407	0.8810	0.9447	0.9729	0.9964	0.9964	1.0181
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I/mA	11.0	12.0	13.3	14.2	15.0	15.9	16.9	17.9	19.1	19.9
U/V	1.0402	1.0612	1.0841	1.1013	1.1077	1.1286	1.1419	1.1577	1.1771	1.1875

表二：

硅光电池输出特性测量（电压表量程2V）												
R <sub>L</sub> /Ω	d=20cm, L=250 lx			d=30cm, L=111 lx			d=40cm, L=62.5 lx			d=50cm, L=40 lx		
	U/V	I/mA	P/mW	U/V	I/mA	P/mW	U/V	I/mA	P/mW	U/V	I/mA	P/mW
100	0.0345	0.3450	0.0119	0.0151	0.1510	0.0023	0.0085	0.0850	0.0007	0.0054	0.0540	0.0003
300	0.1027	0.3423	0.0352	0.0457	0.1523	0.0070	0.0259	0.0863	0.0022	0.0165	0.0550	0.0009
500	0.1690	0.3380	0.0571	0.0761	0.1522	0.0116	0.0433	0.0866	0.0037	0.0277	0.0554	0.0015
700	0.2163	0.3090	0.0668	0.1061	0.1516	0.0161	0.0606	0.0866	0.0052	0.0389	0.0556	0.0022
900	0.2569	0.2854	0.0733	0.1355	0.1506	0.0204	0.0777	0.0863	0.0067	0.0500	0.0556	0.0028
1000	0.2719	0.2719	0.0739	0.1499	0.1499	0.0225	0.0862	0.0862	0.0074	0.0555	0.0555	0.0031
3000	0.3671	0.1224	0.0449	0.3157	0.1052	0.0332	0.2372	0.0791	0.0188	0.1618	0.0539	0.0087
5000	0.3874	0.0775	0.0300	0.3490	0.0698	0.0244	0.3062	0.0612	0.0188	0.2443	0.0489	0.0119
7000	0.3936	0.0562	0.0221	0.3615	0.0516	0.0187	0.3296	0.0471	0.0155	0.2881	0.0412	0.0119
9000	0.3985	0.0443	0.0176	0.3683	0.0409	0.0151	0.3408	0.0379	0.0129	0.3087	0.0343	0.0106
10000	0.4007	0.0401	0.0161	0.3707	0.0371	0.0137	0.3440	0.0344	0.0118	0.3149	0.0315	0.0099
∞	0.4116			0.3877			0.3703			0.3547		

表三：

硅光电池开路电压、短路电流与光照特性测量							
d/cm	20	25	30	35	40	45	50
L/lx	250.0	160.0	111.1	81.6	62.5	49.4	40.0
U <sub>oc</sub> /V (电压表量程2V)	0.4158	0.4033	0.3929	0.3837	0.3756	0.3676	0.3603
I <sub>sc</sub> /mA (电压表量程200mV)	0.3622	0.2390	0.1688	0.1244	0.0958	0.0756	0.0612

表四：

硅光电池输出特性测量（电压表量程2V）								
R <sub>L</sub> /Ω	距离d/cm	20	25	30	35	40	45	50
	光照强度L/lx	250.0	160.0	111.1	81.6	62.5	49.4	40.0
100	输出电压U/V	0.0363	0.0240	0.0171	0.0125	0.0095	0.0074	0.0059
	输出电流I/mA	0.3630	0.2400	0.1710	0.1250	0.0950	0.0740	0.0590
1000	输出电压U/V	0.2754	0.2232	0.1674	0.1258	0.0963	0.0764	0.0611
	输出电流I/mA	0.2754	0.2232	0.1674	0.1258	0.0963	0.0764	0.0611
5000	输出电压U/V	0.3869	0.3710	0.3552	0.3378	0.3171	0.2918	0.2602
	输出电流I/mA	0.0774	0.0742	0.0710	0.0676	0.0634	0.0584	0.0520
10000	输出电压U/V	0.4008	0.3875	0.3749	0.3627	0.3498	0.3366	0.3219
	输出电流I/mA	0.0401	0.0388	0.0375	0.0363	0.0350	0.0337	0.0322

