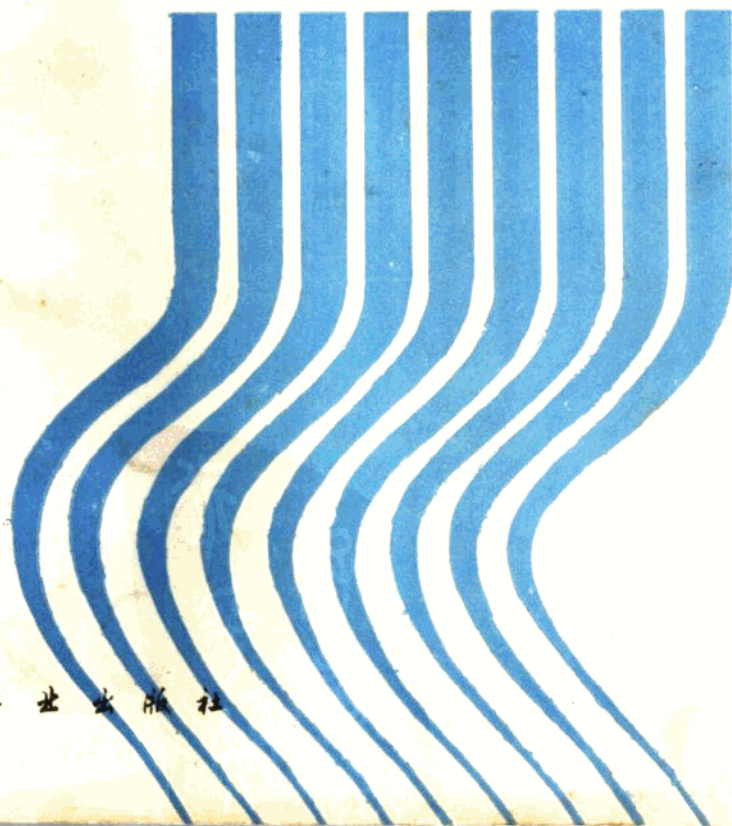


SHIYONG GUANGFU
JISHU

实用光伏技术

〔美〕 Richard J. Komp PhD 著



航空工业出版社

实用光伏技术

〔美〕 Richard J. Komp PhD 著
中国光电技术发展中心
乔幼筠 译 王斯成 校

航空工业出版社

1988

内 容 简 介

本书较系统的介绍了太阳电池供电系统在实际应用中的基本常识和简单的工作原理、实用的设计以及太阳电池系统不同的安装方式、负载的计算等。同时,也介绍了与太阳电池配套的各种蓄电池的特性、维护保养知识。本书对从事太阳电池研究、设计、制造及实际使用的各类工程技术人员均有参考价值,是一本较好的、通俗易懂的实用光伏技术读物。

实 用 光 伏 技 术

[美] Richard J. Komp PhD 著

中国光电技术发展中心

乔幼筠 译 王斯成 校

航空工业出版社出版

(北京安定门外北苑大院2号)

新华书店总店科技发行所发行

河北省唐县印刷厂印刷

1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷

787×1092毫米 1/32 印张: 5.8125

印数: 1—2000册 字数: 150千字

ISBN 7—80046—094—0/Z·029

定价: 1.80元

目 录

1. 太阳能电池及方阵

太阳能电池.....	(1)
电特性.....	(1)
电池的性能和标准.....	(4)
太阳能电池方阵.....	(4)
串联和并联.....	(4)
电池阵列结构工艺.....	(8)
封装.....	(9)
方阵故障原因.....	(10)
电池之间的连接.....	(10)
密封剂问题.....	(11)
防反充二极管.....	(11)
聚光方阵.....	(12)
双轴跟踪.....	(15)
单轴跟踪.....	(16)
推荐读物.....	(19)

2. 太阳能电池方阵的使用

负载计算.....	(25)
确定太阳能电池组件的尺寸.....	(27)
确定尺寸的方法.....	(27)

小结	(31)
目前太阳电池的成本	(32)
太阳电池系统的安装	(33)
太阳电池板的方位确定	(34)
太阳电池方阵的接线	(36)
组合系统	(37)
变换器	(38)
旋转式变换器	(39)
固态变换器	(39)
同步变换器	(41)
推荐读物	(42)

