

# 综合物理实验报告——光电传感器综合实验

物理 4+4      胡喜平      U201811966      hxp201406@gmail.com      <https://hxp.plus/>

**摘要：**光电传感器是一种能将光信号转化为电信号的电子器件，在测量光强的方面有广泛的应用。本实验探究光敏电阻、硅光电池、光电二极管、光电三极管的特性。

**关键词：**光电传感器、光敏电阻、硅光电池、光电二极管、光电三极管

## 一、引言

### 【实验目的】

将光敏电阻、硅光电池、光电二极管、光电三极管连入电路，用不同的光强照射，测量它们的性质。

## 二、实验内容与数据处理

### 【实验原理】

**光敏电阻：**当光照射到光敏电阻上时，价电子迁移到导带，价带中留下空穴，导致电导率发生改变。电导率的变化为

$$\Delta\sigma = \Delta p \cdot e \cdot \mu_p + \Delta n \cdot e \cdot \mu_n$$

其中  $\Delta p$  是空穴浓度， $\Delta n$  是电子浓度， $e$  是电子电量， $\Delta\sigma$  是电导率的变化，其余为常数。

因此在没有光照的情况下，光敏电阻的电阻很大，有光照的情况下，光敏电阻的电阻小。在有光照的情况下，加电压生成**光电流**。

$$I_{ph} = \frac{A}{d} \cdot \Delta\sigma \cdot U$$

光照强度一定时，光电流和电压呈正比。电压一定时，光照强度越大，光电流越大。但是光照强度和光电流不是线性关系，逐渐增大光照强度时，初期光电流迅速增加，后期光电流增加缓慢。

**硅光电池：**硅光电池工作时，需要零偏或者反偏。当加入反偏电压  $V$  时

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right] + I_p$$

$I_s$  是饱和电流， $I_p$  是光电流。当  $V = 0$  时， $I = I_p$ 。实验中  $V > 0$ ， $I = I_s - I_p$ 。其中光电流与光的功率的关系为

$$I_p = RP_i$$

$P_i$  为光的功率。

硅光电池的**短路电压**、**短路电流**为光电池直接串联电压表或电流表时测得的电压和电流。硅光电池的**负载特性**为：低负载时电流大电压小，高负载时电流小电压大。

**光敏二极管与三极管**：在没有光照的条件下，光敏二极管和三极管的**饱和反向漏电流**小，称为暗电流。在有光的条件下，**饱和反向漏电流**大，且会随着电阻变化。此时光电流与偏压的关系成为伏安特性。

### 【实验内容】

- 测量**光敏电阻**的伏安特性曲线和光照特性曲线。
- 测量**光敏二极管**的伏安特性曲线和光照特性曲线。
- 测量**硅光电池**的伏安特性曲线和光照特性曲线。
- 测量**光敏三极管**的伏安特性曲线和光照特性曲线。

### 【实验结果的分析和结论】

#### 【光敏电阻的伏安特性测量】

测量时串联的电阻为  $981.3\Omega$

电源电压 (V)	2.002	4.002	6.002	7.002	8.000	10.009	12.005
电阻两端电压 (V)	0.2211	0.4438	0.6678	0.7803	0.8928	1.1203	1.3470
光敏电阻阻值 ( $k\Omega$ )	7.9041	7.8676	7.8384	7.8244	7.8117	7.7858	7.7644

表 1: 光敏电阻伏安特性测量：光照度 1003Lux

电源电压 (V)	2.0030	4.003	6.002	7.005	8.008	10.004	12.000
电阻两端电压 (V)	0.3641	0.7288	1.0958	1.2809	1.4665	1.8372	2.2107
光敏电阻阻值 ( $k\Omega$ )	4.4171	4.4086	4.3936	4.3852	4.3772	4.3621	4.3453

表 2: 光敏电阻伏安特性测量：光照度 2500Lux

电源电压 (V)	2.0028	4.000	6.009	7.0007	8.003	10.005	12.007
电阻两端电压 (V)	0.5054	1.0083	1.5192	1.7731	2.0271	2.5400	3.0558
光敏电阻阻值 ( $k\Omega$ )	2.9074	2.9116	2.9001	2.8931	2.8929	2.8840	2.8745

表 3: 光敏电阻伏安特性测量：光照度 5000Lux

电源电压 (V)	2.007	4.000	6.007	7.006	8.000	10.001	12.000
电阻两端电压 (V)	0.5995	1.9963	1.8001	2.1010	2.4011	3.0077	3.6160
光敏电阻阻值 ( $k\Omega$ )	2.3039	0.9849	2.2933	2.2909	2.2882	2.2817	2.2752