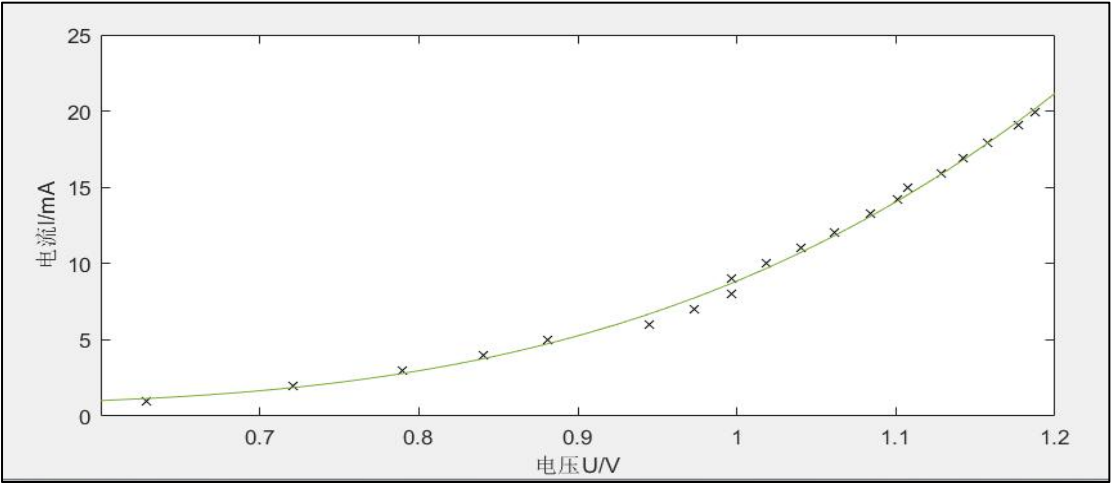
表五：

反向偏压下硅光电池电流与光照测量（电压表量程2V）							
距离d/cm	20	25	30	35	40	45	50
光照强度L/lx	250.0	160.0	111.1	81.6	62.5	49.4	40.0
电压U/V	0.5232	0.3365	0.2365	0.1766	0.1357	0.1085	0.0883
电流I/mA	0.3488	0.2243	0.1577	0.1177	0.0905	0.0723	0.0589

