

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.02.012

单晶炉二次增料技术与装置

王新海¹, 张永军¹, 李俊涛¹, 宗红梅²

(1. 陕西国防工业职业技术学院 机械工程学院, 陕西 西安 710300;
2. 西安华晶电子技术股份有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要:针对单晶炉投料量不足而导致单炉产量低、石英坩埚寿命短等缺点,提出二次增料技术,并设计了单晶炉二次增料装置的机械结构。在设计二次增料装置时,采用了一种“无金属底盖”的设计思路,完成具有拉杆外置、内筒由2个半圆筒组成成为特点的结构设计。实践表明:该装置结构新颖实用、可操作性强,可使单晶炉每月单炉的产量提高20%,具有一定的推广价值。

关键词:单晶炉;二次增料技术;二次增料装置;单炉产量

中图分类号:TB472 文献标志码:B 文章编号:1005-2895(2014)02-0046-04

Secondary Casing Technology and Device of Single Crystal Furnace

WANG Xinhai¹, ZHANG Yongjun¹, LI Juntao¹, ZONG Hongmei²

(1. Department of Mechanical Engineering, Shaanxi Institute of Technology, Xi'an 710300, China;
2. Xi'an Huajing Electronic Technology Co., Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract: For single crystal furnace's low production by the cause of quartz crucible short life and other shortcomings, the structure of single crystal furnace and secondary casing technology was outlined. and then the secondary casing structure was designed. In the design of the secondary casing device, a "no metal bottom cover" method was proposed, and the mechanical structure was designed with characteristics of a pull rod external cylinder and the inner cylinder which was composed of two semicylinders. The results show that the structure of the device is novel and practical, and the maneuverability is easy. It can make the single crystal furnace monthly output increased by 20%, and has a certain popularization value.

Key words: single crystal furnace; secondary casing technology; secondary casing device; single furnace production

光伏发电作为清洁能源利用的重要分支有着广阔的前景,是本世纪新能源科学发展的重要方向之一^[1-2]。作为光伏产业链中最重要的一环,单晶硅棒代表着未来行业发展的趋势,特别是低成本、高效率单晶硅棒将成为太阳能组件市场最经济、最广泛的选择^[3-4]。目前,直拉法硅单晶炉是大多数厂商生产单晶硅棒的主要设备^[5-8],在保证单晶硅棒性能优良可靠的前提下,如何降低产品的制造成本是单晶硅制造厂家一直以来努力寻求的。面对行业需求,增大单炉投料量,提升单晶炉的单炉产量和效率,成为了行业的发展方向^[9]。通过研究,采用二次增料技术和装置提高了单

晶炉的产量,降低了生产成本,增加了企业的经济效益。

1 单晶炉简介与分析

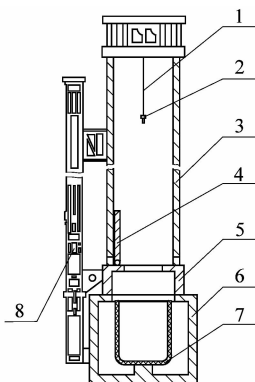
单晶炉主要由主炉室、炉盖、副炉室和翻板隔离阀等组成,如图1所示,利用单晶炉生产单晶硅棒的工艺流程为:拆炉—装料—化料—引晶—放肩—等径生长—收尾—取棒。其中,装料工序就是将多晶硅原料与掺杂剂小心装入石英坩埚内,石英坩埚的装料量直接影响到单晶炉的单炉产量^[10]。

目前,大多单晶生产厂商采用一次性投料技术,即化料工序后不再加入原料,直至下一炉装入新的石英坩埚。国内优质石英砂供应紧张,而石英坩埚是单晶

收稿日期:2013-07-19;修回日期:2013-09-09

基金项目:陕西国防工业职业技术学院2013年科研基金资助项目(Gfy13-02)

作者简介:王新海(1984),男,陕西西安人,陕西国防工业职业技术学院助教,主要研究方向为精密加工技术。E-mail: 593720252@qq.com



1—钢缆;2—提拉头;3—副炉室;4—翻板隔离阀;
5—炉盖;6—主炉室;7—石英坩埚;8—立柱

图1 单晶炉结构示意图

Figure 1 Schematic diagram of single crystal furnace structure

硅行业的高耗产品,充分利用石英坩埚的空间无疑对产量会产生极大的提升,生产成本会有明显的下降。由于装满原料的石英坩埚在原料熔化后体积的缩小会使石英坩埚剩余较大空间,影响其利用率,如果装料太多,原料堆积在导流筒内,原料熔化时,容易粘附在导流筒壁影响导流筒的使用寿命,利用二次增料技术可实现石英坩埚体积的充分利用,提高单晶炉的单炉产量和效率。