表 4: 光敏电阻伏安特性测量：光照度 7500Lux

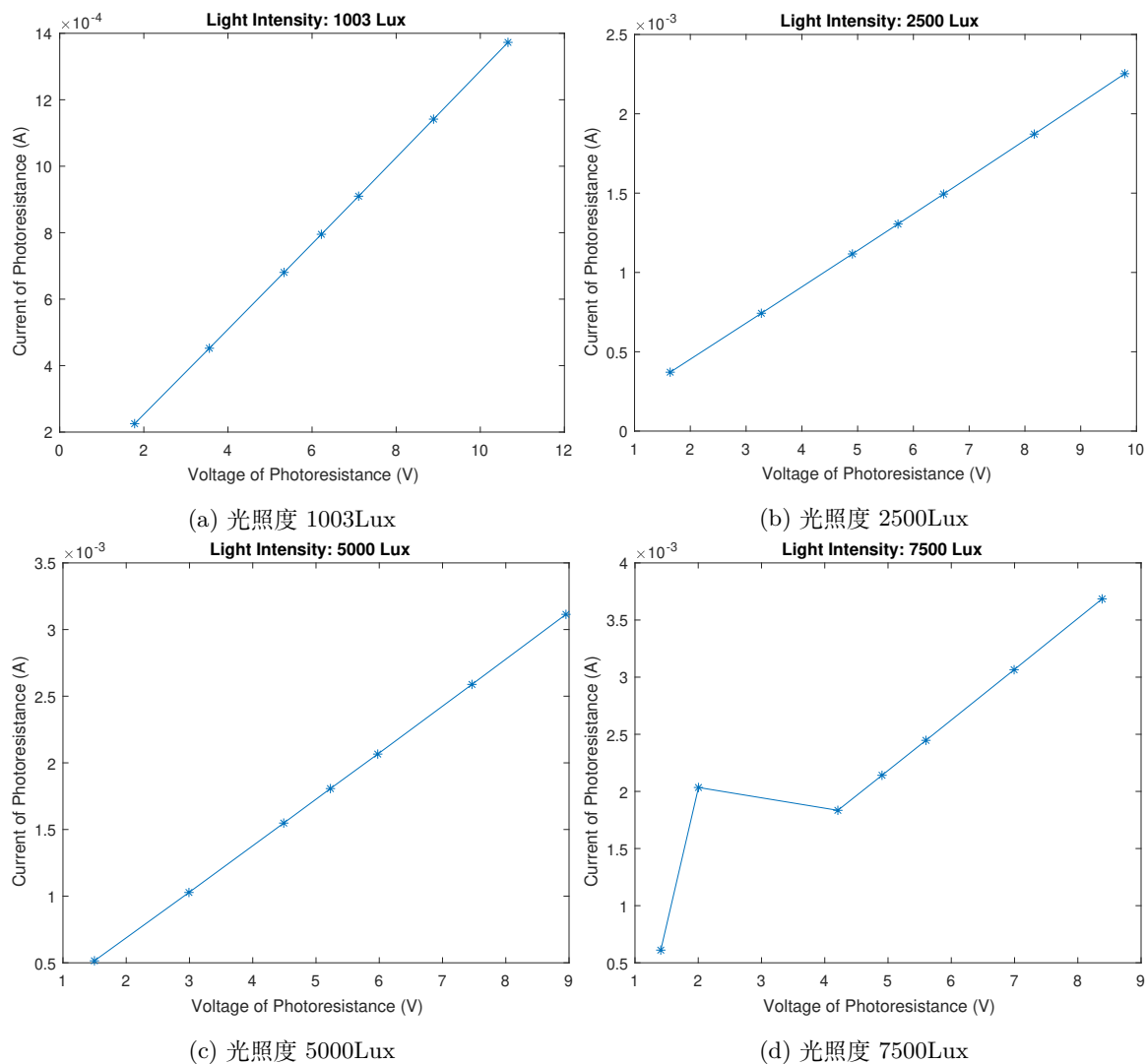


图 1: 光敏电阻伏安特性测量

## 【光敏电阻的光照特性测量】

测量时串联的电阻为  $981.3\Omega$

光照强度 (Lux)	509	1002	1501	2000	2500	3000
电源电压 (V)	2.160	2.253	2.324	2.386	2.448	2.499
电阻两端电压 (V)	1.5823	0.2488	0.3224	0.3866	0.4450	0.4970
光敏电阻阻值 ( $k\Omega$ )	1.2403	7.8883	6.0875	5.0766	4.4103	3.9489

表 5: 光敏电阻光照特性测量: 光敏电阻两端电压 2V

光照强度 (Lux)	509	997	1503	2000	2500	3000
电源电压 (V)	4.316	4.499	4.652	4.775	4.887	4.999
电阻两端电压 (V)	0.3173	0.4965	0.6474	0.7768	0.8900	0.9963
光敏电阻阻值 ( $10k\Omega$ )	1.2371	0.7906	0.6063	0.5053	0.4410	0.3940

表 6: 光敏电阻光照特性测量: 光敏电阻两端电压 4V

光照强度 (Lux)	509	1007	1498	2000	2500	3000
电源电压 (V)	6.476	6.752	6.973	7.166	7.338	7.502
电阻两端电压 (V)	0.4786	0.7531	0.9734	1.1696	1.3401	1.5013
光敏电阻阻值 ( $10k\Omega$ )	1.2302	0.7818	0.6049	0.5034	0.4394	0.3922

表 7: 光敏电阻光照特性测量: 光敏电阻两端电压 6V

光照强度 (Lux)	504	1001	1501	2000	2500	3000
电源电压 (V)	8.625	8.999	9.303	9.559	9.801	10.011
电阻两端电压 (V)	0.6342	1.0016	1.3004	1.5637	1.7975	2.0095
光敏电阻阻值 ( $10k\Omega$ )	1.2378	0.7838	0.6037	0.5020	0.4367	0.3907

