

适用于 200 mm 太阳能电池片的 闭管扩散 / 氧化系统设计

钟 华, 盛金龙

(北京七星华创电子股份有限公司, 北京 100016)

摘 要: 介绍了适用于太阳能电池生产线闭管磷扩散设备, 着重阐述了该设备的结构组成、工艺原理及控制。

关键词: 闭管扩散; 太阳能; 设备

中图分类号: TN305.4

文献标识码: B

文章编号: 1004-4507(2007)05-0051-04

Diffusion/Oxidation System Design For 200 mm Solar Square Wafer

ZHONG Hua, SHENG Jin-long

(Beijing Sevenstar Huachuang Electronic Co. Ltd. Beijing, China 100016)

Abstract: A kind of diffusion equipment for solar battery product line is introduced. The main configuration, process and control are described.

Keywords: Closed Tube Diffusion; Solar battery; Equipment

1 引 言

自上世纪末至本世纪初以来,由于化石燃料的日趋枯竭,造成能源形势日趋紧张。加之与日俱增的化石燃料的燃烧所造成的环境污染,已经对地球生态平衡和人类的生存带来严重的危害。世界范围内的能源短缺和人们环保意识的增强,使得太阳能被认为是 21 世纪最重要的新能源。太阳能光伏发电是一种可再生的清洁能源,能量来源于取之不尽,用之不竭的太阳能,太阳能发电具有无污染、不破坏生态、安全、寿命长、维护简单、资源永不枯竭

的特点,这使得太阳能产业自 20 世纪 80 年代以来得到了迅速发展。全球光伏电池的生产每年以 36% 的速度递增。在我国全面建设资源节约型、环境友好型社会的大背景下,太阳能产业正面临着前所未有的发展机遇。因此国内太阳能电池行业近年来呈现高速增长的势头。尤其近几年国内太阳能发展迅猛,随着国内各个太阳能生产线的建立及扩建,对于太阳能设备需求量也很大。现在主要依靠进口,不仅费用太高,而且相关技术受制于人。所以急需研制出用于太阳能电池生产线上的关键设备,摆脱我国太阳能电池设备长期依赖进口的局面。

收稿日期: 2007-04-16

作者简介: 钟 华(1966-),辽宁人,高级工程师,现从事微电子工艺设备研发及设计工作。

作为半导体和太阳能电池专用设备的研制生产厂家,2006年,我公司成功研发了适用于太阳能电池生产线的闭管磷扩设备。该扩散系统供太阳能电池生产线 125 mm × 125 mm 及 156 mm × 156 mm 方片扩散工艺使用。扩散炉是太阳能电池生产线上的关键设备之一,它对 pn 结的质量和电池片的效率起着至关重要的作用。

2 设备的主要性能指标

2.1 设备指标

可配工艺管外径: 300 mm

工作温度范围: 400 ~ 1 200

恒温区长度及精度: 400 ~ 1200 : 1 100 mm / ± 1

单点温度稳定性: 600 ~ 1 200 : ± 0.5 /24 h

2.2 工艺指标

工艺均匀性: 片内 ± 3%、

片间 ± 4%、

批间 ± 5%

3 工艺原理

3.1 扩散工艺原理(见图 1)

在太阳能电池的制造中,基片通常为 p 型掺杂。为了形成 pn 结,磷常被用来作为太阳能电池的 n 型掺杂物。它的扩散是通过高温过程来实现的,一般有 2 种形式:管式炉和带式炉(带式炉的金属网带通常会带来金属污染)。

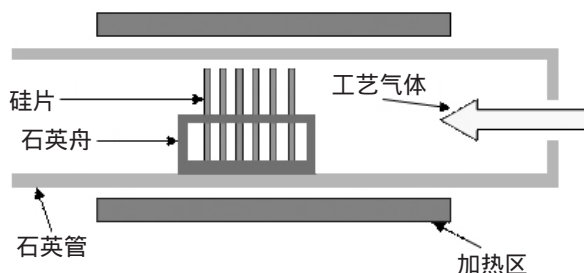
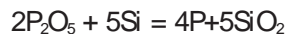
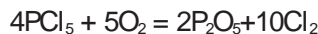
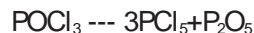