# 分析与讨论

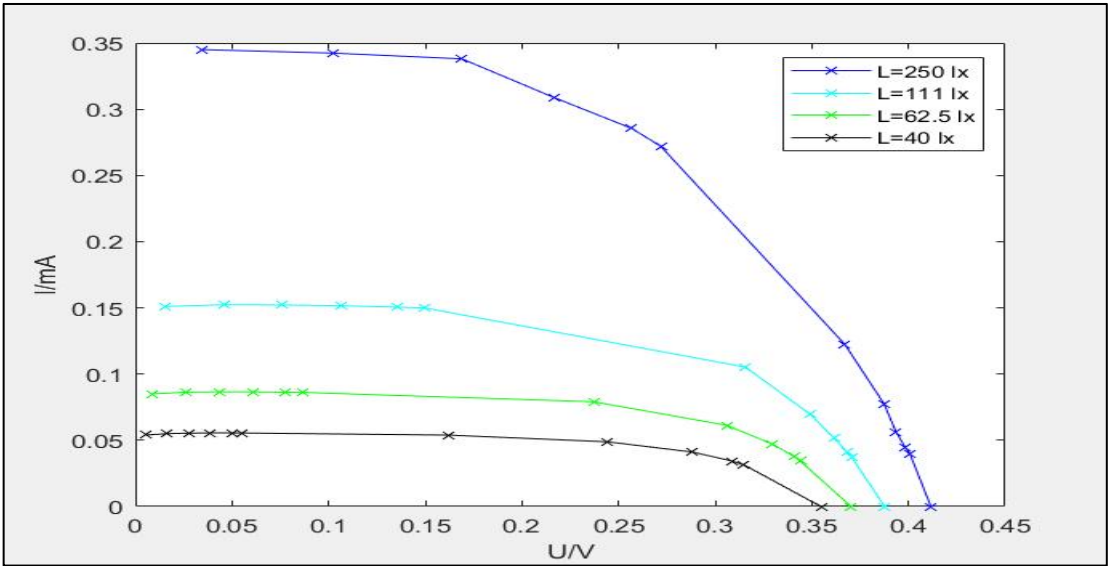
## 数据处理

由表一，得到硅光电池正向偏压时的I-U特性曲线如下图：

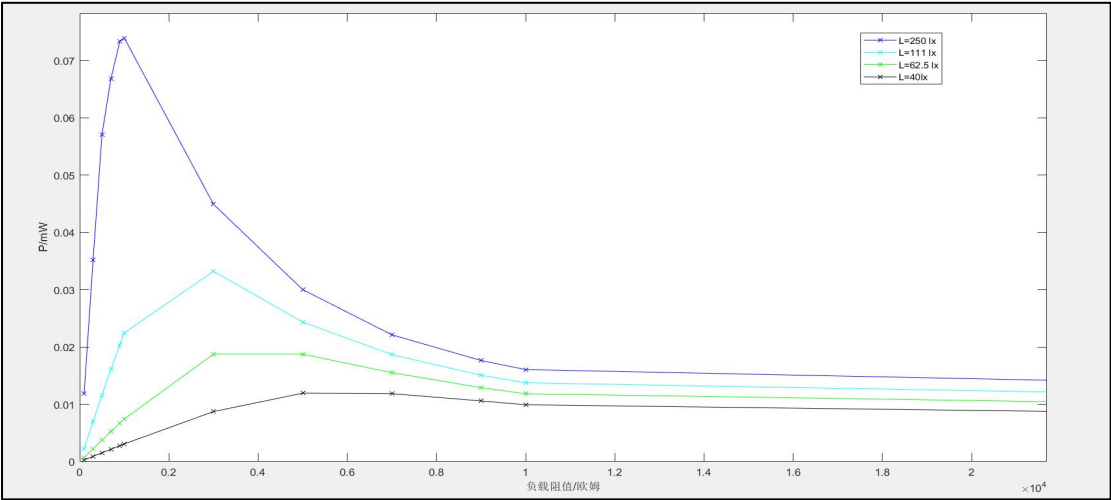


图一 硅光电池正向偏压时的I-U特性曲线

由表二，得到不加偏压时不同L不同 $R_L$ 下硅光电池的I-U、 $P-R_L$ 曲线分别见图二图三：



图二 不加偏压时不同L不同 $R_L$ 下硅光电池的I-U曲线

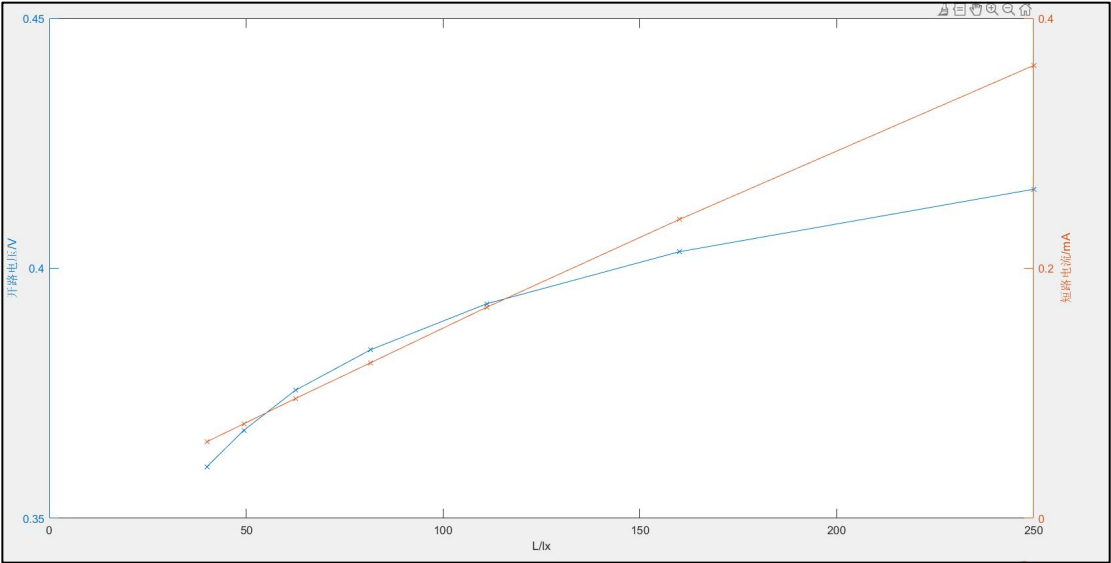


图三 不加偏压时不同L不同 $R_L$ 下硅光电池的 $P-R_L$ 曲线

根据图二图三，可得不同光照下短路电流、开路电压以及最大输出功率，最佳负载电阻，填充因子如下表：