表 8: 光敏电阻光照特性测量: 光敏电阻两端电压 8V

光照强度 (Lux)	504	1001	1499	2000	2500	3000
电源电压 (V)	10.804	11.256	11.627	11.956	12.254	12.510
电阻两端电压 (V)	0.7987	1.2554	1.6288	1.9584	2.2483	2.5132
光敏电阻阻值 ( $10k\Omega$ )	1.2286	0.7817	0.6025	0.5011	0.4365	0.3905

表 9: 光敏电阻光照特性测量: 光敏电阻两端电压 10V

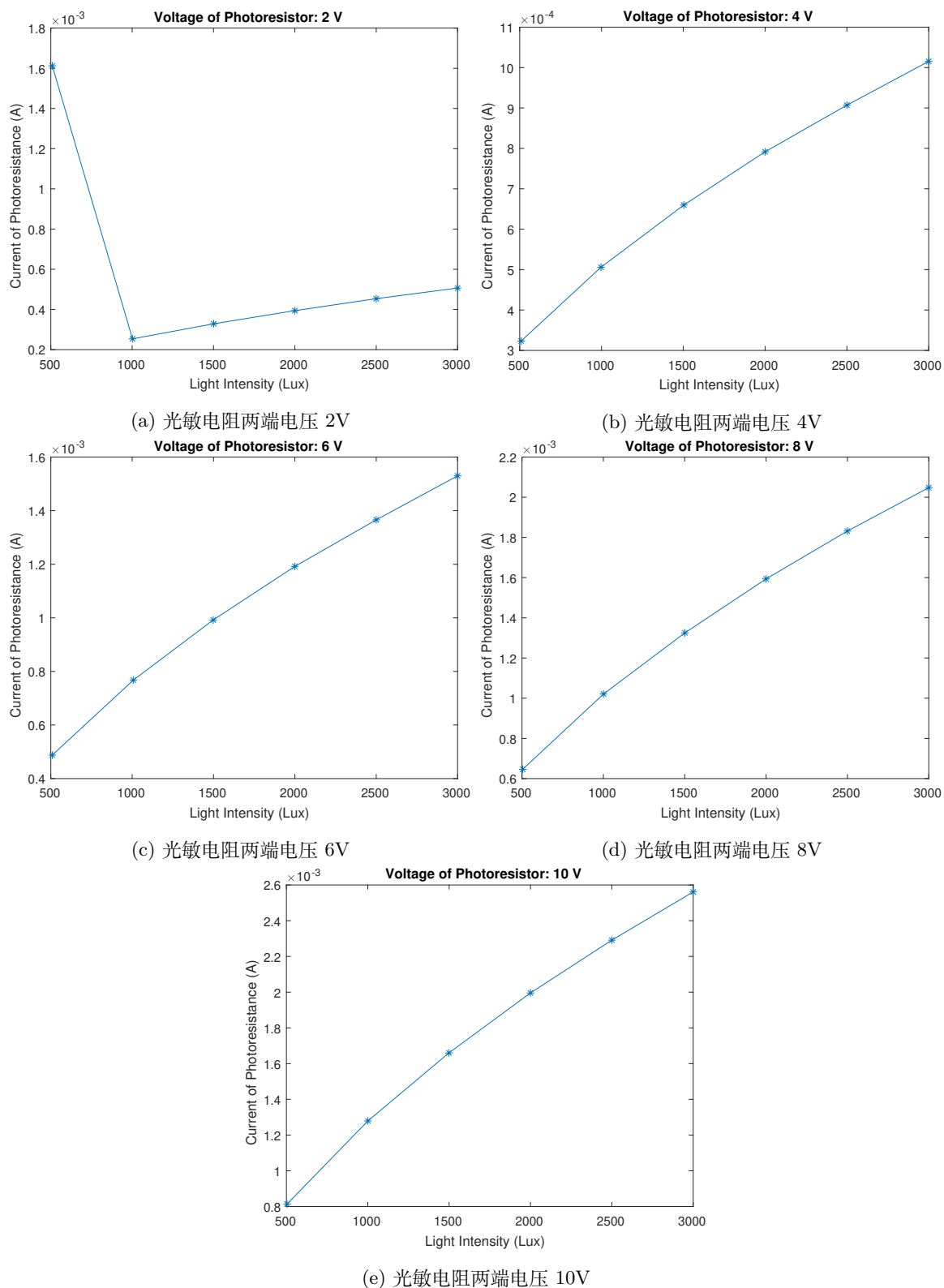


图 2: 光敏电阻光照特性测量

### 【硅光电池的伏安特性测量】

测量时取样电阻为  $100\Omega$

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	329.4	1.06	10.50	20.27	49.73	72.16	96.63

表 10: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 503Lux

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	362.5	1.89	20.38	39.32	96.03	138.18	181.21

表 11: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 1003Lux

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	379.9	2.84	30.56	58.97	143.3	201.99	253.54

表 12: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 1495Lux

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	391.7	3.79	41.07	79.26	189.56	257.23	304.8

表 13: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 2000Lux

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	400.1	4.74	51.35	99.03	231.20	298.90	336.0

表 14: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 2500Lux

负载电阻 (欧姆)	无穷	0	1000	2000	5100	7500	10000
光电压 (mV)	406.10	5.81	61.53	118.16	267.14	327.60	355.5