3. 蓄电池和其它储能装置

蓄电池	(43)
铅-酸蓄 电 池	(44)
深度放电的铅酸蓄电池	(46)
铅-酸蓄电池特性曲线	(48)
输出电压	(48)
储存能量	(53)
自放电	(57)
一个实用的蓄电池装置	(58)
维护与保养	(60)
硫酸化	(60)
旧电池	(61)
镍-镉蓄 电 池	(63)
镍-铁蓄 电 池	(65)

小的蓄电系统·····	(66)
机械蓄电系统·····	(67)
氢·····	(68)
推荐读物·····	(70)

4. 太阳电池系统的装配

测试太阳电池·····	(71)
一个简单的太阳模拟器·····	(72)
一个简单的模型支架·····	(72)
电流、电压的测量·····	(74)
如何把许多电池连接起来·····	(76)
焊接太阳电池组·····	(80)
制作一个平板组件·····	(81)
设计盒子·····	(82)
切割塑料板·····	(83)
胶合塑料盒·····	(85)
紧固盖板·····	(85)
安装太阳电池·····	(86)
建造一个混合聚光方阵·····	(87)
底板支撑物·····	(88)
电池组的密封和绝缘·····	(90)
反射器翼板·····	(94)
设计·····	(94)
制造反射器翼板·····	(96)
一个混合热空气系统·····	(97)

5. 太阳电池如何工作

固态物理学.....	(100)
掺杂.....	(104)
光电池的结.....	(106)
影响效率的因素.....	(112)
带隙宽度.....	(112)
复合.....	(112)
反射率.....	(113)
异质结.....	(114)
肖特基势垒结.....	(115)
高级半导体器件.....	(117)
推荐读物.....	(117)

6. 如何制作太阳电池

原材料.....	(119)
冶金级硅.....	(119)
半导体级硅.....	(119)
单晶的生长过程.....	(121)
单晶的薄片切割.....	(122)
晶片的抛光和刻蚀.....	(123)
形成 $p-n$ 结.....	(123)
制作上下电极.....	(124)
减反射膜.....	(125)
组件的装配.....	(127)

推荐读物	(127)
------------	---------

7. 光伏技术的新发展

硅的新生产工艺	(128)
太阳级硅	(128)
多晶硅	(129)
带硅生成系统	(132)
其它类型的结	(134)
氧化锡和氧化铜	(135)
金属半导体结	(135)
非晶硅半导体	(136)
光电化学电池	(138)
硫化镉 / 硫化亚铜太阳电池	(138)
Ⅲ—V族半导体化合物	(142)
电镀电池	(143)
有机半导体	(145)
灵巧的光学系统	(147)
多结电池	(147)
荧光聚能器	(149)
太阳能热光电系统	(151)
推荐读物	(152)

8. 光伏技术的未来

国外太阳电池动向	(156)
日本	(156)

西欧.....	(157)
发展中国家.....	(158)
石油公司与太阳电池.....	(159)
空间应用的太阳电池.....	(163)
太阳能电站卫星.....	(164)
另外一个建议.....	(165)
推荐读物.....	(168)

附录

A. 制造商和 销 售 商.....	(169)
B. 铜线的载流能力.....	(174)
C. 单位换算表.....	(176)

1：太阳电池及方阵

太阳电池

太阳电池是一固态器件。它吸收阳光并将光能直接转换成电能。它完全依靠内部的固体结构完成这一功能，没有任何活动部件。

当你看到太阳电池的时候，你将看到一个金属的蓝色或黑色圆盘上边覆盖着一些细细的银线。图1·1就显示出一个典型的硅太阳电池以及制成这种电池的硅材料。太阳电池将太阳光转化成电的实际有效面积是金属面上的暗淡部分。因为暗的颜色吸收光要容易得多。银线是电池正面的接触点并用于电池正面的电连接。银线很细以尽量减少对入射阳光的阻挡。电池背面是一固体金属深层，用来使反射光再流经太阳电池并成为一个好的接点。关于太阳电池是如何工作的具体解释可见第5章。

电特性

为了使用光生伏打电池，首先我们对光生伏打电池的电特性应有一个基本的理解。这个光电元件，当光照射时，其作用有点象干电池。在它内部即正面和背面产生一个电压，这个电压是流经太阳电池的电流产生的，象干电池的原理一样。但是电流的大小受限制于照射到太阳电池上的太阳光的多少。

