

一种高抗机械荷载 PERC 单晶硅太阳能电池的设计

晶澳太阳能有限公司 ■ 刘苗* 严金梅 赵江雷 张朔龙 张豪伟

摘 要：通过将采用不同电池工艺的 PERC 单晶硅太阳能电池分别进行四点弯曲法测试，选出最优电池工艺，并将采用最优工艺的电池制作成组件，与常规 PERC 单晶硅光伏组件进行测试对比。结果表明，改良后的 PERC 单晶硅光伏组件比常规 PERC 单晶硅光伏组件的抗机械荷载能力强。

关键词：PERC 单晶硅太阳能电池；机械荷载；抗弯强度

0 引言

随着社会的进步，各种用电设施层出不穷；电力的消耗不断上升。传统的火力发电仍是目前主流的发电方式，但其对于化石能源的消耗量大且能源利用率低、环境污染严重；而风力发电虽然无污染，但是噪音大且对安装位置及周边环境要求高；于是在这种情况下，作为新能源的光伏发电受到了人们的广泛关注。

根据材质的不同，太阳能电池可分为晶体硅太阳能电池和非晶体硅太阳能电池。根据工艺的不同，晶体硅太阳能电池可分为单晶硅太阳能电池与多晶硅太阳能电池^[1]；按照掺杂类型的不同，晶体硅太阳能电池还可分为 p 型和 n 型晶体硅太阳能电池。目前，p 型单晶硅太阳能电池产业化推广最多。

近年来，随着太阳能电池技术不断更新，普通 p 型单晶硅太阳能电池的转换效率已达到 20% 以上，新开发和产业化的钝化发射极和局部背接触 (PERC) 太阳能电池的平均转换效率更是接近 22%。选择性发射极 (SE) 技术的研发及量产使 PERC 电池正面的转换效率进一步得到了大幅提升。“SE+PERC”技术已经以绝对的效率及功

率优势全面替代传统的单晶硅太阳能电池工艺。

虽然“SE+PERC”技术的量产使 PERC 单晶硅太阳能电池的转换效率大幅提升，但激光的引进加剧了采用该技术的光伏组件机械荷载失效的风险。为了解决光伏组件机械荷载失效问题，部分厂家开始采用半片电池技术或对组件添加横梁支撑等方式，但采用这些方式会进一步增加 PERC 光伏组件的成本。

本文在不增加组件成本的前提下，通过优化电池设计来解决 PERC 光伏组件机械荷载失效的问题。

1 实验设计

1.1 实验仪器

采用自制的单片电池弯曲应力测试仪对电池进行弯曲应力测试；采用中建材自动机械荷载试验设备对组件进行机械荷载测试；采用 Pasan 高精度 $I-V$ 测量系统测量实验前后组件的功率情况。

1.2 实验样品处理及过程设计

实验选取 7 片硅片，所用硅片为松宫电子材

收稿日期：2018-08-16

通信作者：刘苗 (1987—)，女，本科，主要从事晶体硅太阳能电池方面的研究。liumiao@jasolar.com

料有限公司生产的单晶硅 8 寸硅片 (同一根硅棒切割而成), 电阻率范围为 $1 \sim 3 \Omega \cdot \text{cm}$, 硅片厚度为 $180 \mu\text{m}$ 。

采用图 1 所示的 PERC 太阳电池工艺流程, 将 7 片单晶硅硅片制成 PERC 单晶硅太阳电池, 但在进行了正面镀膜处理后, 根据不同的工艺, 设计成 7 个不同的样品。

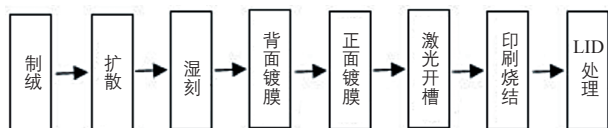


图 1 PERC 太阳电池工艺流程

样品 1~样品 7 均为成品 PERC 单晶硅太阳电池, 各自在制作中的不同点体现在: 样品 1 为 3 根主栅, 样品 2 为 4 根主栅, 样品 3 为 5 根主栅, 样品 4 在激光开槽时背面电极的激光线采用连续贯穿设计, 样品 5 在激光开槽时背面电极的激光线采用段式断开设计, 样品 6 的背面电极与背电场连接处的两端采用搭接设计, 样品 7 的背面电极与背电场连接处的两端采用断开设计; 除以上不同工序外, 其他工序不变。