表 15: 硅光电池伏安特性测量: 光照度 3000Lux

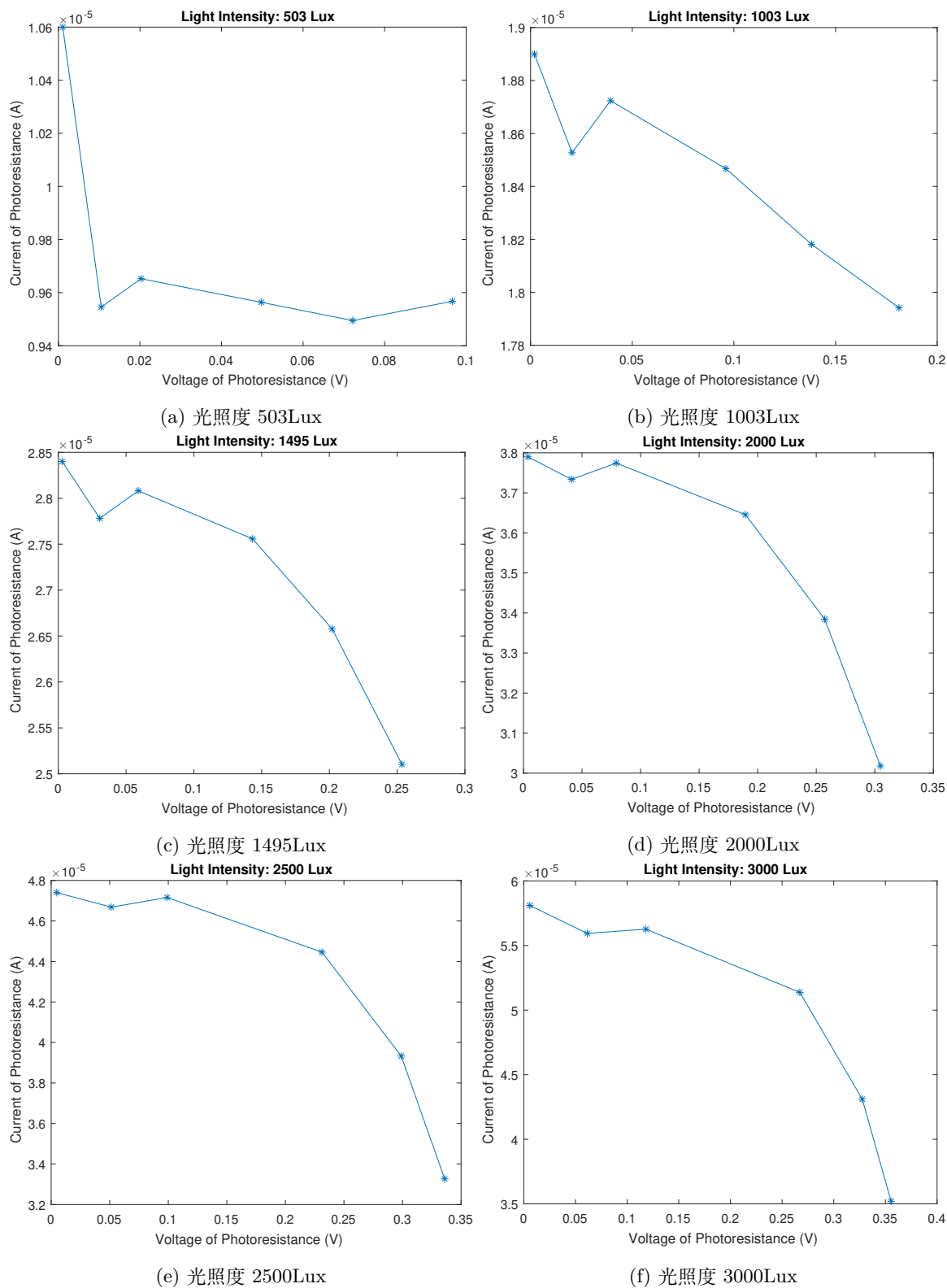


图 3: 硅光电池伏安特性测量

### 【硅光电池的光照特性测量】

光照强度 (Lux)	503	1003	1495	2000	2500	3000
短路电流 ( $10^{-2}$ mA)	1.06	1.89	2.84	3.79	4.74	5.81
开路电压 (mV)	329.4	362.5	379.9	391.7	400.1	406.10

表 16: 硅光电池光照特性测量

### 【光电二极管的伏安特性测量】

测量时串联的电阻为  $1.002M\Omega$

电源电压 (V)	0.6561	1.0113	2.0054	4.167	6.533	9.025	12.322
电阻两端电压 (mV)	135.23	135.81	137.00	138.14	138.85	140.000	140.30
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	0.3859	0.6459	1.3665	2.9223	4.6143	6.3591	8.7000

表 17: 光电二极管伏安特性测量: 光照强度 506Lux

电源电压 (V)	0.6044	1.0094	2.011	4.127	6.554	9.273	12.325
电阻两端电压 (mV)	244.45	265.03	268.52	270.53	271.90	273.30	274.58
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	0.1475	0.2814	0.6502	1.4284	2.3151	3.2996	4.3975

表 18: 光电二极管伏安特性测量: 光照强度 1008Lux

电源电压 (V)	0.6558	1.0215	2.093	4.117	6.552	9.219	12.312
电阻两端电压 (V)	0.5319	0.5403	0.5460	0.5507	0.5532	0.5562	0.5587
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	0.0233	0.0892	0.2839	0.6489	1.0866	1.5606	2.1079

