

实验报告

姓名 李霄奕 日期 2022 年 4 月 24 日 No. PB21511897 评分:

实验题目： 硅光电池特性研究

实验目的：

- 了解硅光电池工作原理
- 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。

- P-N 结偏置特性：P-N 具有单向导电性
- 光伏效应：当有光照时，电池对光子吸收，产生载流子
- 硅光电池的基本特性
 - 伏安特性

I 无偏压工作状态，光电流随负载变化很大

II 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）

(2) 照度特性

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{qU}{k_B T} \right) - 1 \right]$$

式中 I_{ph} 是与入射光的强度成正比的光生电流，其比例系数与负载电阻的大小及硅光电池的结构特性有关。

(3) 输出特性

填充因子 FF 为表征硅光电池性能优劣的一个重要参数，其定义为：

$$FF \equiv \frac{P_m}{U_{oc} I_{SC}} = \frac{U_m I_m}{U_{oc} I_{SC}}$$

实验数据：

1.硅光电池暗伏安特性测量

在没有光照（全黑）下，测量硅光电池正向偏压时 I-U 特性曲线，取 20 点

电压U(V)	1.165	1.154	1.141	1.125	1.106	1.096	1.084	1.064	1.049	1.034
电流I(mA)	19.80	19.04	18.20	17.20	16.00	15.40	14.60	13.40	12.60	11.80
电压U(V)	1.020	1.004	0.988	0.969	0.964	0.927	0.898	0.864	0.840	0.803
电流I(mA)	11.00	10.20	9.40	8.60	8.00	7.00	6.00	5.00	4.40	3.60

2.硅光电池输出特性测量

不加偏压，用溴钨灯照射硅光电池，溴钨灯到硅光电池的距离(d)为 50 cm 时，光照强度(L)为 40 lx；电阻箱作为负载。

(1)测量不同光强 L、负载 R_L 下硅电池的工作电压 U ，求出工作电流 I 和功率 P

d=20cm L=250Lx 量程2V	$R_L(\Omega)$	50	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
	$U(V)$	0.013	0.053	0.079	0.105	0.131	0.156	0.180	0.202	0.222	0.240	0.325
	$I(mA)$	0.260	0.265	0.263	0.263	0.262	0.260	0.257	0.253	0.247	0.240	0.163
	$P(mW)$	0.003	0.014	0.021	0.028	0.034	0.041	0.046	0.051	0.055	0.058	0.053
	$R_L(\Omega)$	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	15000	20000	∞
	$U(V)$	0.352	0.365	0.372	0.377	0.380	0.383	0.385	0.387	0.392	0.394	0.401
	$I(mA)$	0.117	0.091	0.074	0.063	0.054	0.048	0.043	0.039	0.026	0.020	0.000
	$P(mW)$	0.041	0.033	0.028	0.024	0.021	0.018	0.016	0.015	0.010	0.008	0.000

d=30cm L=111Lx 量程2V	$R_L(\Omega)$	50	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
	$U(V)$	0.006	0.024	0.036	0.048	0.060	0.073	0.085	0.097	0.108	0.120	0.232
	$I(mA)$	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.122	0.121	0.121	0.120	0.120	0.116
	$P(mW)$	0.001	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.014	0.027
	$R_L(\Omega)$	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	15000	20000	∞
	$U(V)$	0.300	0.322	0.336	0.344	0.350	0.354	0.357	0.360	0.367	0.370	0.380
	$I(mA)$	0.100	0.081	0.067	0.057	0.050	0.044	0.040	0.036	0.024	0.019	0.000
	$P(mW)$	0.030	0.026	0.023	0.020	0.018	0.016	0.014	0.013	0.009	0.007	0.000

d=40cm L=62.5Lx 量程 200mV(0-1k Ω) 2V(1k- ∞ Ω)	$R_L(\Omega)$	50	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
	$U(V)$	0.003	0.014	0.021	0.028	0.035	0.042	0.049	0.056	0.063	0.069	0.138
	$I(mA)$	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.069	0.069
	$P(mW)$	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.010
	$R_L(\Omega)$	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	15000	20000	∞
	$U(V)$	0.203	0.256	0.288	0.306	0.317	0.325	0.330	0.334	0.346	0.351	0.365
	$I(mA)$	0.068	0.064	0.058	0.051	0.045	0.041	0.037	0.033	0.023	0.018	0.000
	$P(mW)$	0.014	0.016	0.017	0.016	0.014	0.013	0.012	0.011	0.008	0.006	0.000

