

文章编号: 1672-8785(2011)03-0038-04

高效太阳能电池

刘永奇¹ 范君柳¹ 潘金荣¹ 罗宏¹ 徐文² 伍佳才²

(1. 苏州科技学院数理学院, 江苏 苏州 215009;

2. 苏州亿帝电子科技有限公司, 江苏 苏州 215009)

摘 要: 设计了一种可提高太阳能电池吸收太阳光的效率和有效存储能量的方法和装置。介绍了太阳能电池的伏安特性和法拉电容的充放电特性。该装置通过凹面镜实现太阳光的双面吸收, 并以法拉电容存储太阳能。和传统单面受光电池以及用蓄电池储电相比, 该装置太阳光吸收效率高、法拉电容充电时间快、放电电流大, 可广泛适用于路灯及楼道灯照明等领域。

关键词: 太阳能电池; 凹面镜; 双面吸收; 法拉电容

中图分类号: O472.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2011.03.009

Solar Cells with High Efficiency

LIU Yong-qi¹, FAN Jun-liu¹, PAN Jin-rong¹, LUO Hong¹, XU Wen², WU Jia-cai²

(1. School of Mathematics and Physics, Suzhou University of

Science and Technology, Suzhou 215009, China;

2. Suzhou YIDI Electronic Technology Company Limited, Suzhou 215009, China)

Abstract: A method and an apparatus for improving solar light absorption and energy storage of solar cells are designed. The V-A characteristics of a solar cell and the charging and discharging characteristics of a Farah capacitor are presented. The apparatus uses a concave mirror to achieve the absorption of solar light on both sides of a solar cell and uses a Farah capacitor to store the solar energy. Compared with the traditional apparatus using single-side solar cells and storage battery, this apparatus has the advantages of high absorption efficiency, fast charging and large discharging current. It can be widely used in street and corridor lighting and other related fields.

Key words: solar cell; concave mirror; two-side absorption; Farah capacitor

1 引言

在 21 世纪, 为了满足全球对能量日益增长的需求, 太阳能的研究和利用显得尤为重要。本文提出一种可提高太阳能电池吸收太阳光的效率和有效存储能量的方法和装置。该装置对太阳能吸收和存储两个环节进行了创新和改进, 实现了太阳能的高效吸收和快速存储, 解决了

太阳能实际应用中的一些相关问题。

2 理论基础

2.1 太阳能电池的基本理论

在没有光照时, 太阳能电池的特性可视为一个二极管^[1-3](见图 1), 正向偏压 u 与通过电流 I 之间的关系为

收稿日期: 2010-11-12

基金项目: 2009 年江苏省高等学校大学生实践创新训练计划

作者简介: 刘永奇(1960-), 男, 辽宁盖县人, 学士, 高级实验师, 主要从事电子线路及实验教学方面的研究。

E-mail: LYQ6866@163.com

$$I = I_0(e^{\beta u} - 1) \quad (1)$$

式中, I_0 和 β 为常数。根据半导体理论, 二极管主要是由能隙为 $E_c - E_v$ 的半导体构成的, 这里的 E_c 为半导体电带, E_v 为半导体价电带。入射光光子的能量为 $h\nu$ (h 为普朗克常数, ν 为光的频率)。当光子能量 $h\nu > E_c - E_v$ 时, 光子会被半导体吸收, 产生电子和空穴对。它们分别受到半导体内电场的作用而产生光电流。太阳能电池在工作时的简化电路如图 1 所示, 它可等效为一个电流源与二极管的并联。

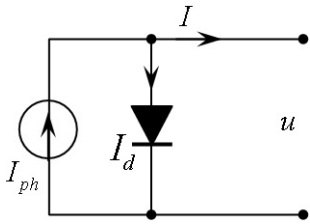


图 1 太阳能电池模型

由图 1 可知,

$$I = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_0(e^{\beta u} - 1) \quad (2)$$

当输出短路时, $u = 0$, 短路电流 $I = I_{sc} = I_{ph}$;
当输出开路时, 将 $I = 0$ 代入式 (2) 可得:

$$I_{ph} - I(e^{\beta u} - 1) = 0 \rightarrow I_{sc} = I_0(e^{\beta u_{oc}} - 1)$$