表 19: 光电二极管伏安特性测量: 光照强度 2000Lux

电源电压 (V)	0.8612	1.0227	2.032	4.124	6.534	9.201	12.314
电阻两端电压 (V)	0.7940	0.7965	0.8048	0.8120	0.8166	0.8204	0.8240
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	0.0085	0.0285	0.1528	0.4087	0.7015	1.0236	1.3972

表 20: 光电二极管伏安特性测量: 光照强度 3000Lux



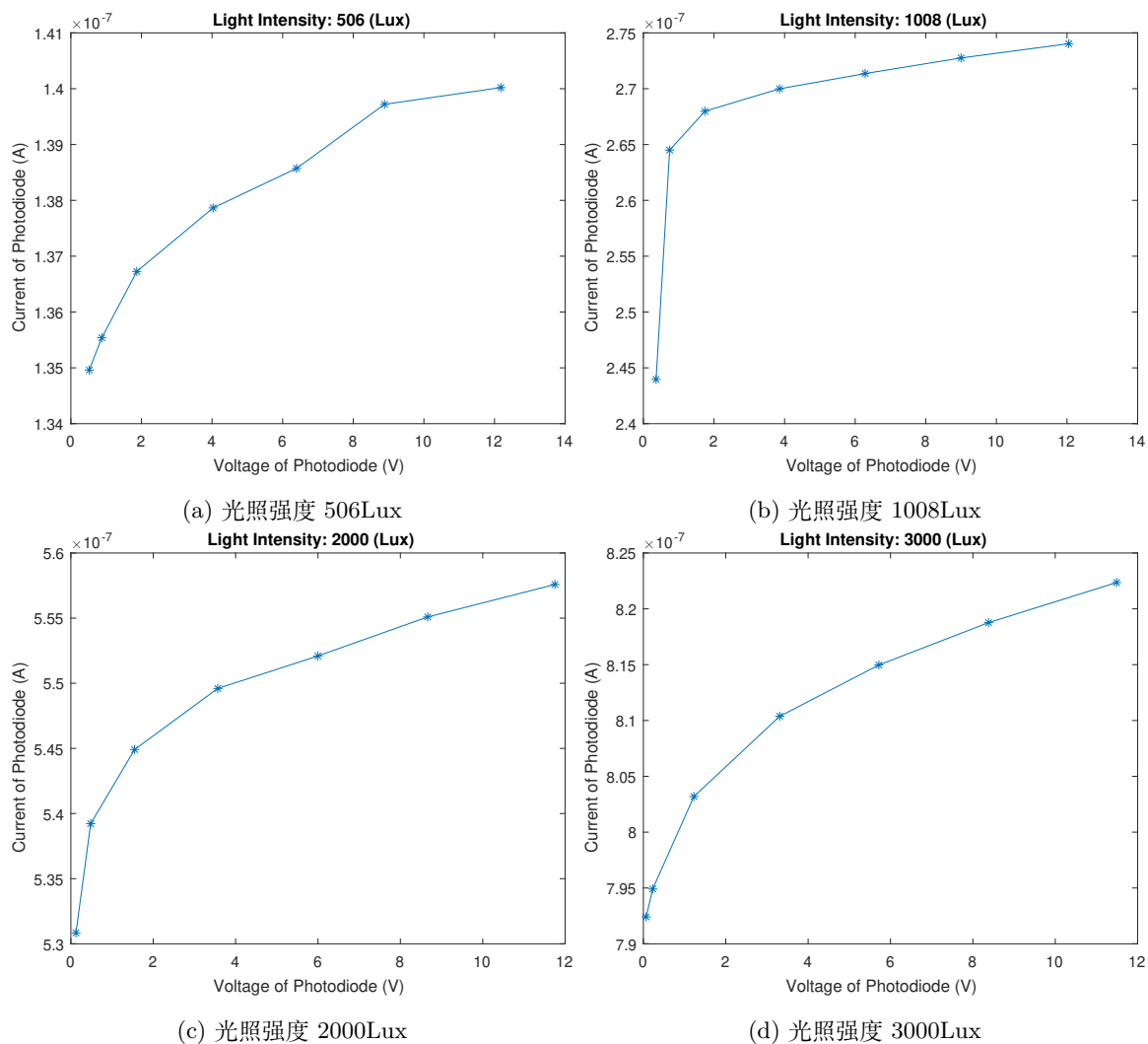


图 4: 光电二极管伏安特性测量

## 【光电二极管的光照特性测量】

测量时串联的电阻为  $1.002M\Omega$

光照强度 (Lux)	504	1008	1503	2000	2500	3000
电源电压 (V)	2.136	2.271	2.405	2.540	2.674	2.800
电阻两端电压 (V)	0.137	0.271	0.405	0.540	0.674	0.804
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	1.4628	0.7395	0.4948	0.3711	0.2973	0.2493

表 21: 光电二极管光照特性测量: 光电二极管两端电压 2V

光照强度 (Lux)	497	1008	1498	2000	2500	3000
电源电压 (V)	4.138	4.274	4.406	4.544	4.684	4.807
电阻两端电压 (V)	0.135	0.272	0.405	0.541	0.677	0.809
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	2.9689	1.4735	0.9896	0.7409	0.5920	0.4954