我们可以用一个简单的电路（图1·2）来详细说明太阳电池的电特性。将一个负载电阻连接在太阳电池的正面和背面，这个负载电阻应该是能变化的，从零到很高。有两块

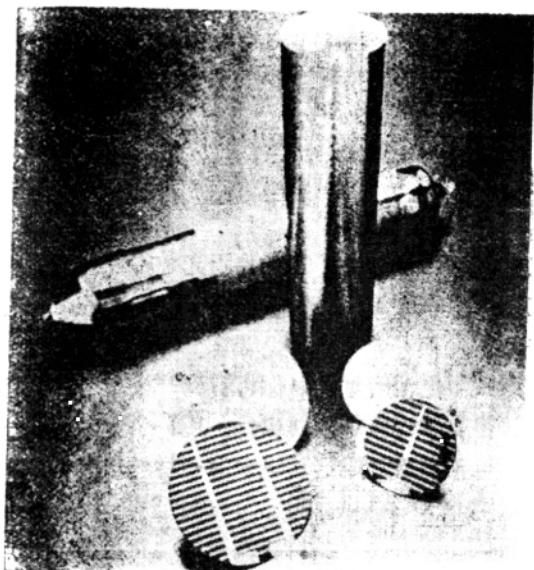


图1.1 硅棒材料片材制成的太阳能电池

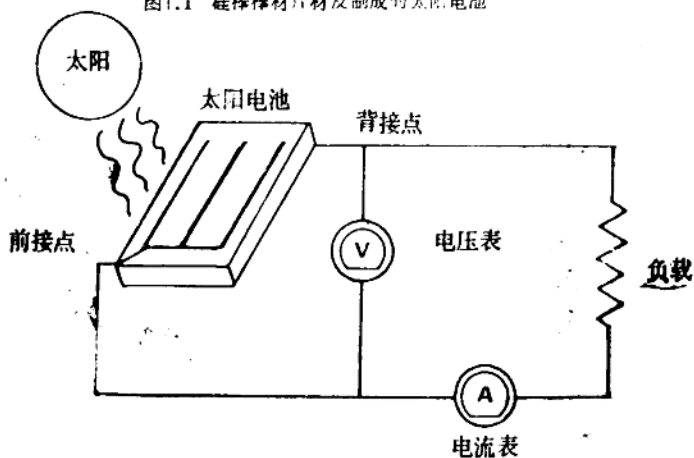


图1.2 一个简单的太阳能电池测试电路

• 2 •

表，一块是电压表，一块是电流表，用以测量电池两端的电压和流经负载的电流。

假如太阳光照射在电池上，而负载电阻调整在无限大时（或是负载断开时），这时电压表的读数是最大电压值。例如，标准的硅太阳电池的电压是 0.58V ，这叫做开路电压。在这种条件下，电路里没有电流。相反的，假如负载电阻调整在零时，我们将使电池短路（无论如何太阳电池不能损坏），这时的电流最大。电流的大小和太阳光照射在太阳电池的多少成比例。我们称这时的电流为短路电流。负载电阻可以在零到无限大之间进行调整，由于不同的负载可以测量出不同的电压和相应的电流。图1·3是电流、电压特性曲线，或称I—V曲线。这是通过试验得出的曲线图。图中的纵坐标是电流，横坐标是电压。短路电流显示在零电压的电流轴上。随着负载电阻的增大，输出电压也逐渐增大，但电流不变，直到曲线的弯曲部分。然后电流下降很快，而电压变化很小，直到电路断开为止。这时，可从仪表中看到开路电压值，但此时没有电流。

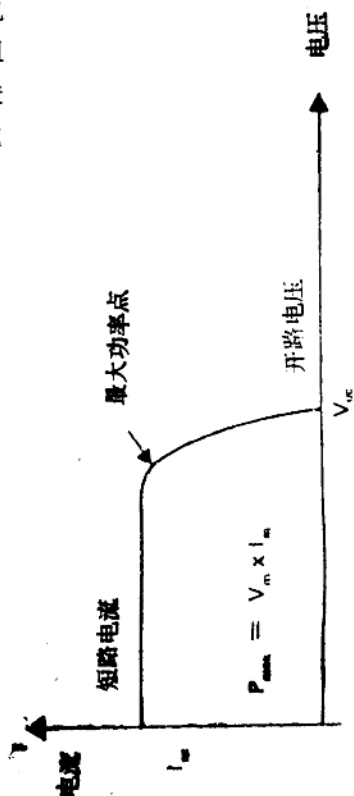


图1.3 硅太阳电池的I—V特性

任何电器装置包括太阳电池的输出功率测量，是以输出电压值乘以同一条件的输出电流。当电路为开路时，由于电流为零，因而没有功率输出。同样的，当电路为短路时，由于电压为零，也没有功率输出。最大功率输出点在电压和电流的最佳汇合点。如图1·3所示。这个点是负载电阻和太阳电池内阻匹配最好的时候。