图 1 扩散工艺示意图

管式炉主要用于气相扩散,通常使氮气通入装有液态 POCl_3 (20 ~ 30) 的石英泡内,将 POCl_3 携带入反应室,典型的工艺温度为 880 ,也可用于固相扩散,这种方式可以在硅片的两面和边缘生成 PN 结;管式炉的反应环境比较干净,无金属污染,也可以在一批次中处理多个硅片。pn 结的厚度约为 0.3 μm,磷的浓度很高,通入的氮气为 3 L/min,半导体磷扩工艺一般为 1 L/min。

在扩散过程完成后,一般会在硅片表面形成一层磷硅玻璃,需要用 HF 酸腐蚀去除,以免影响后面的工艺进行。

工艺反应:三氯氧磷(POCl_3),无色透明液体,室温有较高的蒸汽压,沸点:105.3 ,600 以上可分解,蒸汽有毒。



三氯氧磷(POCl_3)在潮气中易水解,扩散系统要注意干燥:



P_2O_5 降温,遇水 ----- 偏磷酸。

4 设备主要构成

我公司 2006 年推出的四管扩散炉(见图 2),具有 4 套独立的工艺炉管,供 156 mm × 156 mm 方片进行扩散、氧化、退火等工艺使用。系统分为左、右手操作型式。整机由 7 个大部分构成,即扩散炉主机、排毒箱、气源柜、净化工作台、悬臂推拉舟装置、反应管、控制柜。

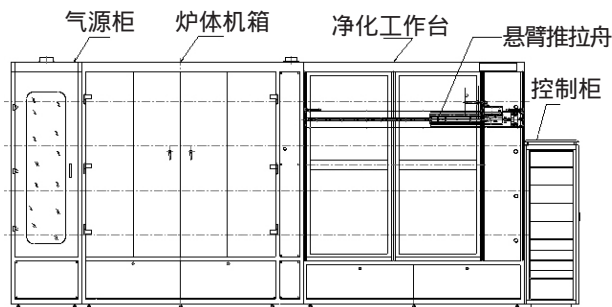


图 2 四管扩散 / 氧化系统示意图

4.1 扩散炉主机

扩散炉主机的顶部是热交换器,中部是加热炉体,下部是功率调节部件。

热交换器。扩散炉顶部装有水冷散热器,水冷散热器上装有6个排风扇。目的是将加热炉体工作时产生的一部分热量通过循环水带走,从而避免厂房温升过高。

加热炉体。炉体的加热丝采用进口炉丝,炉体三段加热,三点控温。

功率调节部件。采用进口的功率调节板,触发可靠。

4.2 排毒箱

排毒箱安装在扩散炉主机与净化工作台之间,它由独立的不锈钢箱体和公共排风道组成。每个箱体对应一个炉管,每个箱体侧面均有一个风量调节板。为了更好的将尾气完全排出,在独立的不锈钢箱体和公共排风道外面增加了一个单独的尾气排放口。

4.3 气源柜及气路系统

气源柜是相对独立的部分,包括了气源控制单元、4个气路管路小盒及源瓶和源温控制器。所有气路元件采用进口管阀件及国产优质质量流量控制器,采用卡套连接方式,与液态源接触的管路采用PFA管件。气路系统不仅要保证气体的纯度不被污染、气体流量设定精度高,而且进气和出气方式将影响气体在反应管内的气流模型。

4.4 净化工作台

水平层流的净化工作台提供一个洁净的工作区。净化台顶部装有日光灯,中部装有4套悬臂送料装置,悬臂送料装置均是侧壁安装,以防止反应的副产物—偏磷酸污染运动机构。下部装有开关板和4套步进电机驱动控制器。

4.5 悬臂推拉舟装置

系统配有4套悬臂推拉舟装置。该装置上装有限位开关,极限位开关。该装置的步进电机驱动器采用细分电路,保证配备了SiC悬臂桨的推拉舟装置运行平稳。

4.6 反应管

该部件是系统的重要部分,我们采用了进口石英材料制成,从而保证了硅片工艺区域无金属污染,同时在结构上以电池片质量为出发点,设计为后排气方式,达到很好的效果。

4.7 控制系统

本设备采用智能控制器,对炉温、阀门进行自动控制,并管理全部工艺时序。每个炉管有一套独立的控制系统,并配有PROFILE监测系统。具有多重可编程的升、降温功能;具有PID自整定功能和多点温度补偿功能;可存储10条工艺曲线。每条工艺曲线最多有15步。曲线间可以任意链接、重复;具有超温报警、工艺结束报警功能。具有极限超温报警功能,同时能自动切断炉丝加热电源;具有标准通讯功能,可同时显示控制热偶温度值及PROFILE热偶温度值;留有通讯接口,可配备一台上位机,通过专用软件实现对四管的管理,可通过电脑显示控制热偶温度实际值和PROFILE温度实际值。