表 22: 光电二极管光照特性测量: 光电二极管两端电压 4V

光照强度 (Lux)	497	1005	1499	2000	2500	3000
电源电压 (V)	6.138	6.264	6.409	6.537	6.679	6.811
电阻两端电压 (V)	0.135	0.273	0.4062	0.5440	0.6774	0.8110
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	4.4533	2.2022	1.4801	1.1051	0.8875	0.7413

表 23: 光电二极管光照特性测量: 光电二极管两端电压 6V

光照强度 (Lux)	504	1000	1503	2000	2500	3000
电源电压 (V)	8.143	8.277	8.410	8.554	8.677	8.811
电阻两端电压 (V)	0.138	0.271	0.4088	0.5474	0.6804	0.8136
光电二极管电阻 ( $10M\Omega$ )	5.8087	2.9579	1.9609	1.4644	1.1781	0.9853

表 24: 光电二极管光照特性测量: 光电二极管两端电压 8V

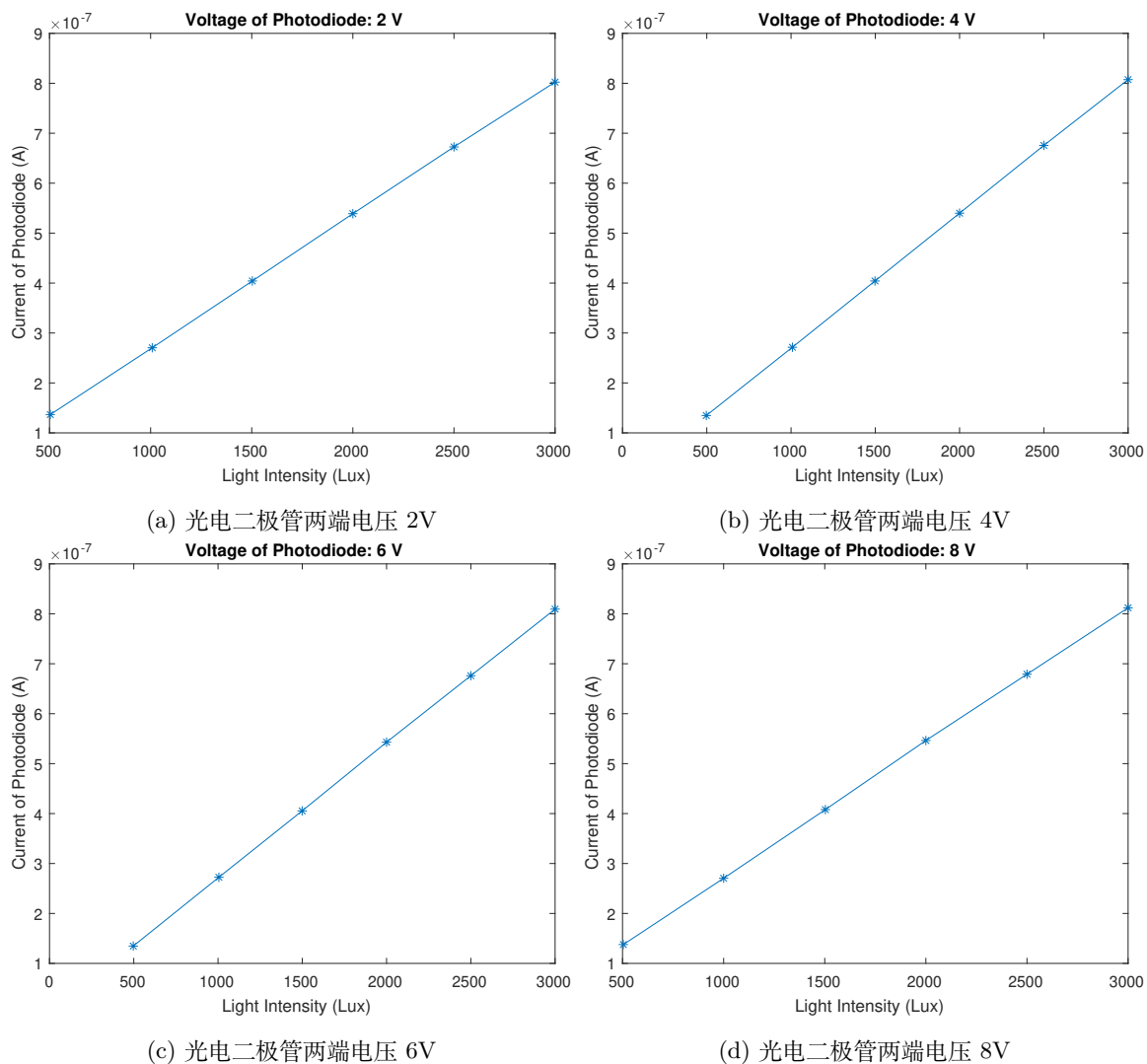


图 5: 光电二极管光照特性测量

### 【光电三极管的伏安特性测量】

测量时串联的电阻为  $203.32k\Omega$

电源电压 (V)	1.02	3.020	5.04	7.01	9.00	15.13	17.4
电阻两端电压 (mV)	0.07	0.09	0.11	0.14	0.22	5.64	7.83
光电三极管电阻 ( $M\Omega$ )	2.7593	6.6192	9.1124	9.9772	8.1143	0.3421	0.2485

