

2018年会是准单晶的元年吗？

摘要：讲述了铸锭技术的原理及特点，对铸锭技术的发展现状进行了评述，从高效铸锭用籽晶、高效坩埚、热场改造及模拟、铸造单晶方面进行了论述，并对今后铸锭技术的发展趋势进行了探讨。

0引言

随着光伏行业的迅猛发展，多晶硅电池凭借其较高的性价比一直占据光伏市场的主导地位。但在多晶铸锭工艺过程中由于铸锭工艺的局限性，使得硅晶体存在位错、晶界、氧化物等缺陷，这些缺陷成为少数载流子的负荷中心，降低了光生载流子的寿命，从而影响电池的转换效率。如何为电池生产提供转换效率更高、质量更稳定的硅片一直是行业研究的热点。

1铸锭技术原理

多晶硅铸锭技术的好坏是影响电池转换效率的重要因素。在铸锭工艺环节采用的主要技术是定向凝固法，其核心是利用杂质在固相和液相中分凝系数不同达到排杂提纯目的。

以GTSolar公司为代表的铸锭炉主要运行步骤包括加热、化料、长晶、退火和冷却。即采用石墨加热器加热，使硅料达到熔点后，打开隔热笼，热量从底部散失，晶体硅在坩埚底部形核，通过控制液固界面的温度梯度，使晶体向上生长，形成多晶柱状晶。

2铸锭技术发展现状

2.1高效多晶用籽晶研究进展

高效多晶硅半熔铸锭过程中如何保留住籽晶是关键。目前普遍使用的籽晶类型有异质形核和同质形核两种类型。异质形核有SiC、SiO₂、Si₃N₄、C颗粒等。同质形核的硅质材料主要有碎硅片、硅颗粒和硅粉等。戚凤鸣等采用不同粒径的单晶籽晶铸锭高效多晶硅锭，得出粒径范围在1mm~4mm引晶效果最好，粒径大于4mm或粒径小于1mm时，晶体中位错密度都偏高导致少子寿命降低。权祥等研究硅粉、硅颗粒和碎硅片3种籽晶对引晶效果的影响，得出采用硅粉籽晶生长硅晶体晶粒均匀性最好，并能提高整锭电池效率。朱笛笛等得出0.154mm粒径范围的多晶硅颗粒籽晶的引晶效果好，并能提高电池的光电转换效率。晶澳太阳能的黄新明等用Si₃N₄包覆SiC-SiO₂复合颗粒铺设在坩埚底部作籽晶，能显著降低硅锭中下部的氧含量。常州天合的康海涛等两面均涂有硅氧层-硅氮层的单晶硅片，诱导形核来抑制位错，降低多晶硅材料体内缺陷。

2.2高效坩埚研究进展

采用高效坩埚也是提升硅片质量的有效途径。周海萍等采用Si₃N₄

涂层改性石英颗粒辅助生长柱状多晶硅晶粒，获得了均匀细小的多晶硅晶粒，有效降低了多晶硅缺陷密度，提高了电池的光电转换效率。沈维根等在坩埚底部分别制备硅粉、无机陶瓷胶的混合物涂层和氮化硅粉、无机硅溶胶、去离子水的混合物涂层，制成的太阳能电池转换效率也得到提升。王梓旭等发现采用掺钼高纯隔离层能有效阻挡杂质污染硅锭，改善铸锭中的边部红区，提高硅锭整体质量。

2.3铸造单晶技术

铸造准单晶硅由于其生产成本低于直拉单晶，其太阳能电池的转换效率高于传统铸造多晶硅，一直是光伏行业研究的热点。铸造单晶是在坩埚底部铺设特定晶向的籽晶，加热使部分籽晶熔化，从而生长出特定晶向的大晶粒、小晶界缺陷少的硅锭，切片后得到类似于单晶的大晶粒硅片，在不明显增加硅片成本的前提下，电池效率能提升0.5%以上。

2006年，BPSolar公司推出该技术MOMO2TM，近几年该方法成为铸锭技术的研究热点。在国内，研究的主要公司有晶澳、昱辉阳光、常州天合、保利协鑫、安阳凤凰光伏、江西赛维等。晶澳太阳能公司率先推出该技术，黄新明等系统研究了超大晶粒准单晶铸锭，研究的准单晶铸锭技术制成的“晶枫”电池最高转换效率达19%以上。江西赛维的陈红荣等过在坩埚底部铺设籽晶，提供了一种准单晶硅片的制备方法，并申请了专利。中国电子科技集团

公司第二研究所的侯炜强通过改进铸锭炉的结构和对工艺优化，形成的准单晶技术，促进了铸锭工艺的进步。常州天合的刘依依等单晶硅中掺杂有Ga、B、Ge三种元素，降低硼氧复合体的产生，从而降低了电池的光致衰减；同时提高了电

池片

的机械强

度。江苏协鑫通过

在多晶硅铸锭炉的坩埚和石墨护板之

间设置在铸锭过程中抑制坩埚外表面的SiO₂

和石墨护板中的C发生反应的隔离层；使用所述多晶硅铸锭炉通过定向凝固法铸造多晶硅或准单晶硅。

2.4热场优化与数值模拟

数值模拟为更好地理解熔体凝固过程中的传热传质及温场、流场的分布提供了有力的工具，已成为光伏学术界和产业界的重要研究和开发手段。用软件研究固液界面形状、等温线、轴向温度分布及冷却量对生长环境的影响。得出冷却速率的最佳值范围 $5W/m^2 \sim 15W/m^2$

。晶体轴向温度梯度增大 $1.72K/cm$ ，可促进大晶粒的生长。模拟软件优化了铸锭炉内部坩埚形状，得出将坩埚底面由平底结构改进为凸底结构，可有效解决中心区域结晶过早、边角区域结晶过慢产生的问题。铸锭炉热场改造并进行模拟，得出改进后的热场，硅熔体结晶的轴向温度梯度增加了 $2K/cm$ ，更有利于柱状晶的生长，同时硅熔体对流强度增大，有利于抑制结晶界面细晶的产生。

3铸锭技术发展方向

铸锭工艺发展的主要趋势是提升最终电池的转换效率和降低生产制造成本，在未来的发展中主要是以下几个方向：

- a)在高效半熔工艺基础上加大对籽晶的保护，努力做到籽晶保留面积达到100%，提高整锭电池效率0.1%左右；
- b)通过共掺杂技术，解决多晶电池的光衰问题，为提升电池效率的PERC工艺奠定基础；
- c)铸造更大尺寸的多晶硅锭也是未来发展的方向，G8铸锭炉的单炉投料量可达1500kg ~ 1600kg，单位产能可达16kg/h，其更高的性价比为多晶产品在光伏行业中占主导地位提供可靠保证；
- d)铸锭单晶以其成本低于直拉单晶、电池效率高于普通多晶一直备受关注，依然是铸锭工艺研究的重要方向。

4结语

随着光伏行业的发展，多晶铸锭工艺环节有了很大进步，通过优化晶体生长工艺和使用高效坩埚来降低晶体缺陷是一种重要途径；铸造单晶技术的研究也促进了铸锭技术的发展；随着计算机硬件和软件技术的进步，计算机模拟技术对分析铸锭炉热场、流场及传质方面起到了重要作用。未来铸锭技术的发展主要是硅锭尺寸要不断增大来降低加工成本；在籽晶保护方面还要力争做到100%；通过铸锭单晶技术提高电池转换效率依然是未来铸锭技术研究的热点。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/124464.html>