d=50cm L=40Lx 量程 200mV(0-1k Ω) 2V(1k- ∞ Ω)	$R_L(\Omega)$	50	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
	$U(V)$	0.002	0.009	0.013	0.018	0.022	0.027	0.031	0.035	0.040	0.044	0.088
	$I(mA)$	0.045	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
	$P(mW)$	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004
	$R_L(\Omega)$	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	15000	20000	∞
	$U(V)$	0.132	0.174	0.212	0.244	0.268	0.284	0.295	0.303	0.323	0.331	0.351
	$I(mA)$	0.044	0.044	0.042	0.041	0.038	0.036	0.033	0.030	0.022	0.017	0.000
	$P(mW)$	0.006	0.008	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009	0.007	0.005	0.000

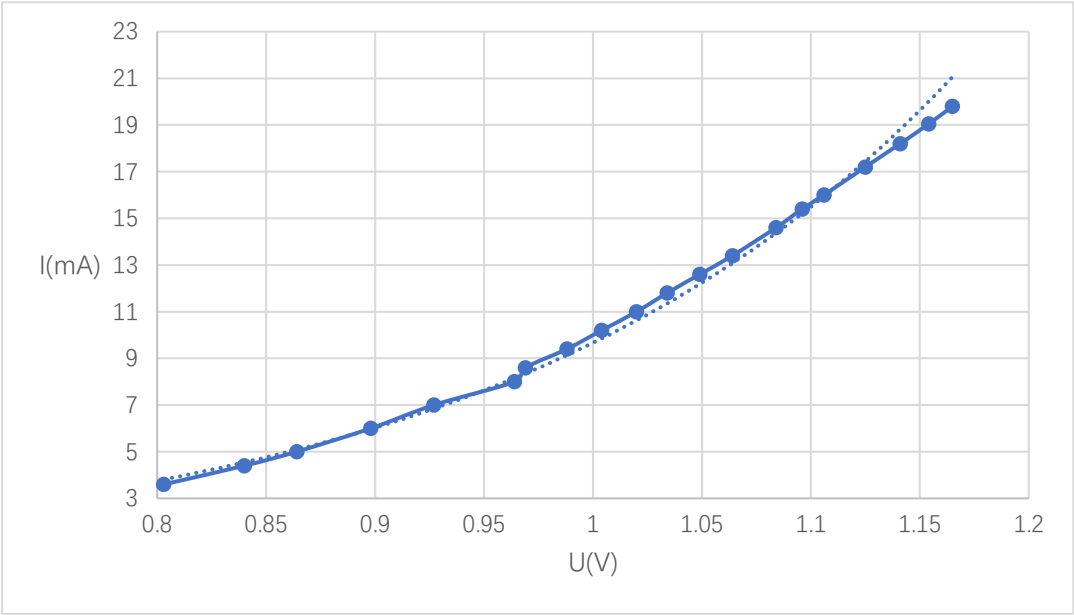
3.不同光照下的短路电流 I_{sc} ，开路电压 U_{oc} (串联电阻 $R=50\Omega$)

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
开路电压 $U_{oc}(V)$	0.403	0.391	0.381	0.372	0.364	0.357	0.350
短路电压 $U_{sc}(mV)$	13.31	8.63	6.10	4.50	3.46	2.75	2.27
短路电流 $I_{sc}(mA)$	0.266	0.173	0.122	0.090	0.069	0.055	0.045

