

太阳能电池基本特性研究

沈金辉 物理系

2013 年 4 月 18 日

摘要：本实验旨在测量太阳能电池的一系列基本特性。研究在无光条件下，太阳能电池的正向偏压伏安特性。同时研究太阳能电池在固定光照强度下的负载特性。使用不同滤色片测量对应太阳能电池短路电流，从而推算其禁带宽度。

关键词：太阳能电池 伏安特性 光照强度

Research on solar cells' basic properties

Shen jinhui Physics

Abstract: This experiment's purpose is to research some basic characteristics of solar cells. The research is about the relation between the voltage and the electric current of the solar cells in dark environment. Meanwhile, some electric properties in fixed illumination is under research. Forbidden band width of the solar cells is measured by using glass of different colors.

Key words: solar cells Volt-Ampere characteristic illumination

1 引言

太阳能电池是通过光电效应或者光化学效应直接把光能转化成电能的装置。以光电效应工作的薄膜式太阳能电池为主流。太阳能电池又称为“太阳能芯片”或光电池，是一种利用太阳光直接发电的光电半导体薄片。它只要被光照到，瞬间就可输出电压及电流。在物理学上称为太阳能光伏，简称光伏。

太阳光照在半导体p-n结上，形成新的空穴-电子对，在p-n结电场的作用下，光生空穴流向p区，光生电子流向n区，接通电路后就形成电流。这就是光电效应太阳能电池的工作原理。太阳能发电有两种方式，一种是光-热-电转换方式，另一种是光-电直接转换方式。

太阳电池的性能参数由开路电压、短路电流、最大输出功率、填充因子、转换效率等组成。这些参数是衡量太阳能电池性能好坏的标志。

P-N结太阳能电池包含一个形成于表面的浅P-N结、一个条状及指状的正面欧姆接触、一个涵盖整个背部表面的背面欧姆接触以及一层在正面的抗反射层。当电池暴露于太阳光谱时，能量小于禁带宽度 E_g 的光子对电池输出并无贡献。能量大于禁带宽度 E_g 的光子才会对电池输出贡献能量 E_g ，大于 E_g 的能量则会以热的形式消耗掉。因此，在太阳能电池的设计和制造过程中，必须考虑这部分热量对电池稳定性、寿命等的影响。

从长远来看，随着太阳能电池制造技术的改进以及新的光-电转换装置的发明，各国对环境的保护和再生清洁能源的巨大需求，太阳能电池仍将是利用太阳辐射能比较切实可行的方法，可为人类未来大规模地利用太阳能开辟广阔的前景。

2 实验原理

2.1 结构

太阳能电池的主要结构为PN结。无光照时，太阳能电池相当于PN结，

其正向偏压下的理想伏安特性为:

$$I_d = I_0(e^{qU/nkT} - 1) \quad (1)$$

其中, I_d 为流过 PN 结的两极管电流, I_0 是无光照时的反向饱和电流, 是结上的电压, e 是电子电荷, k 是玻尔兹曼常量, T 表示热力学温度。为发射系数, 与PN结的材料结构有关, 其值在 1和2之间。

2.2 模型

太阳能电池的等效模型如下图所示(图1): R_1 、 R_2 为太阳能电池的内部等

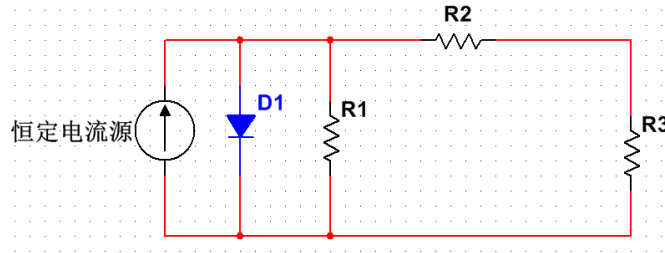


Figure 1: 太阳能电池的等效模型图

效电阻, R_3 为外部负载。在无光条件下测量太阳能电池的伏安特性曲线时, 若电流较大, 则太阳能电池的内部等效电阻为 R_2 , 若电流较小, 则太阳能电池的内部等效电阻为 $R_1 + R_2$ 。