不同光照下短路电流、开路电压以及最大输出功率，最佳负载电阻，填充因子				
d/cm	20	30	40	50
L/lx	250.0	111.1	62.5	40.0
$U_{oc}/V$	0.4120	0.3880	0.3722	0.3550
$I_{sc}/mA$	0.3510	0.1508	0.0846	0.0543
$P_m/mW$	0.0739	0.0332	0.0188	0.0119
$R_n/\Omega$	1000	3000	3000	5000
FF	0.5112	0.5678	0.5952	0.6196

由表三，得到不同光照下硅光电池的 $U_{oc} - L$ 、 $I_{sc} - L$ 曲线如图四：



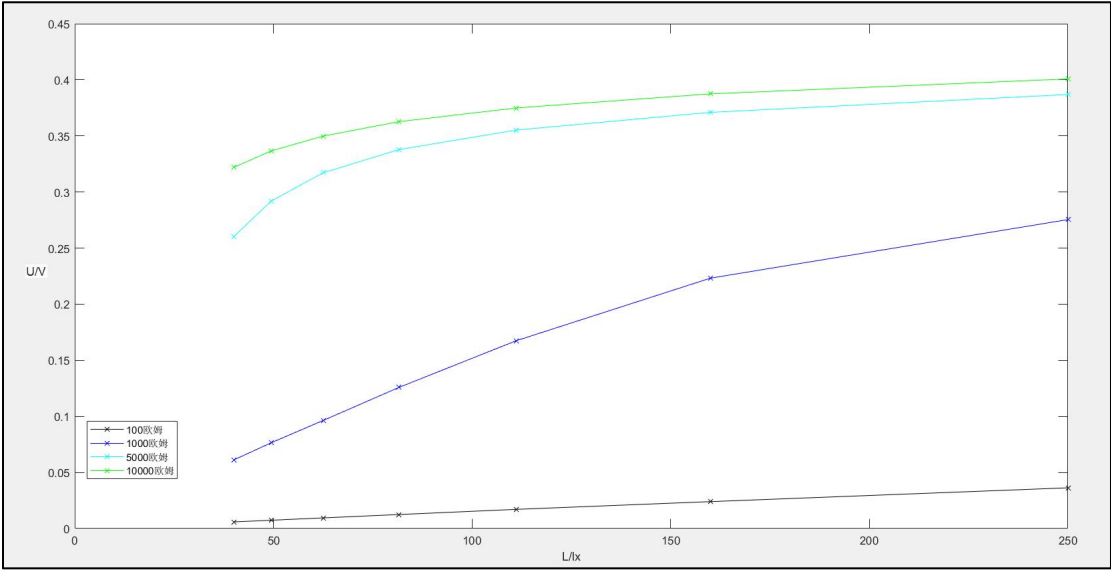
图四 不同光照下硅光电池的 $U_{oc} - L$ 、 $I_{sc} - L$ 曲线