式中, u_{oc} 为开路电压。

图 2 所示为在全暗情况下测量太阳能电池正向偏压时流过太阳能电池的电流 I 和太阳能电池的输出电压 U ; 图 3 所示为太阳能电池的开路电压与光照之间的关系; 图 4 所示为太阳能电池的短路电流与光照之间的关系。

2.2 法拉电容的基本理论

超级电容又叫法拉电容^[4-6], 是一种新型储能装置。它是靠极化电解液来储存静电能量的电化学装置, 又称为电化学双层电容。但是从储能机理上来看, 它是高度可逆的, 寿命很长, 可以进行千万次的反复充放电, 而且可以在很大的电流 (10A ~ 1000A) 下快速充放电。此外, 法拉电容还具有很宽的电压范围 (0V ~ 2.7V) 和工作温度范围 (-40 °C ~ +65 °C)。

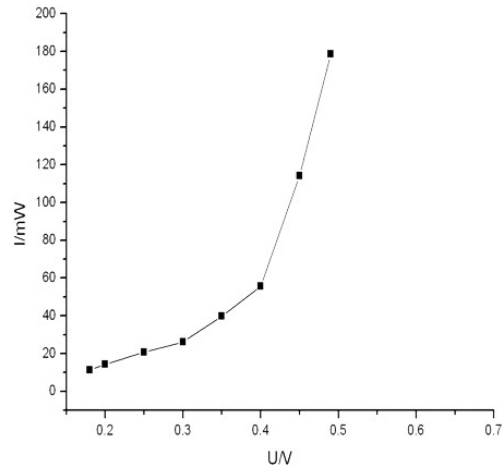


图 2 太阳能电池的伏安特性

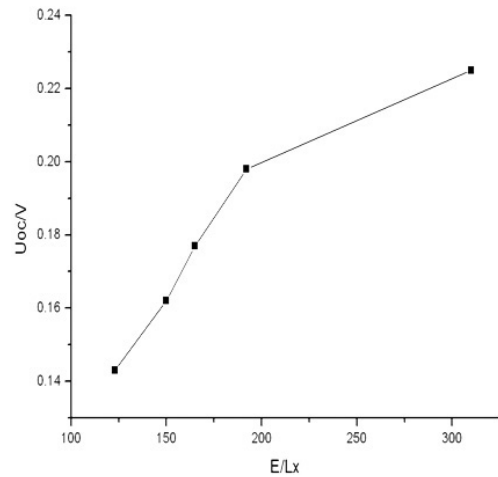


图 3 开路电压与光照之间的关系

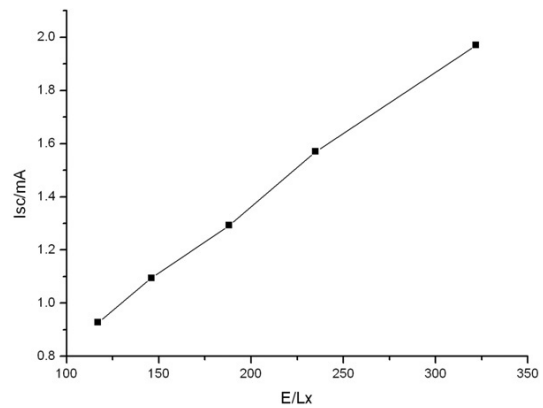


图 4 短路电流与光照之间的关系

法拉电容可以看作是悬挂在电解液中的两个不起反应的多孔板, 板的两端可施加电压。正极板上的电位吸引负离子, 而负极板上的电位吸引正离子。这样就可以产生两个电容储能

层, 一个在正极板处将电荷分隔开, 另一个在负极板处将电荷分隔开。

电容值为

$$C = 10^{-6} \varepsilon A / (3.6 \pi d) (\mu\text{F}) \quad (3)$$

式中, A 为极板面积, d 为介质厚度。

它所储存的能量为

$$E = 0.5 C \cdot U \cdot U \quad (4)$$

本文采用的法拉电容的额定电压为 2.7V, 额定法拉电容为 20F。

充电时间: 采用 6V 稳压电源给两个串联的 20F-2.7V 法拉电容充电。将电容两端的电压充到 5.4V, 耗时约为 1min 左右。