2.3 光照

太阳能电池具有光照特性。光照下, 若入射光子的能量大于太阳能电池的禁带宽度, 光子将被吸收而产生电子-空穴对, 从而产生电流。

$$I = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_0(e^{qU/nkT} - 1) \quad (2)$$

其中, I 为太阳能电池输出的净电流, I_{ph} 为光生电流。

2.4 填充因子

填充因子FF是表征太阳能电池好坏的一个指标:

$$FF = P_{max}/(I_{sc} * U_{oc}) \quad (3)$$

其中, P_{max} 为太阳能电池的最大输出功率, U_{oc} 和 I_{sc} 分别为其开路电压和短路电流。

2.5 能量

能量大于半导体材料的禁带宽度的光子可以使太阳能电池产生光电流, 其大小为:

$$I_{ph} \propto \int_{\lambda_c}^{\lambda_0} N(\lambda)d\lambda \quad (4)$$

其中, $N(\lambda)$ 是光子数随波长分布的函数, λ_c 是滤色片的截止波长, λ_0 是能产生光电流的最大波长。通过此公式推算太阳能电池的半导体材料的禁带宽度。

3 实验装置

附接线的盒装太阳能电池、数字式万用电表2台、直流稳压电源 (0-20V) 1台 QJ2002A、电阻箱1只、白炽灯1个、光具座1根及配套的底座和支架、滤色片一套。

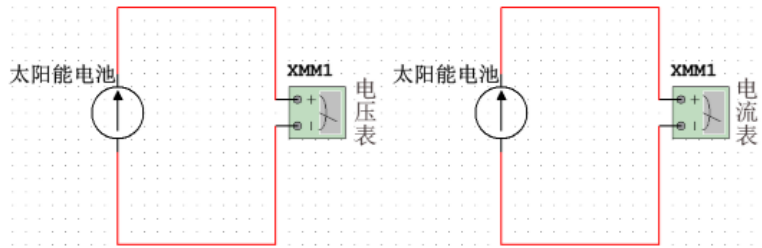


Figure 2: 太阳能电池开路电压与短路电流的测量

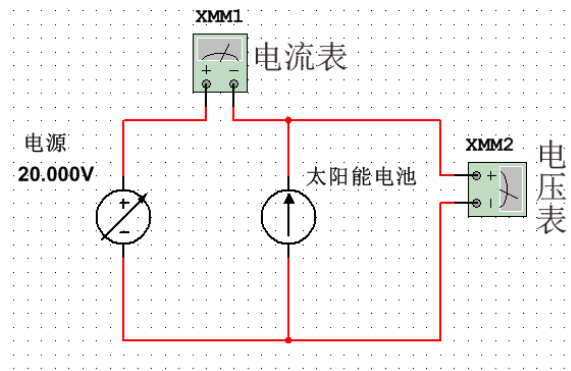


Figure 3: 太阳能电池伏安特性的测量

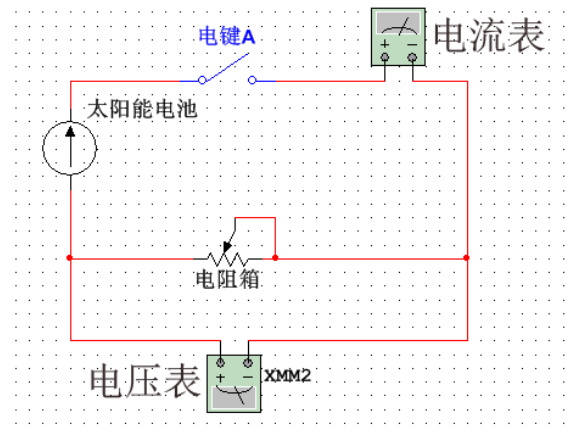


Figure 4: 太阳能电池负载特性的测量

4 实验步骤

4.1 粗略测量太阳能电池的开路电压与短路电流(图2)

4.2 在无光照条件下，测量太阳能电池正向偏压时的伏安特性(图3)

4.3 在不加偏压时，太阳能电池的负载特性(图4)

4.4 测量太阳能电池的光照特性

测量短路电流与入射于太阳能电池上光束光强的变化关系。

测量开路电压与入射于太阳能电池上光束光强的变化关系。

4.5 测量太阳能电池的禁带宽度

更换不同截止波长的滤色片，测量对应的太阳能电池短路电流。