

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2414050120 姓名 缪雨轩 日期：2025. 11. 19

一、实验名称：光敏传感器光电特性研究

二、实验目的：

- 了解硅光电池的基本结构、工作原理及其主要参数。
- 掌握硅光电池伏安特性曲线的测试方法。
- 研究不同光照度对硅光电池输出特性的影响，绘制伏安特性曲线和光照特性曲线。

三、实验原理：

（一）光生伏特效应

硅光电池是一种利用光生伏特效应将光能直接转化为电能的半导体器件。当能量大于禁带宽度的光子照射到 PN 结上时，价带电子吸收光子能量跃迁到导带，产生电子-空穴对。在 PN 结内建电场的作用下，光生电子向 N 区漂移，光生空穴向 P 区漂移，从而在 PN 结两侧产生异性电荷积累，形成光生电动势。

（二）硅光电池的伏安特性

硅光电池的等效电路可视为一个恒流源（光生电流 I_{ph} ）与一个二极管并联。当外接负载 R_L 时，流过负载的电流 I 为：

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

式中， I_{ph} 为光生电流（与入射光通量成正比）， I_D 为二极管正向电流， I_0 为反向饱和电流， V 为结电压（即输出电压 U_o ）。

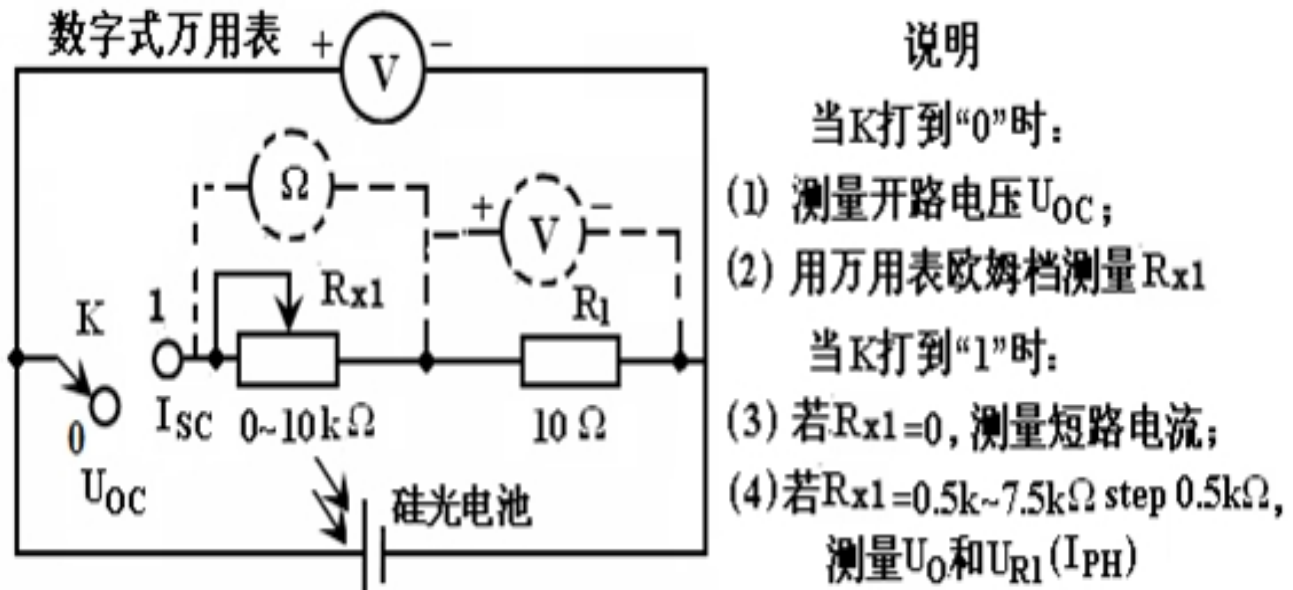
- 短路电流(I_{sc})**：当负载电阻 $R_L \rightarrow 0$ 时， $V \approx 0$ ，此时 $I \approx I_{ph}$ 。短路电流与光照度呈良好的线