2 结果与分析

通过四点弯曲法测试主栅数量分别为 3 根、4 根、5 根的样品 1、样品 2 及样品 3 的弯曲力学性能。3 个样品的抗弯强度如图 2 所示。

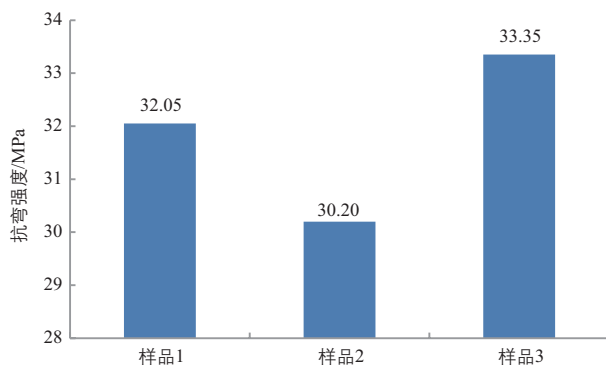


图 2 不同主栅数量的样品的抗弯强度情况

由图 2 可知, 主栅数量不同的 3 个样品之间的抗弯强度差异很小; 样品 2 的受力位置刚好在电极区域, 造成其抗弯强度与样品 1 和样品 3 相比偏低^[2]; 但总体而言, 三者的抗弯强度都较差。

电池片电极区域的抗弯强度差主要是因为是在 PERC 单晶硅太阳电池的制作过程中, 背面镀膜 (Al_2O_3 薄膜 + Si_3N_4 薄膜) 之后, 由于 Si_3N_4 薄膜本身不导电, 需引进激光开槽工艺将高能量的激光束聚焦于硅片表面, 从而将硅片表面已经镀好的背面钝化膜开槽, 在印刷过程中浆料才会通过激光开槽线与硅片形成欧姆接触; 但是激光开槽过程中难免会对硅片表面造成损伤^[3], 尤其是在电极位置。

以四点弯曲法测试样品 4 和样品 5 的抗弯强度, 测试结果如图 3 所示。

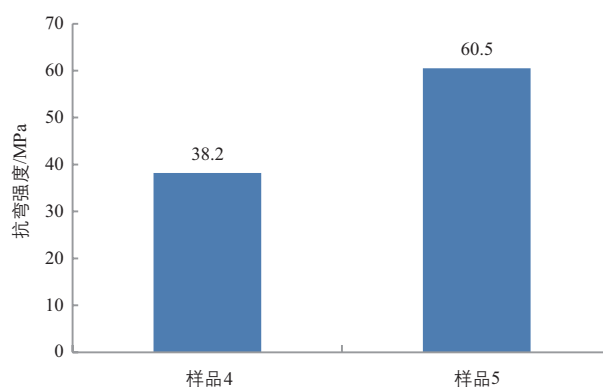


图 3 不同激光线开槽方式的样品的抗弯强度

由图 3 可知, 背面电极的激光线采用段式断开设计的样品 5 的抗弯强度有明显提升。这是因为电池在印刷烧结过程及组件焊接过程中, 电极位置由于材料的热膨胀系数不同导致残余热应力加剧裂纹成核^[4-5], 电池从而产生裂纹甚至碎片, 而激光开槽过程中在背面电极位置的损伤会进一步加速裂纹成核。但背面电极的激光线采用段式断开设计可以避免这一问题的产生。因此, 以样品 5 的工艺方式作为组件机械荷载测试的备选方案之一。

以四点弯曲法测试了样品 6 和样品 7 的抗弯强度, 测试结果如图 4 所示。

由图 4 可知, 背面电极与背电场连接处的两端采用断开设计的样品 7 具有更好的抗弯强度。这是因为背面电极四周和背电场有部分重叠, 为了保证电池内部的电子能够充分的传导至背面电

