

多晶铸锭对太阳能电池效率的影响

摘要：在提高太阳能电池的光电转换效率方面，越来越多的人开始关注多晶铸锭。本文通过对多晶铸锭铸锭炉结构本身、铸锭工艺的优化以及辅助材料方面等不同方面进行分析、对比，提出有利于提升太阳能电池效率的方法。

前言

2012年，我国光伏产业因全球经济衰退、光伏产能过剩、价格下跌、美国“双反”、欧洲“反倾销”等因素而进入寒冬期，光伏下游企业毛利率大幅下降，大部分企业面临严重亏损。2013年上半年国内多晶硅产量较去年还有明显下滑，2013年上半年国内多晶硅产量为2.8万吨，同比下滑23.6%。受供需关系及国际贸易等多种因素影响，2012年我国绝大多数多晶硅企业已停产。

由于下游供需局面并未有实质性转变，加上主要多晶硅企业生产成本仍在不断下降，2013年多晶硅企业经营状况仍不容乐观，多晶硅行业将保持在低位的运行，产业整合也有望见底行业的回暖预计要到2014年。多晶硅惨淡的行业景象并没有削减人们对太阳能组价的满足程度，正是由于供大于求的太阳能市场行情，人们对太阳能组件的功率要求越来越高，更多开始关注太阳能电池的效率。

为了提高太阳能电池的光电转换效率，最近光伏业界又推出了高效多晶铸锭技术。使用普通的电池片制作工艺，高效多晶硅片可达到17.3%以上的转换效率，现在最高可达18%左右。高效多晶铸锭技术的关键在于降低晶体中的位错和其他缺陷。业界估计至少有十余种方法制作高效多晶，例如使用单晶碎片或多晶碎片作为籽晶，使用特殊坩埚或热场等等。

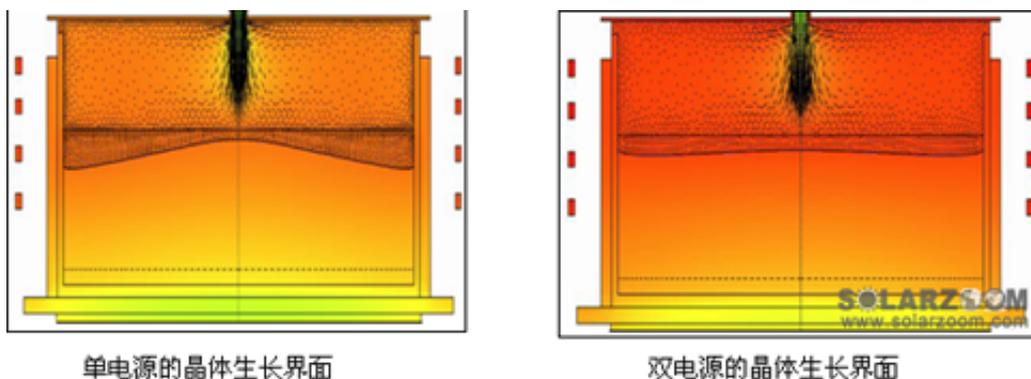
1、铸锭炉本身结构的优化

铸锭炉是直接将硅料高温熔融后通过定向冷却冷凝结晶，使其形成晶向一致的硅锭的设备。在加热使硅料完全融化后，通过定向凝固块将硅料结晶时释放的热量辐射到下炉腔内壁上，使硅料中形成一个竖直温度梯度。这个温度梯度使坩埚内的硅液从底部开始凝固，从熔体底部向顶部生长。硅料凝固后，硅锭经过退火、冷却后出炉。结构的优化对于铸锭的硅锭的效率的提升有很重要的作用。

1.1加热器双电源设计

多晶硅铸锭炉加热器的要求：加热超过1650℃；使用材料不能与硅料发生反应；可以在真空及惰性气体中长期使用。对于加热器的材料而言，目前行业中主要使用高纯石墨作为加热材料，主要使用单电源对石墨加热器进行加热。

使用双电源加热器带来的好处：改善铸锭硅块的晶向结构；增大晶粒的体积同时减少晶界；改善结晶平面，可以灵活控制长晶界面的形状，长晶速度更加平稳，解决了硅锭生长后期速度过慢的问题，如图（一）所示：



1.2铸锭炉冷却模式改进

硅的结晶速度取决于其底部石墨块的降温速度，较好的结晶速度会产生稳定的分凝速度，保证杂质的均匀析出，是生长高效多晶硅块的必经之路。目前行业中的冷却主要包括隔热笼的提升、隔热板的下降、底部水冷三种模式。