性关系。

- 开路电压 (U_{oc})**：当负载开路($I = 0$) 时，两端电压达到最大值。开路电压与光照度呈对数关系，即光照增强时， U_{oc} 迅速增加并趋于饱和。

（三）测试电路原理

本实验采用 FB716-III 型实验装置，测试电路如图所示：



R_{x1} ：可变负载电阻（ $0 \sim 10k\Omega$ 电位器）。

R_1 ：取样电阻，阻值为 10Ω 。

测量方法：

输出电压 U_o ：直接通过电压表测量硅光电池两端电压。

光电流 I_{ph} ：通过测量取样电阻 R_1 两端的电压 U_{R1} 间接获得。计算公式为：

$$I_{ph} = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{R1}}{10}$$

(注：若 U_{R1} 单位为 mV ，则 I_{ph} 单位为 $mA \times 0.1$ ，即 $I_{ph}(mA) = U_{R1}(mV)/10$)

四、主要仪器设备: FB716-III型 光电传感器设计性实验装置：含光学暗筒、硅光电池组件、负载电阻箱等；JK-30 型 光电传感器实验电源：提供稳定的可调光源（ $0\sim 12V$ ）；数字万用表：用于测量电压 U_o 和 U_{R1} 。

表 4 硅光电池伏安特性测试数据($L = 9cm$)

Rn(kΩ)	0.6	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
U _o (V)	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403
U _{R1} (mV)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
I _{ph} (mA)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Rn(kΩ)	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
U _o (V)	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.404	0.404
U _{R1} (mV)	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
I _{ph} (mA)	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04

七、数据处理：

根据实验数据，我们对硅光电池的伏安特性进行分析：

- 光电流计算：如上表所示，通过公式 $I_{ph} = U_{R1}/10$ 计算出了所有测试点的光电流值。
- 伏安特性分析：

在 $L = 0cm$ (强光) 条件下，随着负载电阻 R_n 从 $0.5k\Omega$ 增大到 $7.0k\Omega$ ，输出电压 U_o 维持在 $0.394V \sim 0.396V$ 之间，基本保持恒定，表现出良好的稳压特性（接近开路电压区）。此时光电流 I_{ph} 从 $0.23mA$ 迅速下降至 $0.05mA$ ，符合恒压源带负载的特征。

在 $L = 6cm$ 和 $L = 9cm$ (弱光) 条件下，光电流非常微弱（约 $0.04 \sim 0.05mA$ ），输出电压 U_o 略微上升至 $0.403V$ 左右。这表明在弱光下，硅光电池内阻变大，且负载电阻的变化对端电压的影响减小，器件更接近于理想电压源状态。

八、实验结果与讨论：

（一）实验结果：

实验成功测得了硅光电池在不同光照距离（ $0cm, 3cm, 6cm, 9cm$ ）下的伏安特性数据。

计算表明，距离光源越近（光照越强），产生的短路光电流越大（ $L = 0cm$ 时最大约为 $0.23mA$ ）；随着距离增加，光电流显著衰减（ $L = 9cm$ 时降至约 $0.05mA$ ）。

（二）结果讨论：

光照特性：数据验证了硅光电池的短路电流与光照度呈正相关关系。在应用中，若作为测量光强的传感器，应使光电池工作在短路电流状态（连接小负载）。

饱和特性：实验中观察到，无论光照强弱，开路电压（体现为 U_o 在大负载下的数值）变化幅度很小（约在 $0.39V \sim 0.40V$ 之间），这验证了开路电压与光照度呈对数关系，即光照度达到一定水平后电压极易饱和。

误差来源：在弱光（如 $L = 9cm$ ）环境下，取样电压 U_{R1} 仅为 $0.4 \sim 0.5mV$ ，数值过小，易受万用表精度和环境噪声干扰，导致计算出的光电流变化不明显（出现“台阶”状数据）。建议在弱光测试时适当增大取样电阻 R_1 的阻值以提高测量灵敏度。