放电时间: 采用两个串联的 20F-2.7V 法拉电容给 4 个串联的白光 LED 放电, 放电时间超过 30min。

3 实验装置及相关数据

3.1 实验装置

为了提高太阳能电池的效率, 利用现有的单晶硅太阳能电池设计了一种双面接收式装置 (见图 5)。该装置的正面可正常接受入射太阳光, 而反面则是通过底部凹面镜的反射聚光来吸收太阳光的。根据所处的地理位置和太阳能电池的大小尺寸, 通过设计凹面镜的曲率半径、口径以及凹面镜与太阳能电池之间的相对位置, 最大程度地提高了太阳能电池对太阳光的吸收率。利用法拉电容可以实现大电流充电、充放电时间短、对充电电路的要求简单且无记忆效应等特点, 通过将多个法拉电容串并联构成了一个储电模块。用该装置对法拉电容储电模块进行充电, 即可在短时间内完成充电过程 (装置实物见图 6)。

3.2 实验数据

装置中所用凹面镜的曲率半径为 400mm, 端口直径为 430mm。在测量太阳能电池的输出功率与外阻关系时, 电池板支架与凹面镜底部中心之间的距离为 18cm, 太阳能电池板的倾角

约为 35° (见图 7)。

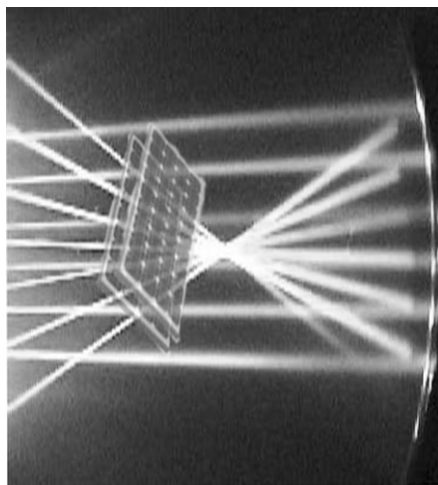


图 5 装置原理图

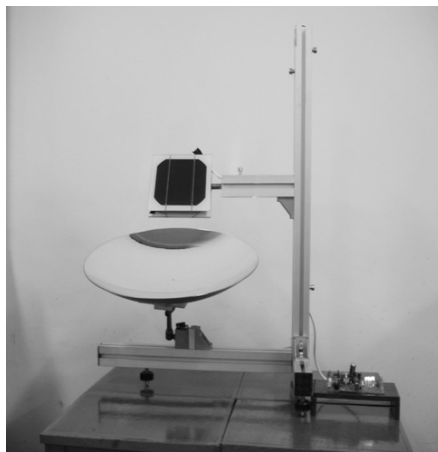


图 6 装置实物图

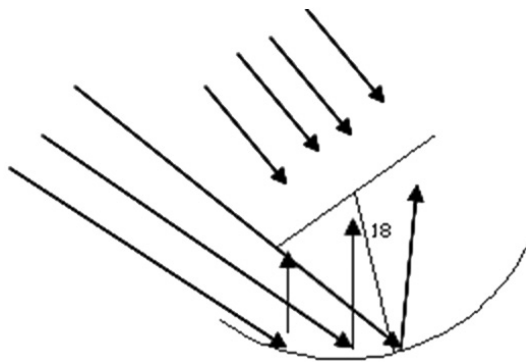


图 7 电池板与凹面镜的相对位置

在测试中, 我们是利用白炽灯来模拟阴天光照的。当太阳能电池表面的照度为 1500lux 左右时, 作品中的单块太阳能电池的输出电压为 0.35V; 当通过凹面镜将光反射会聚至电池时,

电池的输出电压为 0.5V。

从图 8 中可以看出, 在相同的负载情况下, 加光学辅助器件的太阳能电池的输出功率超过了不加光学辅助器件的太阳能电池的输出功率, 最大差值达到 4.7 倍。当输出功率达到最大值时, 两者相差 2 倍多。随着外阻的增大, 两种情况的输出功率呈逐渐减小的趋势 (该测试是在光照强度为 407Lux 的情况下进行的)。