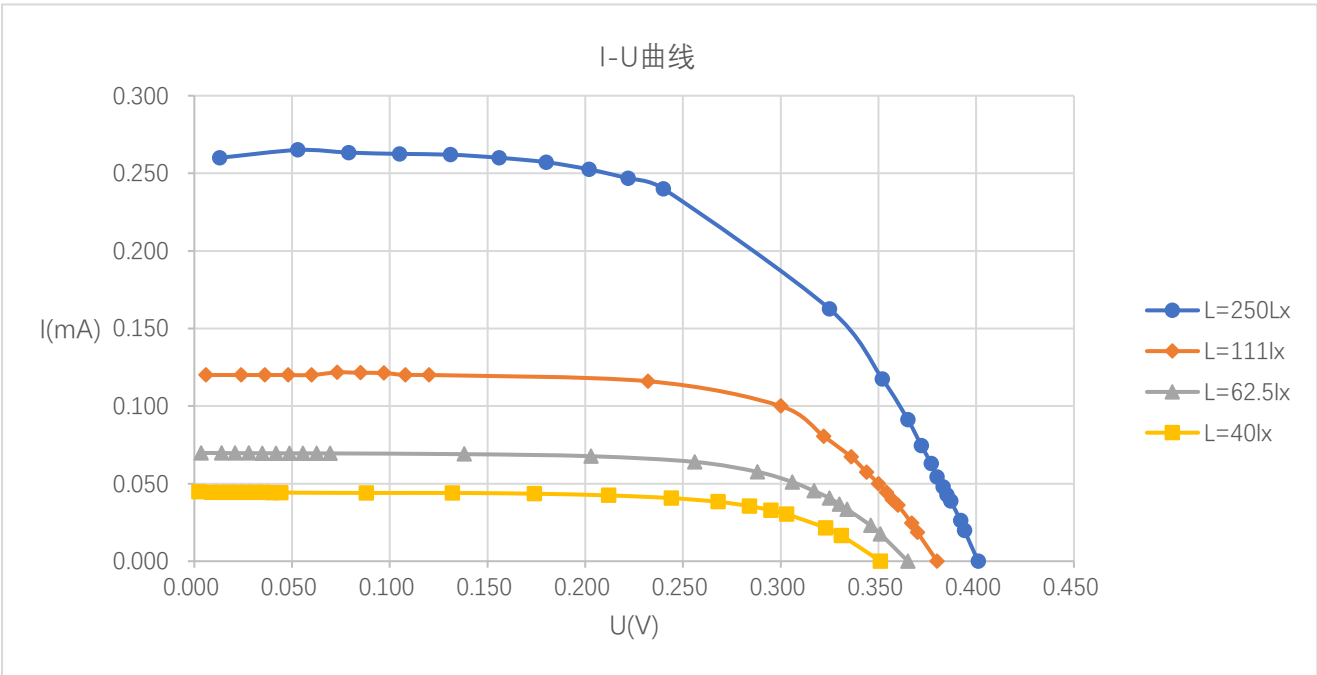
4.不同负载下硅光电池输出电压 U 与光照 L 特性测量

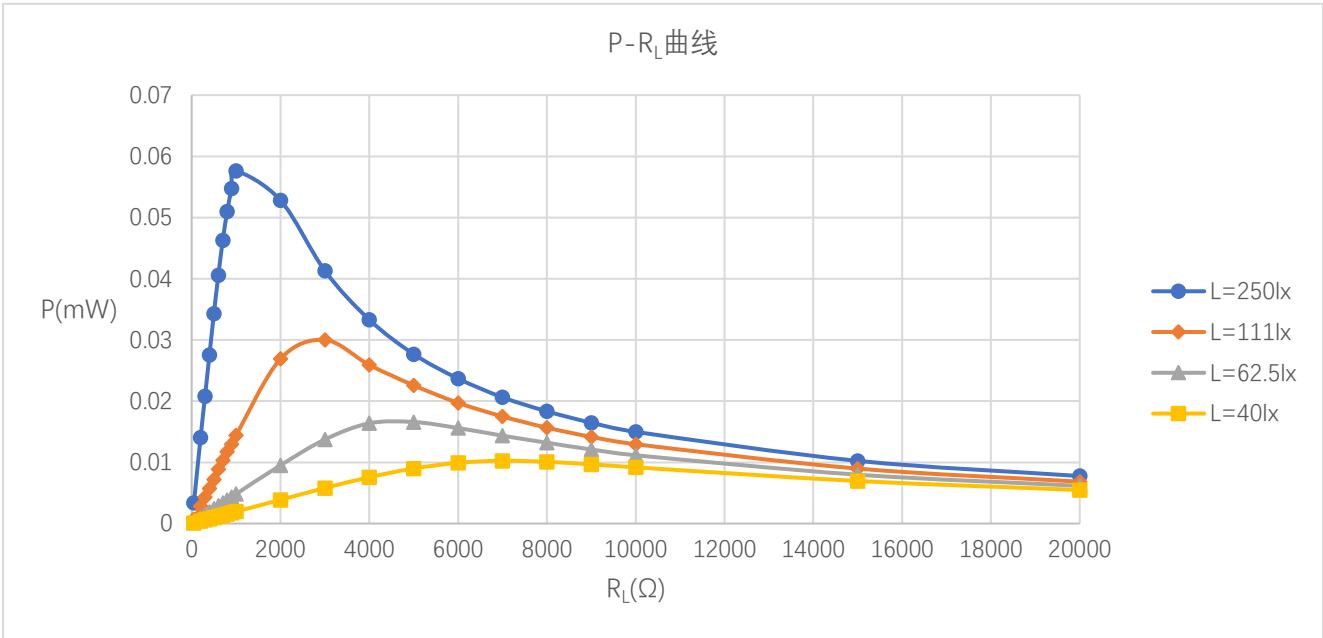
	d(cm)	20	25	30	35	40	45	50
	L(x)	250	160	111.1111	81.63265	62.5	49.38272	40
100Ω	U(V)	0.0263	0.0171	0.0119	0.0087	0.0067	0.0053	0.0042
	I(mA)	0.2630	0.1710	0.1190	0.0870	0.0670	0.0530	0.0420
1000Ω	U(V)	0.2416	0.1710	0.1199	0.0897	0.0693	0.0546	0.0444
	I(mA)	0.2416	0.1710	0.1199	0.0897	0.0693	0.0546	0.0444
5000Ω	U(V)	0.3757	0.3575	0.3378	0.3164	0.2888	0.2525	0.3038
	I(mA)	0.0751	0.0715	0.0676	0.0633	0.0578	0.0505	0.0608
10000Ω	U(V)	0.3903	0.3758	0.3617	0.3489	0.3353	0.3204	0.3038
	I(mA)	0.0390	0.0376	0.0362	0.0349	0.0335	0.0320	0.0304