根据matlab的拟合，可得

$$I_{sc} = (0.001435L + 0.006271) mA$$

$$U_{oc} = (33.13 \ln L - 8.283) V$$

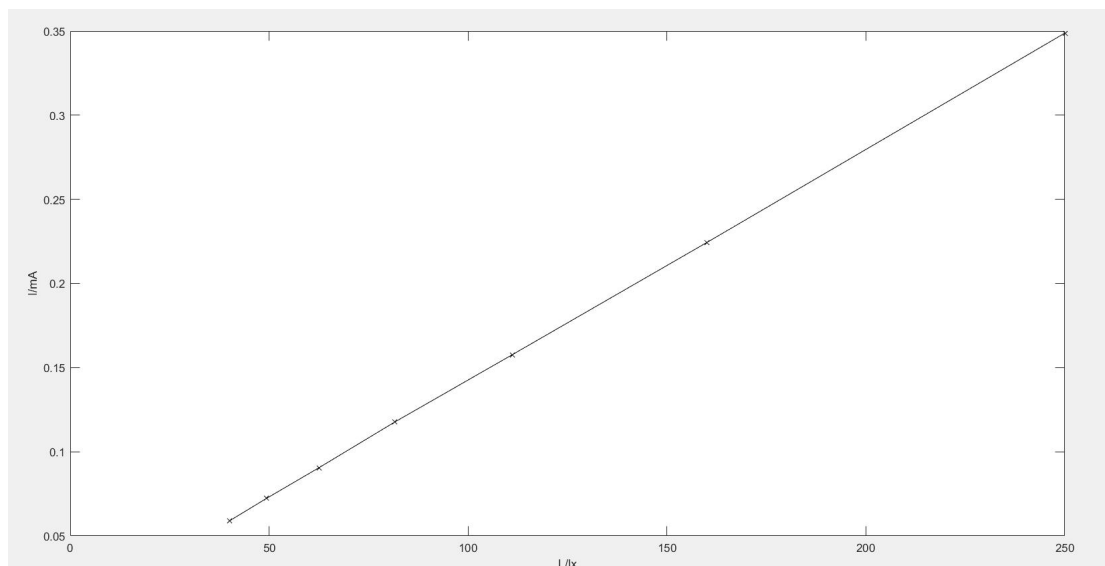
由表四，不同负载下硅光电池U - L曲线如图五：



图五 不同负载下硅光电池U - L曲线

显然，一定光照强度下，负载越大，硅光电池输出电压越大。

由表五，得到在反向偏压下，硅光电池I - L曲线如图六：



图六 反向偏压下，硅光电池I – L曲线

## 误差分析

图一多个点不在拟合曲线上，误差可能产生于对电流表读数的不准确。此外，对溴钨灯距硅光电池的距离的粗略测量，溴钨灯光照强度的粗略定标也会对实验造成影响。

## 实验讨论

测量短路电流时我们采用测量小电阻电压的方式，相较于电桥法，简化了试验复杂程度，而得到了误差可以忽略的数据，体现了物理实验设计的简便性原则，同时并不违背科学性原则。

## 思考题

1，光电池工作时为什么要处于零偏或反偏？

当硅光电池处于零偏或反偏时，内电场可以收集产生的光载流子，而正偏时，载流子形成电流，正负光生载流子在外电场下相遇湮灭。

2，当增加光照强度时，硅光电池那些参数发生变化？

由前文实验知，开路电压 $U_{OC}$ 、短路电流 $I_{SC}$ 、填充因子FF会随光照强度变化而变化。