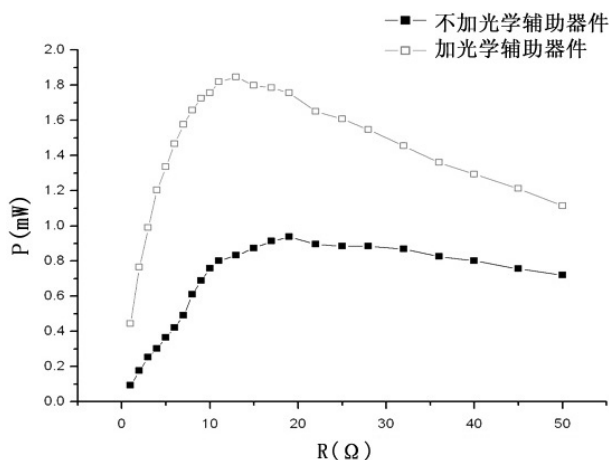


图 8 太阳能电池的输出功率与外阻之间的关系

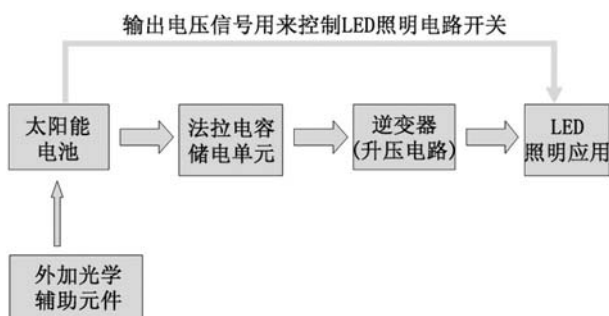


图 9 电路原理图

3.3 电路部分

该装置利用 60 个并联法拉电容 (见图 10) 作为储能模块, 并利用 20 个黄色 LED 灯作为照明模块。通过太阳能电池将法拉电容从 0.7V 充至 1.0V, 耗时约为 30min; 经过 DC-DC 逆变器对 LED 放电使其工作, 经过测试, 放电时间为 45min

左右。如果选用峰值电压更大的太阳能电池板, 则 LED 的照明时间将可以得到大大增加。

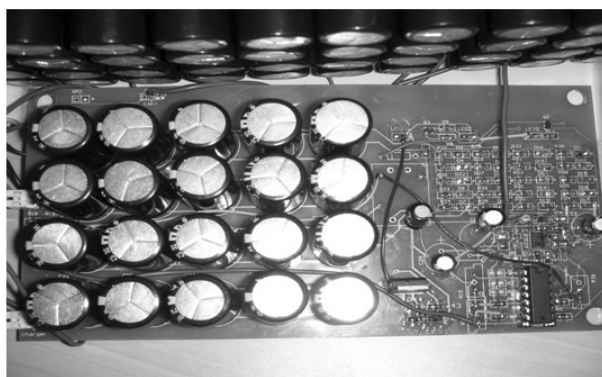


图 10 法拉电容

4 结论

本文设计的装置具有高效吸收、快速储能以及能大幅提高电池输出功率等优点, 可以满足暗光环境下的高输出功率要求。同时由于法拉电容具有使用寿命长和免维护的优点, 法拉电容太阳能灯更适用于路灯、楼道灯以及不通电的偏远地区或海岛和渔船照明等领域, 具有较高的实用价值和广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 李崇华. 太阳能电池工作原理与种类 [J]. 电气技术, 2009, 10(8): 128-130.
- [2] 陈维, 沈辉, 王东海, 等. 太阳能半导体照明驱动技术研究 [J]. 照明工程学报, 2005, 16(3): 7-10.
- [3] P Narra, D S Zinger. An Effective LED Dimming Approach [C]. 39th IAS Annual Meeting, IEEE, 2004: 1671-1676.
- [4] 刘志祥, 董国君, 张密林. 双电层电容器的制备及性能 [J]. 电源技术, 2001, 25(6): 413-415.
- [5] 张莉, 邹积岩, 薛洪发. 大功率超级电容器的实验研究 [J]. 电子元件与材料, 2002, 21(7): 11-12.
- [6] 张步涵, 王云玲, 曾杰. 超级电容器储能技术及其应用 [J]. 水电能源科学, 2006, 24(5): 60-62.