表 25: 光电三极管伏安特性测量: 光照强度 517Lux

电源电压 (V)	1.01	3.03	5.05	7.06	12.8	15.08	17.06
电阻两端电压 (mV)	0.13	0.16	0.20	0.26	2.61	5.58	7.55
光电三极管电阻 ( $M\Omega$ )	1.3763	3.6471	4.9305	5.3176	0.7938	0.3462	0.2561

表 26: 光电三极管伏安特性测量: 光照强度 1002Lux

电源电压 (V)	1.04	3.50	6.02	8.52	10.06	11.05	13.00
电阻两端电压 (V)	0.19	0.25	0.34	0.51	1.17	1.54	3.53
光电三极管电阻 ( $M\Omega$ )	0.9096	2.6432	3.3966	3.1933	1.5449	1.2556	0.5455

表 27: 光电三极管伏安特性测量: 光照强度 1505Lux

电源电压 (V)	1.05	3.03	5.01	7.04	9.03	11.01	13.06
电阻两端电压 (V)	0.05	0.07	0.08	0.12	0.19	1.58	3.59
光电三极管电阻 ( $M\Omega$ )	4.066	8.598	12.530	11.725	9.460	1.213	0.536

表 28: 光电三极管伏安特性测量: 光照强度 2000Lux

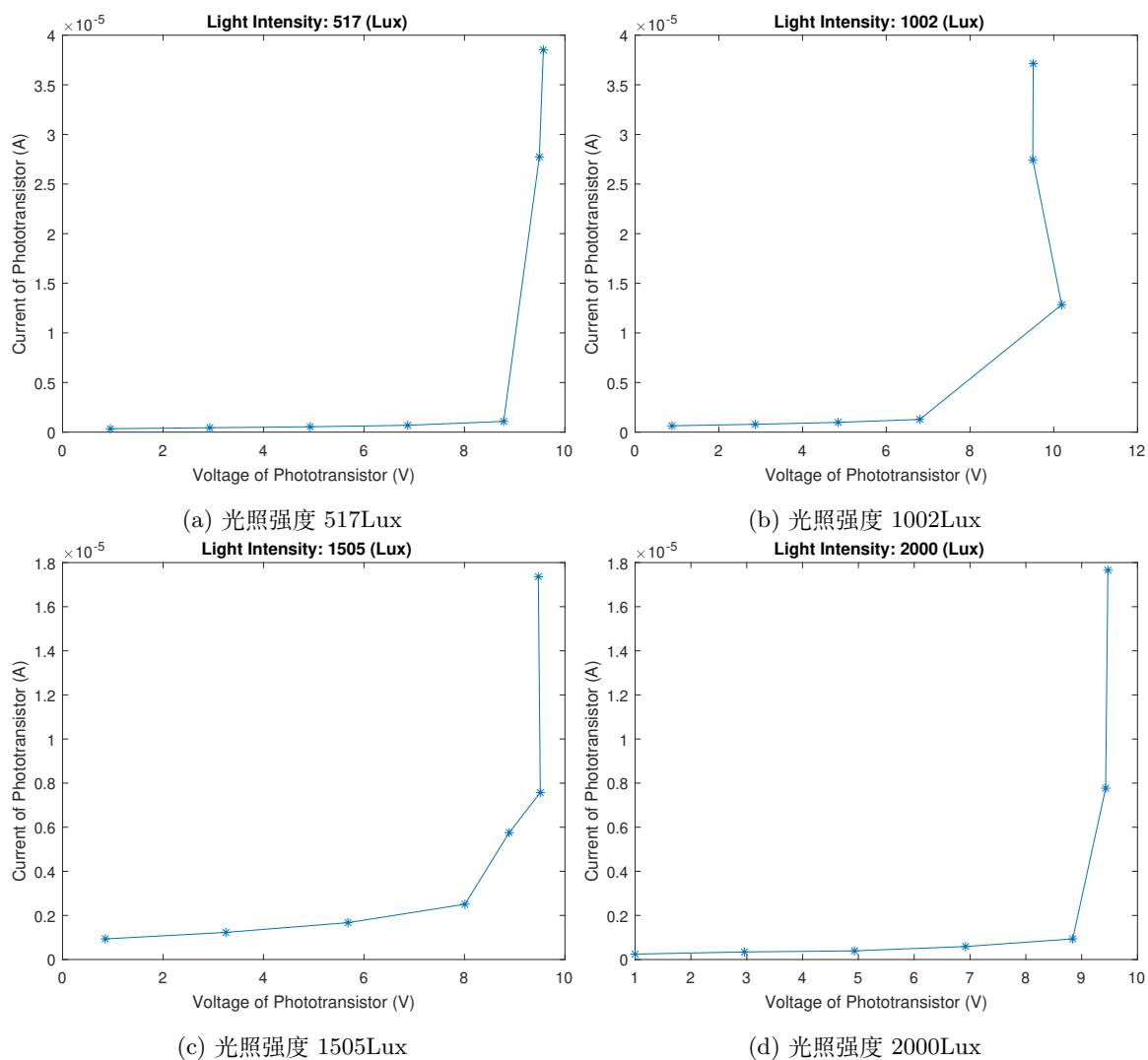


图 6: 光电三极管伏安特性测量

## 【光电三极管的光照特性测量】

测量时串联的电阻为  $203.32k\Omega$

光照强度 (Lux)	505	1000	1505	2000	2500	3000
电源电压 (V)	2.02	2.03	2.04	2.06	2.07	2.09
电阻两端电压 (V)	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
光电三极管电阻 ( $10M\Omega$ )	2.0332	1.3555	1.0166	0.6777	0.5809	0.4518