图1·4示出了一系列的电流—电压特性曲线，当太阳电池受到不同程度的太阳光照射时，不同的光强使输出电流的峰值功率成比例的变化。但是电压却变化不大。因此，太阳电池系统能被设计成甚致在多云的天气，也能提取足够有用的功率一点一点的给蓄电池充电。

电池的性能和标准

为了比较不同太阳电池的性能，这些电池的额定值是在特定的阳光的类型和强度下比较的。对于地面应用的太阳电池，最通用的测试标准为AM1。这是太阳光穿过干燥清洁的大气层垂直照射在海平面高度的地球表面上的光强。撒哈拉沙漠在正午，太阳正好直射，近似这个条件，在这样的光强下阳光密度很接近每平方米1千瓦 ($1\text{KW}/\text{m}^2$)。经常碰到的比较接近的光强条件为AM2，其光强相当每平方米800瓦。

表1·1给出了几家制造商生产的一些硅太阳电池的尺寸和典型的输出电流值。

太阳电池方阵

串联和并联

太阳电池产生的最大有用电压是0.5V量级。这个电动势不大，同时也没有多少装置可以在这样小的电压下工作。

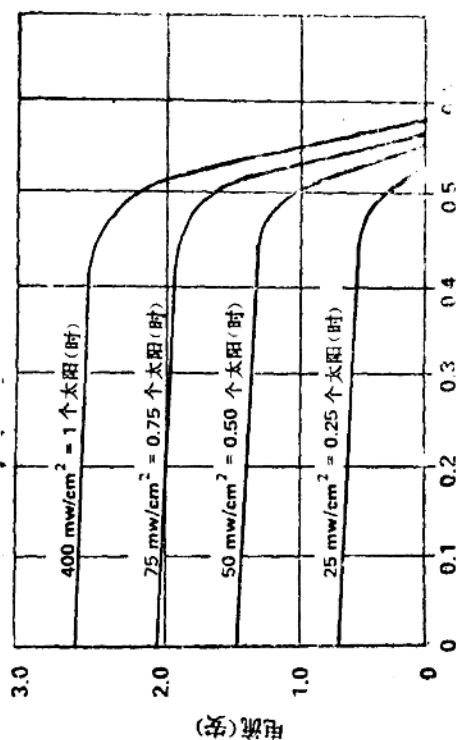


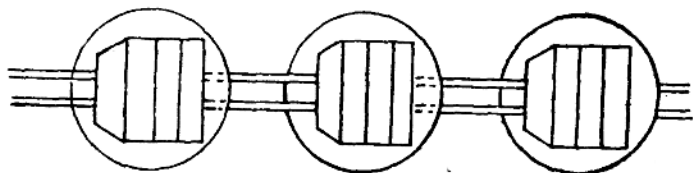
图1.4 随光强变化的太阳能电池特性曲线

表1.1 硅太阳能电池的尺寸及其输出

电池尺寸	输出电流 (安)	制造厂商
3英寸 (76毫米) 圆电池	1.3	Applied Solar Energy
1 1/2 英寸圆电池	0.6	Applied Solar Energy
1 1/4 英寸圆电池	0.3	Applied Solar Energy
2×6厘米矩形电池	0.4	Applied Solar Energy
4英寸 (100毫米) 圆电池	2.1	Solarex
4英寸方电池	2.1	Semix
1 1/4 英寸圆电池	0.53	Solenergy
2 1/4 英寸圆电池	0.6	Solenergy
2英寸圆电池	0.5	Photowatt

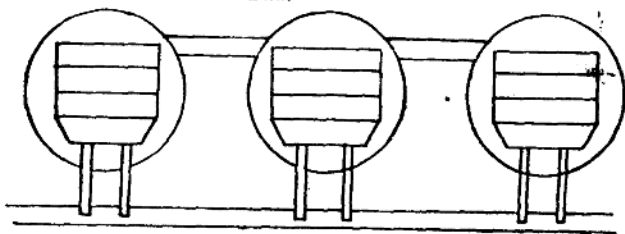
然而，太阳电池可以串起来（即这块太阳电池背面的接点和另一块太阳电池正面的接点连通）而得到一个较高的电压。图1·5（a）显示出这样一个串连组件，被称做太阳电池方阵或是太阳电池组件（太阳电池方阵或太阳电池组件，在通常情况下是可以互换的，但是在应用中一个太阳电池方阵通常是由一组单个的或更多的太阳电池组件组成）。一个典型的太阳电池组件由32块太阳电池串联而成，新做出的太阳电池开路电压，在光照好的情况下有18V，或在16V时输出功率最大。这样一个组件可以给12V蓄电池充电。记住这一点很重要。在

