

# 大型薄膜硅太阳能电池模组大规模生产方案

孙海燕

(Oerlikon 公司太阳能事业部亚洲区,上海 200131)

**摘要:**薄膜硅太阳能光伏组件制造业的大规模生产正在不断发展。瑞士 Oerlikon 公司非晶硅模块生产线已在德国投运。目标 10% 转换效率的“micromorph”(非晶硅/晶体硅串联)太阳能技术已经投入市场,并将在 2010 年前实现电池板平价。文章介绍了 Oerlikon 公司大规模生产端对端的解决方案。

**关键词:**光伏电池;非晶硅;微晶体硅;生产规模

**中图分类号:**TK513 **文献标识码:**B

## 1 引言

进入 21 世纪以后,光伏产业得到了突飞猛进的发展,2007 年太阳能光伏组件容量达到 1.7 GW(指太阳能电池的峰值功率,通常可用  $W_p$  表示),比前一年增长了 45%<sup>[1]</sup>。这一巨大的需求还将持续增长,预计在 2010 年达到 15 GW<sup>[2,3]</sup>(如图 1)。薄膜太阳能光伏模块具有较高的降低成本的潜力<sup>[4]</sup>,成本降低将使薄膜太阳能光伏模块的生产容量达到 3 GW 左右<sup>[3,5]</sup>。2006 年至 2015 年,已安装的太阳能电池生产容量的增长趋势如图 1 所示。

## 2 薄膜生产线

薄膜硅光伏组件建立完整的薄膜生产线,如

系统的商业印刷机来制造这种结构的电池,相信其效率会有很大的提高。

## 7 致谢

本工作得到澳大利亚新南威尔士大学先进硅材料光伏光电研究中心的大力支持,在此表示感谢,同时还要感谢 Ferro & DouPont 公司为实验提供的 Ag & Al 浆,并对 Kate Fisher 女士在样品制备过程中提供的帮助致以谢意。

### 参考文献:

- [1] E. L. Ralph, Proceedings, 11th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Scottsdale (1975), 315.
- [2] M. A. Green, S. R. Wenham, "Solar Cells and Their Applications" (eds), L. D. Partain (John Wiley & Sons, INC.) 55.

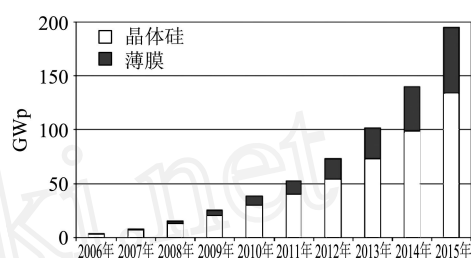


图 1 2006~2015 年已安装的太阳能电池生产容量

图 2 所示,包括:

(1) 前电极层 TCO(透明导电氧化物前电极)沉积的 LPCVD(低压化学气相沉积设备)氧化锌沉积设备,如图 3 所示。

(2) 为非晶硅和 micromorph 叠层 p-i-n 层沉积的 PECVD(等离子体增强化学气相沉积)系统,如图 4 所示。

- [3] H. H. C. de Moor, J. Hoornstra, A. W. Weeber, A. R. Burgers and W. C. Sinke, Proceedings, Proceedings, 14th European PVSEC, Barcelona, 1997.
- [4] G. Yao, Ph.D. Thesis, UNSW, 2005, (in preparation)
- [5] J. Hoornstra, S. Roberts, H. H. C. de Moor, and T. M. Burton, Proceedings, 2nd World Conference, PVSEC, Vienna, Austria, 1998.
- [6] J. Hoornstra, H. H. C. de Moor, A. Weeber and P. Wyers, Proceedings, 16th European Photovoltaic Specialists Conference, 2000, 384-387.
- [7] J. E. Cotter, G. Yao, B. Eggleston, Proceedings, 31st IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Orlando, 2005.
- [8] S. R. Wenham, Ph.D. Thesis, UNSW, 1986.