数据处理：1.暗伏安特性曲线



2.光照下的 I-U、P-R_L 曲线

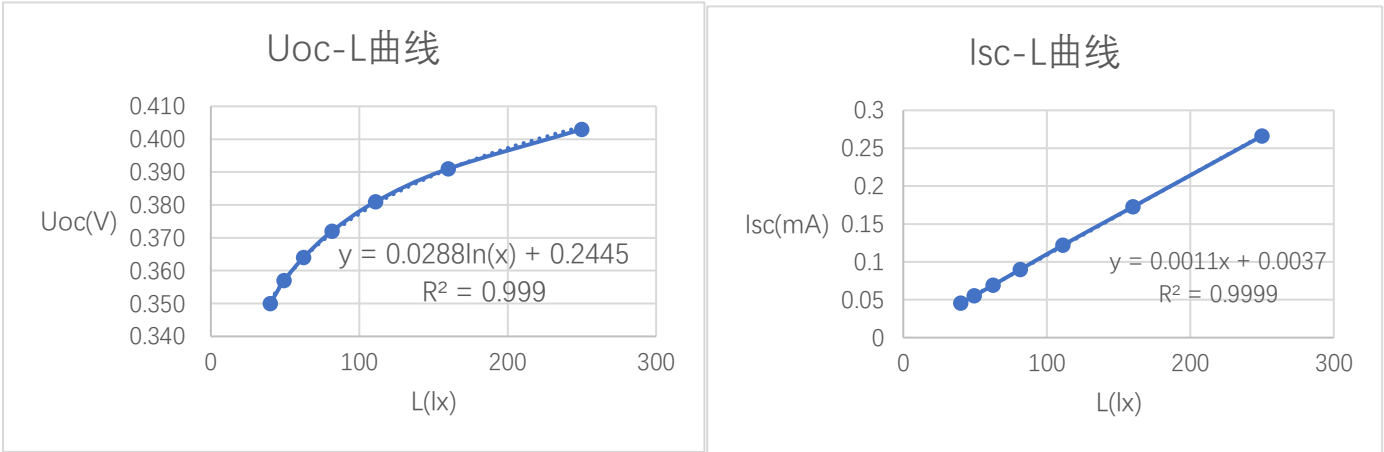




3. 不同光照下的最大输出功率 P_m ，对应最佳负载电阻 R_m ，填充因子 FF

$L(\text{lx})$	250.00	111.11	62.50	40.00
$R_m(\Omega)$	1000.00	3000.00	5000.00	7000.00
$P_m(\text{mW})$	0.06	0.03	0.02	0.01
开路电压 $U_{oc}(\text{V})$	0.40	0.38	0.36	0.35
短路电流 $I_{sc}(\text{mA})$	0.27	0.12	0.07	0.05
填充因子FF	0.54	0.65	0.66	0.65

4. U_{oc} - L 图像、 I_{sc} - L 图像及拟合函数式



可以看出，两张图的 R^2 值均达到 0.99，拟合效果极好。

思考题：

1. 光电池在工作时为什么要处于零偏或反偏？

当硅光电池 PN 结处于零偏或反偏时，在它们的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和非本征吸收都产生光生载流子，但如果是正偏则不会有这种现象，即光电池不工作。

2. 当增加光照强度，硅光电池的哪些参数发生变化？

开路电压、短路电流增大，最佳负载电阻增大，填充因子增大或减小