背接点到前接点



（a）串联电路

背接点到背接点



前接点到前接点

（b）并联电路

图1.5 （a）串联太阳电池提高电压

（b）并联太阳电池增大电流

串联电池组中总电流输出和单个电池的电流输出是一样的。

要增加电流输出，太阳电池可以并联（即这块电池背面接点和另一块电池背面接点联通，正面电池接点也同样接通）。一个并联系统如图1·5（b）所示。这时太阳电池总

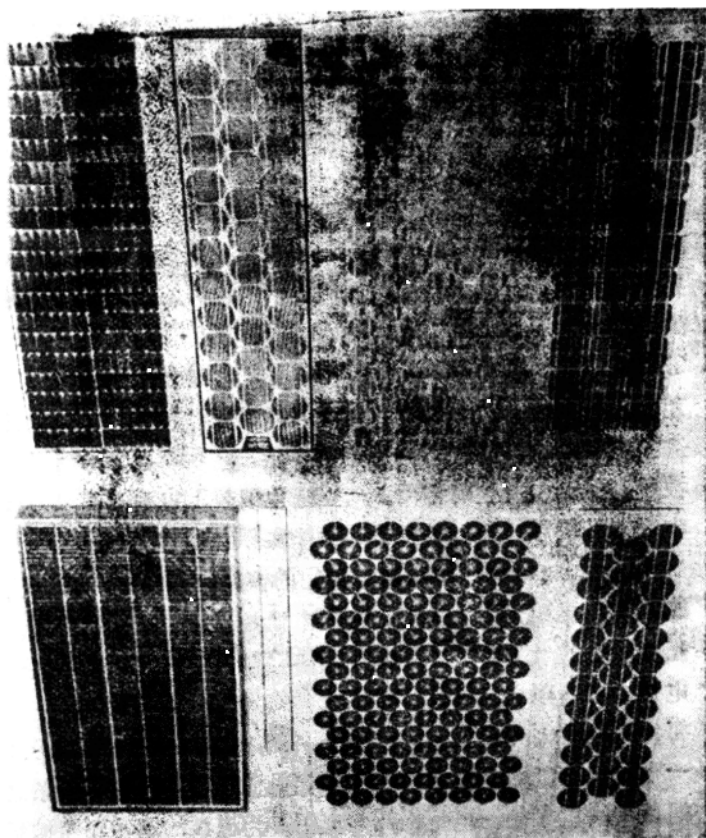


图1.6 太阳电池组件的技术状态

电流输出是每一个电池电流输出的总和，但是总电压和单块电池的电压是一样的。通常，把单个电池串接起来，形成一个阵列去得到所期望的输出电压，将组件和组件并联起来，就可以得到所期望的电流。第2章将详细叙述这个过程。

太阳能电池的制造商们生产多种多样的标准组件，以便买主购买并组合成阵列以正好满足其所需要的任何可能的电压和电流（见图1·6）。附录A列出了制造厂和供应商。

电池阵列结构工艺

自从硅太阳能电池和阵列在空间应用以来，太阳能电池结构工艺的着重点，在可靠性方面。在大多数电池里，正面栅线接点是以余度方法设计的，因此，一条栅线的断开或一个坏的焊点，都不会影响整个电池的工作。图1·7示出一个Mo Torola 方形电池（每边长100mm），它是一个这种设计工艺的较好的例证。用钎焊把铜的箔条焊在3条主干线上，将这些电池牢固地连在一起并串接起来。然后，这个铜的箔条被焊到另一块电池的背面。一旦电池破裂，电池的两块仍然牢固的并联在一起，并且电的性能实际上是不变的。

照片上的Mo Torola 电池用的镍栅线是由一种工业上的波动焊接机器焊上去的。有的电池是用银线或银钯合金。正在发展的一种新技术就是丝网印刷栅线（在发展新的廉价电池中，栅线接点的设计是很重要的研究领域）。由于栅线将会挡住一部分电池的有效受光面积，所以应尽可能做得细一些，还要能耐机械损伤，并提供电池之间和内部连接条之间良好的电接触。电池损坏的原因多为栅线的腐蚀和机械损伤，因此要选用防腐蚀的金属。但是，在同硅接触时，这样的金属要具有适当的电性能。大部分的电池被焊在一起组成