收稿日期:2008-04-01

**作者简介:**姚国晓(1963-),男,浙江桐乡人,博士研究生,总工程师,从事高效晶体硅太阳能电池的开发和制造工作。

(责任编辑:杜建军)

(3) 为单片电池串联而设置的激光划线模式,如图 5 所示,以及后段封装线。



图 2 薄膜太阳能模块生产步骤

80 年代为薄膜太阳能光伏而开发,于 90 年代 TFT-LCD 平板显示器生产应用的 PECVD KAI 反应器系统是 OERLIKON 太阳能公司的核心技术,其主要特点包括:

- (1) 等温加热
  - 1) 允许更好的高均匀性;
  - 2) 减少沉积层的点缺陷(空穴);
  - 3) 允许自身清洁时使用 SF<sub>6</sub> 气体。
- (2) 分差真空抽气系统
  - 1) 减少外部杂质;
  - 2) p-i-n 单步实现。
- (3) 平行过程机制以实现高产能

90 年代初以来,平板显示器产业推动了非晶硅技术大面积 PECVD 反应器的发展。在 TFT-LCD 平板工业,PECVD KAI 系统已经最高发展到了 G5,基板的尺寸增加 7 倍,自 0.2m<sup>2</sup> 发展到 1.4 m<sup>2</sup>,单位衬底的成本最高跌额达 75%,而运行在 TFT-LCD 站点的 PECVD 系统的正常运行时间一直稳步增加,幅度大于 90%。



图 3 应用于正电极层 TCO 和背电极的 LPCVD ZnO

LPCVD 专利技术优势在于:高电导率、TCO 结构单步实现。在整体 micromorph 过程中:可以高传输,在可见光和近红外光光谱中,以及更低



图 4 应用于非晶硅 p-i-n 层沉积的 PECVD KAI1200 系统的成本。

KAI 1200 等离子体盒反应器的特点在于:40 MHz,可实现更高的速度和质量、Amorph & microcrystalline 叠层、单一生产步骤性(P & n 掺杂)、每一步后可自动清洁。可以实现很高的膜质量、高生产能力 - 高系统灵活性与使用性、单位面积更高的电量(单位面积)。



图 5 高性能激光融合系统

唯一在生产中验证行之有效的薄膜光伏激光融合系统的切割系统具有良好的线性、狭隘的刀线、可靠、稳定的平台。最小的光伏材料切除使每个模块有更多的电量和更低的成本。

### 3 技术路线

Oerlikon 的薄膜硅大面积光伏太阳能已取得了很大进展。Oerlikon 的模块类型如图 6 所示。Oerlikon 太阳能有三个方案计划交付:(1)非晶硅方案;(2)利用商业可用的正电极层 TCO 或 Oerlikon LPCVD 生产的 ZnO;(3)Micromorph (非晶硅/微晶体硅)叠层单元解决办法。

Oerlikon 已研制成功的非晶硅/微晶体硅 micromorph 叠层串联模块如图 7 所示<sup>[9,10]</sup>,电流-电压曲线如图 8 所示。该模块在德国 TU-EV (Rheinland) 已通过湿热及热循环测试。

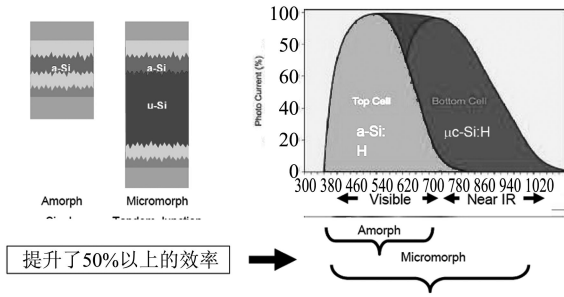


图 6 Oerlikon 的两代薄膜硅电池



图 7 非-/微-晶体硅模块

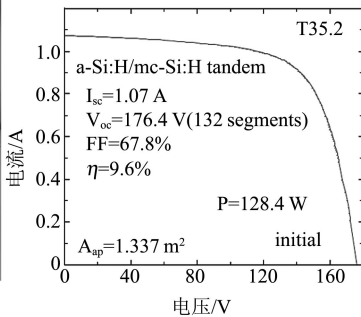


图 8 非-/微-晶体硅模块的  
电流-电压曲线

产线由为前 TCO & 背电极设置的 LPCVD TCO1200、为 PIN 层沉积设置的 PECVD KAI1200、激光划片器 LLS1200 和精密的计量系统 构成。