表 29: 光电三极管光照特性测量: 光电三极管两端电压 2V

光照强度 (Lux)	506	1005	1508	2000	2500	3000
电源电压 (V)	4.02	4.04	4.06	4.08	4.10	4.11
电阻两端电压 (V)	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11
光电三极管电阻 ( $10M\Omega$ )	4.0664	2.0332	1.3555	1.0166	0.8133	0.7393

表 30: 光电三极管光照特性测量: 光电三极管两端电压 4V

光照强度 (Lux)	506	1002	1498	2000	2500	3000
电源电压 (V)	6.03	6.05	6.08	6.10	6.13	6.15
电阻两端电压 (V)	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15
光电三极管电阻 ( $10M\Omega$ )	4.0664	2.4398	1.5249	1.2199	0.9384	0.8133

表 31: 光电三极管光照特性测量: 光电三极管两端电压 6V

光照强度 (Lux)	509	1001	1508	2000	2500	3000
电源电压 (V)	8.04	8.07	8.11	8.15	8.19	8.22
电阻两端电压 (V)	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22
光电三极管电阻 ( $10M\Omega$ )	4.0664	2.3237	1.4787	1.0844	0.8561	0.7393

表 32: 光电三极管光照特性测量: 光电三极管两端电压 8V

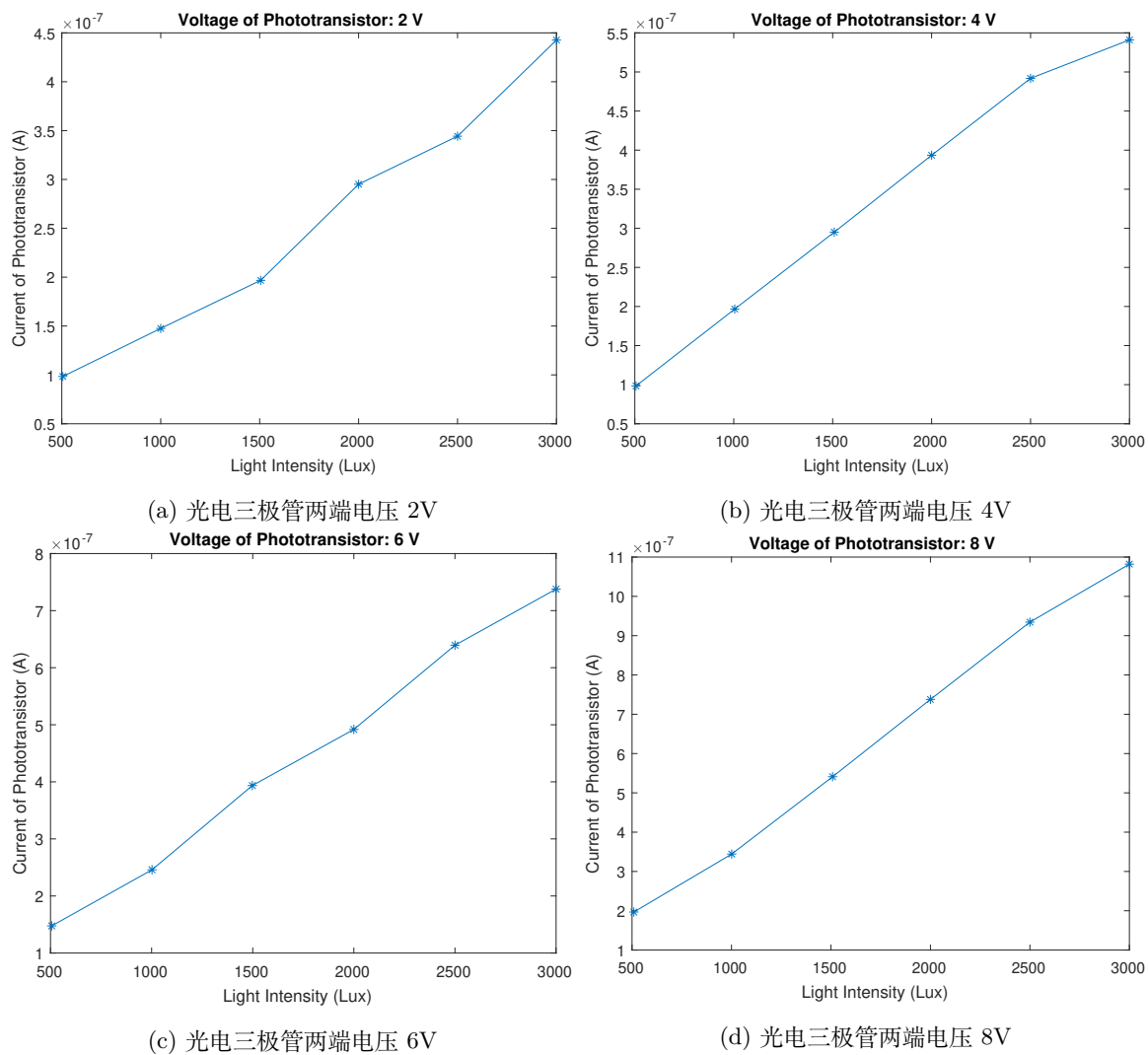


图 7: 光电三极管光照特性测量

### 三、参考文献

综合物理实验讲义