气冷技术与目前现有相比拥有自己独特的优势，将先前依靠移动隔热笼的被动DS块辐射降温的弱控制模式改为DS

块底部主动气体降温的强控制模式，使得晶体生长可控性更强。通过中空的DS块、气体冷却器、泵组、变频器等组成可控气体流量的闭合气路，以流动气体对DS块进行直接冷却，并通过DS台上的温度反馈调节泵组电机速度来控制冷却气体流量，从而实现精确的DS台温度控制。

具有气体温度、流量范围宽，调节精度高，且功耗低等优点。从而使硅锭生长的界面更加平稳，提高电池的转化效率。

2、铸锭工艺的优化

通过对热场温度的优化以及晶粒的细化，使晶体在初期的成核得到控制，在结晶过程中具有稳定的结晶速度和过冷度，从而提高了硅晶体的少子寿命，降低了硅晶体的内部缺陷，提高了多晶硅电池效率。

2.1大晶粒的制备

大晶粒学名成为准单晶（Monolike）是基于多晶铸锭的工艺，在长晶时通过部分使用单晶籽晶，获得外观和电性能均类似单晶的多晶硅片。这种通过铸锭的方式形成单晶硅的技术，其功耗只比普通多晶硅多5%，所生产的单晶硅的质量接近直拉单晶硅。简单地说，这种技术就是用多晶硅的成本，生产单晶硅的技术。准单晶产品的优势：转换效率高于普通多晶，接近直拉单晶电池片；与普通多晶电池片相比LID基本无变化，性能稳定；比起普通多晶，组件功率提升明显，单位成本降低；可封装265瓦（60片排布）大组件。

2.2调整热场结构，优化工艺

由于不同的温度梯度会导致不同的晶向产生，如果需要做到降低成核缺陷，需要清楚<100>的成核机理，经过查询，大于186度的温度梯度差，才能满足形成<100>晶向的温度要求。

通过改进工艺，调整热场结构，生长速度得以控制。改进后的多晶铸锭生长段配方后，晶体的生长速度更加趋于平稳，这样有利于杂质的均匀向上分凝。而与此同时保证界面的平稳性可以控制杂质的平稳析出。在控制界面水平则可以实现成核的一致性，及达到均匀晶粒的细化技术。对于整个生长过程，界面温度微凸是有利的，有利于杂质的向外排出，但太凸，会导致边缘16块受损严重。通过稳定热场，优化生长工艺，改进生长界面实现了降低缺陷密度，提高硅晶体少数载流子寿命的目的，最终达到了提高硅晶体电池效率的目标。

3、其它方面

3.1坩埚对电池效率的影响

目前市场上推出的高效坩埚，将坩埚表面的二氧化硅的纯度进一步提高，在硅料在铸锭炉进行融化时使坩埚分解出更少的杂质进入到硅料中，从而可以减少硅块中杂质的比例，提高电池的转化效率。

此外坩埚在喷涂中应该注意一些事项：搅拌时间不得少于10分钟，喷涂温度控制在40-70 之间，严禁湿喷，随时清理脱落的氮化硅。

3.2装料工艺对电池效率影响

装料过程会对铸锭产生影响，进而影响电池转换效率。注意以下方面：颗粒料、粉料单坩不超过20Kg，尽可能将粉料装于坩埚中部不接触坩埚壁；装料过程注意防尘，不接触金属，轻拿轻放，不要碰坏喷涂层；大块料避免放至内立棱附近，应尽量在距离内立棱10cm以外，在每层装料内立棱附近留有的空间，最好用碎块料填充，也可以不填充；装完料后，坩埚的运转中应避免颠簸；用吸尘器吸去推车上、石墨板上的残留物质在坩埚四边固定好石墨挡板四边石墨挡板的边必须与石墨底板边相吻合，且石墨挡板与底板平面相互垂直，对边两挡板与坩埚距离保持一致，用手旋上螺丝，不要太紧，拧紧后回转1/3~1/2。

4、总结

多晶铸锭对电池效率产生很大的影响，多晶硅片的生产可以很好地提升电池的转化效率，让太阳能电池具有更加良好的市场竞争力。2010年，多晶硅片的转换效率约为16%，价格约为每片3~4美元。当时，都具备一定竞争力而为市场所接受。到了2012年年底，多晶硅片的转换效率提高到17.2%左右，价格降到了每片0.8美元左右。

此时多数其他硅片技术已逐渐失去竞争力，市场占有率不断降低。到2014年，多晶硅片的转换效率预计将提高到18%以上，而成本降至每片0.5美元以下。光伏硅片生产技术的发展趋势表明，将来的硅片市场应该是高效多晶硅锭的市场。研究多晶铸锭成为今后的趋势，对太阳能电池的影响越来越会受到更多人的重视。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/64140.html>