(2) Micromorph 方案显示,2010 年可能在 达到一个里程碑,实现高峰电池板平价<sup>[11]</sup>。

参考文献:

[1] Photon International. March 2006. 100.  
 [2] Sarasin Bank. Sustainability Report November(2005):26.  
 [3] Deutsch Bank report 2007.  
 [4] M. A. Green. Proc. 3rd WCPEC (Osaka 2003). paper OPL-02.  
 [5] U. Kroll, et al. Proc. of 19th EU - PVESC (Paris 2004). 137.  
 [6] E. Turlot, F. Leblanc. Ni KKei Microdevices (1999). 151.  
 [7] H. Sun, et al. Unaxis Display Panel Issue 3, 2002:21-23.  
 [8] J. Meier, et al. Proc of WCPEC-4, 2006. Dresden, Germany  
 [10] U. Kroll, et al. Proc. Of WCPEC-5, 2007. Milan, Italy.  
 [11] H. Sun, et al. Photon Academy in Shenzhen, 2008.

(吕 斌 编译)

收稿日期:2008-05-67

作者简介:孙海燕,男,博士,瑞士 Oerlikon 公司太阳能事 业部亚洲区总经理。

(责任编辑:吕 斌)

4 总结及展望

(1) Oerlikon 公司交付的背电极全程包建的 薄膜大规模生产线已经在德国投入运行,这条生

电力简讯

500 辆新能源汽车为北京奥运提供绿色动力

据《科技日报》2008 年 7 月 12 日报道:7 月 11 日上午,北京奥体南区公交场站彩旗飘扬,数百辆各式各样的节能汽车整齐划一、蓄势待发,奥运节能与新能源汽车示范运行交车仪式举行。中共中央政治局委员、中共北京市委书记、北京奥组委主席刘淇,全国政协副主席、科技部部长、奥运科技(2008)行动计划领导小组组长万钢,科技部党组书记、副部长李学勇等领导作为奥运节能与新能源汽车首发车乘客,乘坐了纯电动客车,并出席了交车仪式。为实现 2008 北京奥运“绿色奥运、人文奥运、科技奥运”三大理念,科技部、北京市联合有关部门在 2001 年北京申奥成功后,启动实施了“奥运科技(2008)行动计划”。其中,大规模应用我国自主研发生产的节能与新能源汽车,为北京奥运交通提供绿色运输服务是该计划的重要组成部分。

北京奥运会和残奥会期间,将有 500 辆新能源汽车投入使用。这包括:由北京理工大学和京华客车公司开发的 50 辆锂离子电池纯电动客车将在奥运村内环线等三条公交线路运行;由东风汽车公司和一汽集团研发生产的 25 辆混合动力客车将在奥运公交专线上运营;由奇瑞、长安、一汽集团等企业研发生产的 75 辆混合动力轿车将编入出租车队运营;由上燃动力、同济大学、上海大众共同开发的 20 辆燃料电池轿车将作为赛时公务用车;由清华大学、北汽福田开发的 3 辆燃料电池客车将在公交线路上进行为期 1 年的示范运行。此外,在奥运场馆间还将有 320 余辆纯电动场地车服务。

据悉,这些节能与新能源汽车将提供奥运历史上种类最多、技术最先进、规模最大的绿色运输服务,为实现奥林匹克中心区域交通“零排放”,中心区域周边地区及奥林匹克交通优先路线交通“低排放”目标提供保障。为了实现奥运车辆“零排放”计划,国内汽车行业相关研究机构、高校、企业等组织联合攻关,产学研参与程度之深也堪称历史之最。

据介绍,科技部自“九五”以来,先后启动了清洁汽车行动计划、863 计划电动汽车重大科技专项和节能与新能源汽车重大项目,重点支持“零排放”的电动汽车、燃料电池汽车、混合动力汽车和代用燃料汽车的技术研发和大规模产业化应用,取得了一系列的重大成果,促进了汽车技术自主创新、交通领域的节能减排和国民经济可持续发展。