在流量控制与监测系统上,选用智能控制器及流量报警控制电路对质量流量控制器进行每一路工艺气体的实时控制与监测,具有在线报警与调节功能,同时能对每一路气体阀门很方便地进行手动自动切换。并留有通讯接口,可通过电脑显示流量的实际值。

5 关键技术

研制工作的技术关键在于:超长恒温区的精密控温;闭管扩散的实现;闭管工艺的实现。

5.1 温度控制

温度是扩散工艺的关键因素之一,热壁式反应炉的工作原理是利用控制炉壁上的温度达到反应管内温度的稳定与恒温区内温度的低偏差。所以需要一套反应管内的温度监测系统,如检测到恒温区内温度偏差偏离指标,需要对温区进行自动分布。保证反应管内温度的均匀性。尤其对大口径、长温区的设备,由于温度均匀性受干扰因素多,不好保

证,所以控温功能显得更为重要。

5.2 闭管扩散的实现

由于太阳能电池生产的特殊性,在工艺要求上与半导体的有很大区别,最主要的区别是对设备工艺管有密封要求。因为要实现闭管扩散工艺,所以必须进行炉口密封。为减少金属离子对电池片质量的影响,在炉口处不允许利用水冷法兰。这与传统的密封相比更提高了密封要求,必须保证炉口处不能有丝毫泄露,否则密封圈将很容易被泄露气体的热量烧坏。通过深入生产线现场,学习太阳能电池生产的磷扩工艺,分析工艺原理,寻找问题的结症。在结构设计和工艺上进行了大胆的改进,向旧的技术模式勇敢地发起了挑战。经过无数次的试验,包括数次失败的考验,最终解决了这个棘手的难题:即在没有任何水冷条件下,在工艺温度高达900℃时,采用普通氟橡胶密封圈能够使工艺管密封,并能够长期工作。

5.3 太阳能电池扩散工艺

太阳能扩散工艺与半导体扩散工艺相比,磷浓度高。需要温度、氮气气量、氧气气量、磷源的量等参数的合理结合才能保证pn结的质量。

6 结束语

我公司研制的闭管磷扩设备最终满足了太阳能电池生产线的各项要求,在国内用户中得到很好的口碑,树立起了良好的企业形象。设备订单也纷至沓来,到目前为止,已经有近50台设备应用在国内的太阳能电池生产线上。

太阳能专用设备广泛应用于生产太阳能电池片和其他制造领域。对提升我国太阳能行业的装备制造行业具极大的推动作用,对我国太阳能产业链整体技术的提升起到极大的促进作用,能够降低我国太阳能产业对进口设备的依赖,极大地增强行业的国际市场竞争能力。

(上接第33页)

emphasized is that the software improvement for SB6 chamber purging is not a complete solution. What the best way to solve possible problems is made by increasing some hardware components. The reason hardware improvement had not been done in our machine is that it is money-consumed and energy-saving. If hardware improvement, except for increasing a high vacuum valve, vacuum pumping of the process chamber is achieved, for example, by a turbo pump backed by a rotary pump and an automatic by-pass pumping system. It is said that the newest bonders from Suss employ not only an automatic by-pass pumping system but also a so-called loadlock unit especially for wafer loading/unloading manually.

References :

- [1] SUSS SB6 Substrate Bonder Operating Manual Version

1.4 published by Suss Microtec [M], Page 24-26, Nov. 2000.

- [2] Working with Turbopumps by Pfeiffer Vacuum [DB/OL]. http://www.pfeiffer-vacuum.com/filepool/2/File/PT0053PE_Working_w_Turbopumps.pdf, Dec 10, 2006.
- [3] Understanding Turbomolecular Pumps [DB/OL]. http://www.physics.rutgers.edu/ugrad/387/388s06/UHV_LEED/UHV_Pumps.pdf, Dec 12, 2006.
- [4] Introduction to Vacuum Technology [DB/OL]. <http://www.phys.uwosh.edu/rioux/texts/vacuum.pdf>, Jan 2, 2007.

Acknowledgment:

When the dissertation is coming to the end, I have not sufficient words to express my gratitude to our senior mechanical engineer Shen Qiang for his constant emotional support and for his sound all-around advice. Over the course of my dissertation, he has provided me with useful information of both e-beam lithography and turbo pump. I thank Shen Qiang for being here for me every step of the way.