2 二次增料技术

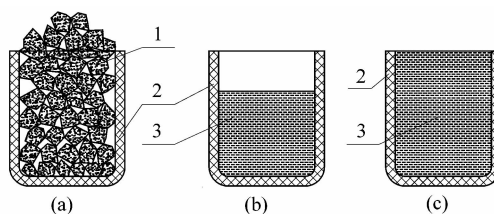
单晶炉二次增料技术是利用硅料固液转换时石英坩埚剩余体积的变化,通过翻板隔离阀的开闭,采用二次增料装置实现单晶炉的石英坩埚内盛满熔融硅料的技术。二次增料技术的具体步骤可描述为:化料工序结束后,关闭设在主炉室和副炉室之间的翻板隔离阀,将硅料存于打开的副炉室内,闭合副炉室,充入保护气体,打开翻板隔离阀,硅料落入石英坩埚内,对加入的硅料进行化料。

二次增料技术示意图如图2所示,图2(a)为装满固体块状硅料的石英坩埚,图2(b)为化料后的熔融硅料和石英坩埚,熔融的块状硅料不能充满石英坩埚的容积,图2(c)为采用二次增料装置将固体硅料再次加入石英坩埚内的剩余容积中,加热溶化后液体硅料充满石英坩埚。

3 二次增料装置

3.1 设计思路与结构

单晶炉二次增料装置在设计时主要考虑的两个关键点:一是增料结构对石英坩埚内硅料的污染;二是硅料的快速下落。



1—块状硅料;2—石英坩埚;3—液体硅料

图2 二次增料技术示意图

Figure 2 Schematic diagram of secondary casing technology

硅料污染方面,因为硅单晶体生长工艺在真空室里面进行,从原料、热场、保护气体、设备到坩埚等要求比较严格,这就对真空室的内环境提出更高的要求,二次增料装置在设计时^[11-12],采用硅饼替代金属底盖的“无金属底盖”设计思路,以此来减少二次增料装置底部金属在高温环境下氧化反应产生新物质而污染熔融硅料。

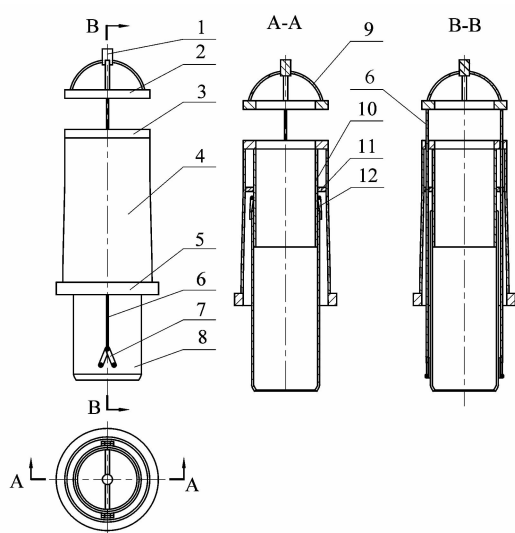
硅料快速下落方面,在最初设计时,内筒为一圆筒,拉杆置于内筒中间,装满硅料后,硅料与中间的拉杆产生摩擦力,硅料难于下落,出现硅料卡壳在内筒中间难以下落的现象,不能实现二次增料,影响生产效率。经过多次实验,设计了拉杆外置、料筒由两片半圆筒组成的二次增料机构。此结构在料筒打开时,拉杆外置消除了拉杆与硅料之间的摩擦力,两片半圆筒打开时,呈现喇叭状,此种结构可实现硅料的快速下落,解决硅料卡壳问题。

二次增料装置机械结构如图3所示:支撑圈5和下环3分别与外筒4焊接连接,内筒10焊接在下环3上,固定圈11分别与外筒4和内筒10相焊接,接头1和支架9焊接在一起,支架9焊接在上环2上,拉杆6与上环2焊接在一起,短拉杆7的两端采用销钉分别与拉杆6和半圆筒8连接,半圆筒8利用活页12连接在内筒10上。下环3、固定圈11上面钻有与拉杆6相匹配的通孔,两个拉杆可以在通孔内上下移动。

3.2 工作方法

在使用二次增料装置时,通过关闭翻板隔离阀可保持熔融的硅料始终处于保护气体之中,从而防止硅料污染影响拉制晶体质量和效率,单晶炉二次增料技术的实现主要分为两个步骤:一是装料,将硅料加入二次增料装置内;二是落料,将二次增料装置内的硅料加入单晶炉内的石英坩埚中。