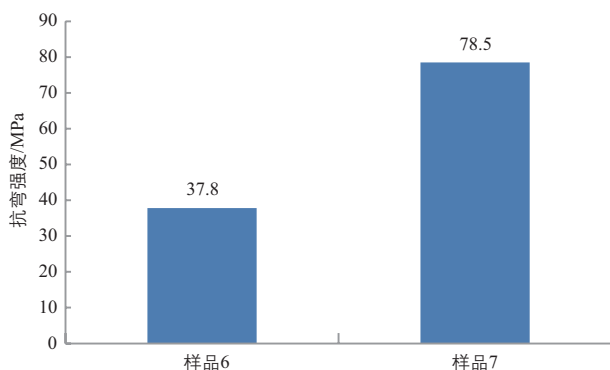
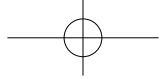


图4 背面电极与背电场连接处采用不同连接方式的样品的抗弯强度

极上,重叠区域与背面电极会存在一定的高度差;而电池在串焊成组件之后,在机械荷载测试

过程中,组件受到压力而局部变形,变形过程中焊带在重叠区域由于高度差的影响导致受力不均匀,从而会加剧电池裂纹的产生,但背面电极与背电场连接处的两端采用断开设计可以解决这一问题。因此,以样品7的工艺方案作为组件机械荷载测试备选方案之一。

由于电池的抗弯强度与组件的机械荷载测试结果并非一一对应关系,最终的解决方案还是要以组件的机械荷载结果来评判。因此,将样品5与样品7的电池工艺相结合制作成组件(改良型组件),并与常规的PERC单晶硅太阳能电池制成的组件进行机械荷载测试,测试结果如表1所示。

表1 2种组件类型的机械荷载测试结果

组件类型	组件数量 / 块	电池数量 / 片	电池档位	测试标准	安装方式	功率衰减 / %
改良型组件	4	60	5.08	新测试标准	长边 1/4 压块 贯穿式安装	0.32
						0.25
常规 PERC 单晶硅光伏组件	2	60				5.05
						5.58

注: 1) 电池档位是指电池测试之后功率所在的档位; 2) 新测试标准是指最新的行业机械荷载测试标准, 即正面 5400 Pa 下压 1 h, 背面 2400 Pa 下压 1 h 为 1 个循环, 以此进行 3 个循环

由表1可知,改良型组件的功率衰减远小于常规PERC单晶硅光伏组件的功率衰减;并且根据行业标准,光伏组件机械荷载试验在标准测试条件下的最大输出功率衰减不得超过试验前的4%,而改良型组件的功率衰减仅0.32%左右。由此可知,将样品5与样品7的电池工艺相结合制作成改良型组件后,该类组件的抗机械荷载能力强。

3 结论

本文针对PERC单晶硅光伏组件机械荷载失效的问题,将电池的工艺流程进行了优化,测试后得到以下结论:

1) 背面电极激光线采用段式断开设计的方式,可有效避免激光线在背面电极位置造成损伤而加剧裂纹成核,以及由此导致的电池在机械荷载测试中碎裂的情况。

2) 背面电极与背电场连接处的两端采用断开

设计,可避免焊带在焊接过程中由于高度差导致受力不均匀,以及由此导致的组件机械荷载失效问题的产生。

3) 背面电极激光线采用段式断开设计及背面电极与背电场连接处的两端采用断开设计相结合的电池生产工艺为最优方案。

参考文献

- [1] 肖焕成. 未来五年太阳能电池市场属于单晶硅[EB/OL].<http://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/141119-621f6fbf.html>, 2014-11-19.
- [2] 李根虎. 电池工艺对 EWT 太阳能电池机械性能的影响[D]. 浙江: 浙江大学, 2012.
- [3] 赵江雷. 不同单晶硅太阳能电池机械性能分析[J]. 太阳能, 2016, (6): 37 - 39.
- [4] 李中兰, 汪雷, 杨德仁, 等. 背面电极花样对单晶硅太阳能电池机械性能的影响[J]. 太阳能学报, 2011, 32(2): 225 - 228.
- [5] 李中兰, 杨德仁, 朱鑫, 等. 薄片单晶硅太阳能电池片机械强度的研究[A]. 第十届中国太阳能光伏会议论文集[C]. 上海, 2008. 太阳能