装料时:如图4所示,沿竖直方向提起接头1,两个相同的半圆筒4闭合筒状,同时将半圆筒半径



1—接头;2—上环;3—下环;4—外筒;5—支撑圈;6—拉杆;7—短拉杆;8—半圆筒;9—支架;10—内筒;11—固定圈;12—活页

图3 二次增料结构简图

Figure 3 Schematic diagram of secondary casing structure

相同的圆形硅饼6置于闭合半圆筒4的底部,硅饼6受到半圆筒4底部弧度的支持而静止,硅饼、闭合半圆筒和内筒2组成一个底部封闭上面开口的容器,接着将块状硅料5由接头1下面的空隙间加入内筒2,实现二次增料装置的装料。

落料时的主要工作顺序简图如图5所示,图5(a)为单晶炉一次加料硅料融化后时,打开翻板隔离阀后的示意图,图5(b)为关闭翻板隔离阀,打开副炉室,图5(c)为单晶炉的提拉头提起二次增料装置的接头,

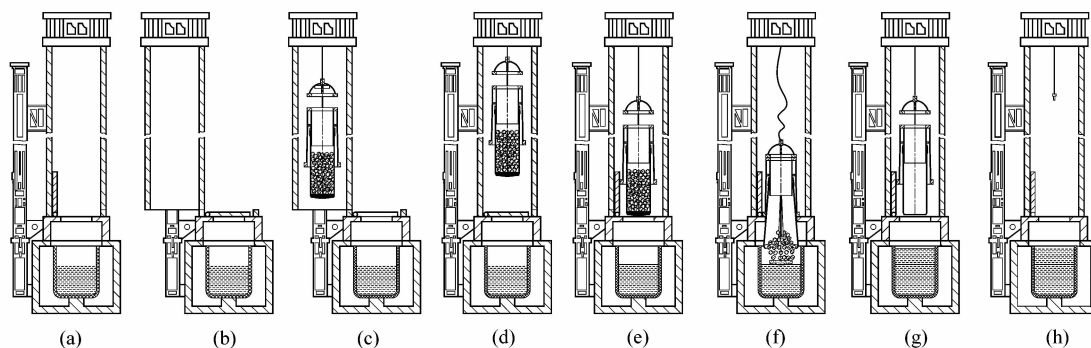
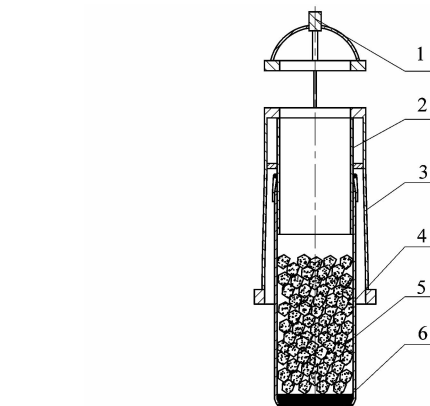


图5 落料示意图

Figure 5 Schematic diagram of unloading

3.3 经济效益

以某型号直立式单晶炉为例进行了多次生产实验,对数据进行统计分析得:拉晶平均成功率为69%,每月按30 d计算,每天24 h,单炉装料50 kg(未利用



1—接头;2—内筒;3—外筒;4—半圆筒;5—块状硅料;6—硅饼

图4 装料示意图

Figure 4 Schematic diagram of loading

装有硅料的二次增料装置置于副室中,图5(d)为关闭副炉室,充入保护气体,图5(e)为打开翻板隔离阀,并下落二次增料装置,图5(f)为进一步下降二次增料装置,使支撑圈4与单晶炉腔内突出位置相接触,松开单晶炉的提拉头,半圆筒1打开并呈现出喇叭状,硅饼和块状硅料一起落入单晶炉的石英坩埚内,图5(g)为提拉二次增料装置,使其置于副炉室内,并且关闭翻板阀,图5(h)为打开副炉室,取出二次增料装置,然后,关闭副炉室,充入保护气体,打开翻板阀,从而实现单晶炉的二次增料。在使用过程中,根据石英坩埚的容积大小,依次通过图5(a)到图5(h)的工作过程,利用二次增料装置多次加入硅料,使熔融硅料充满石英坩埚,实现石英坩埚容积的充分利用。

二次增料技术),拉一根单晶48 h(未利用二次增料技术);单炉装料75 kg(利用二次增料技术后),拉一根单晶需58 h(利用二次增料技术后),为了计算方便, (下转第52页)