

Research on Acid Texturing Stability of Multi-Crystalline Wafer

Yujun Feng, Yuyu Liang*, Pengfu Jiao, Chao Zhang, Yanke Jia, Sentao Wang

ShanXi Lu'An Photovoltaics Technology Co., Ltd., Changzhi

Email: happy602yuyu@163.com

Received: Dec. 17th, 2013; revised: Dec. 23rd, 2013; accepted: Dec. 26th, 2013

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The stability of etch depth of multi-crystalline silicon plays an important role in acid texturing process. In this paper, differences of horizontal and vertical etch depths were discussed. Combing with the analysis of the chemical flow direction's influence on acid texturing etching stability, this paper emphasized the importance of the equipment structure's design to the process stability.

Keywords

Multi-Crystalline Silicon; Acid Texturing; Etching Stability

多晶Si酸制绒刻蚀稳定性的研究

冯宇俊, 梁玉玉*, 焦朋府, 张超, 贾彦科, 王森涛

山西潞安太阳能科技有限责任公司, 长治

Email: happy602yuyu@163.com

收稿日期: 2013年12月17日; 修回日期: 2013年12月23日; 录用日期: 2013年12月26日

摘要

多晶Si酸制绒刻蚀稳定性对制绒工艺有重要的影响。本文主要研究酸刻蚀量在横向和纵向的不同, 结合槽体内部分析液体流向分布对刻蚀稳定性的影响, 强调设备结构设计对工艺稳定性影响的重要性。

*通讯作者。

关键词

多晶硅；酸制绒；刻蚀稳定性

1. 引言

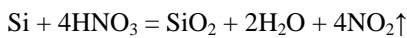
在光电领域中，由于多晶硅电池片成本较低，已占据大部分市场。为了提高多晶硅太阳能电池的转化效率，需要对硅片进行绒面织构，减少光的反射。

多晶硅制绒工艺有多种，等离子刻蚀、机械刻槽、电火花刻蚀、激光刻蚀、酸液刻蚀等[1]-[4]。酸腐蚀液刻蚀由于工艺简单，成本低，适合大批量生产，因此广泛应用在多晶硅电池绒面制作。

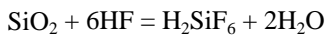
在多晶制绒设备[5]可分为链式和槽式两种。链式制绒设备比槽式制绒设备[6]更易实现量产化生产，但制绒均匀性等方面还需进一步提高。本文所用制绒设备为 Centrotherm 公司设计的链式多晶清洗制绒设备，主要包括制绒工艺、碱清洗、酸清洗、水洗及烘干处理等工艺流程。

2. 酸腐蚀制绒的反应机理

一般认为多晶硅片与酸反应分为两步[7]。首先是硅片的氧化反应。多晶 Si 与具有氧化性的 HNO_3 反应在硅片表面生产致密、不与硝酸反应的 SiO_2 层。



第二步是 SiO_2 层的溶解过程，即 SiO_2 与 HF 反应生成可溶的 H_2SiF_6 ，这样完成多晶硅片的制绒反应。



在实际反应中，氧化和溶解同时进行[8]，任何一个过程的减慢即浓度的降低均会降低反应速率。

制绒后由浅灰色的原硅片变成灰黑色的有多孔绒面结构的硅片，可降低反射率，提高光的吸收。

3. 实验方案

影响制绒工艺稳定性的因素有很多，如槽体化学品的配比[9]、温度[10]、添加剂[11]、时间等。本文采用相同化学配比，在相同温度、带速下，排除其他影响因素，主要研究链式多晶制绒设备的五条轨道的刻蚀量，研究其稳定性，提出设备液体流向分布均匀性方面的优化建议，从而保证生产工艺的稳定。

实验过程中使用晶花分布一致的硅片，排除微晶硅片对实验结果的影响。每组数量 5 片，采用的硅片为市售产品，其面积为 $156 \times 156 \text{ mm}^2$ ，电阻率为 $1\sim 3 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$ ，厚度为 $200 \pm 20 \text{ }\mu\text{m}$ ， HF 原液的质量分数为 49%， HNO_3 的质量分数为 68%。硅片经 HF 与 HNO_3 混合溶液腐蚀后，依次经过碱洗、酸洗、水洗、烘干等工序，再用电子天平分析制绒前后的五个轨道的刻蚀深度。

4. 分析与讨论

4.1. 槽体内部结构

本实验所用制绒工艺槽体结构如图 1 所示，如图中 1 所示为槽体排风管道，2 所示为制绒工艺槽体建浴管道，总共设有五组，每一组对应一条轨道，同一轨道上有一组两根建浴管。每一根的方向与硅片在槽体内部的运动方向一致，并且每一根管道在径向分布直径大小相同的小孔，制绒储液槽体内部液体由这些小孔经循环泵打到制绒工艺槽体内，并且通过这些小孔后的液体流向与建浴管道和硅片在槽体内部的运动方向成 90° 角；在制绒工艺槽体前后都有溢流挡板，而且靠近出料端的溢流挡板要高于进料端的溢流挡板，当液体高过进料端的溢流挡板之后溢流的液体经过溢流槽重新回流到储液槽，这样形成一个液体循环。

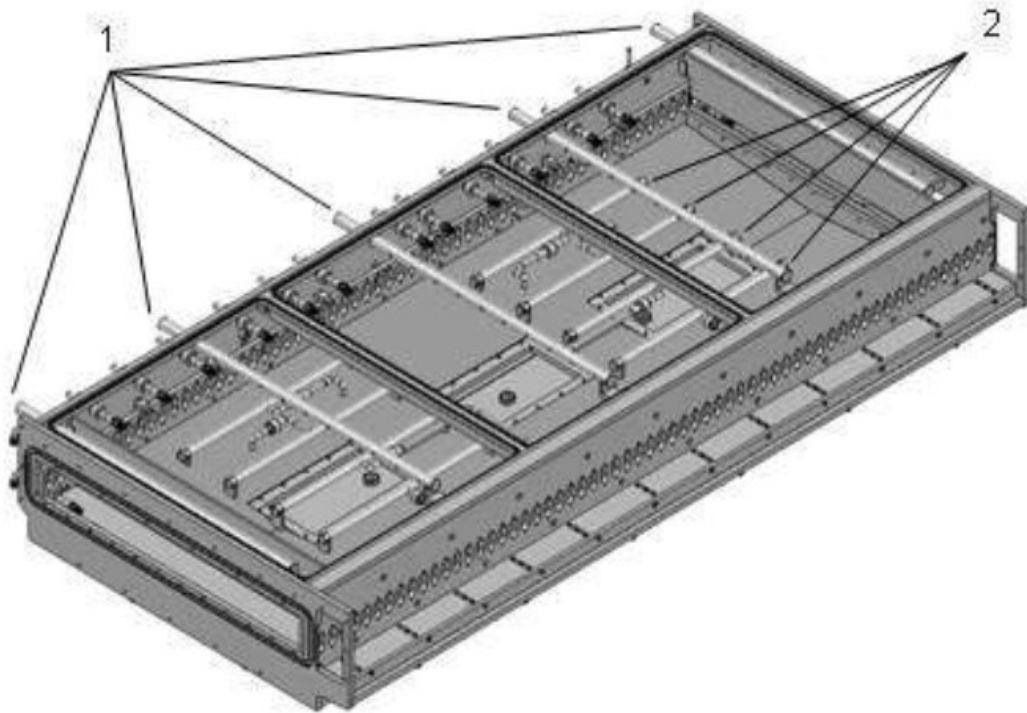


Figure 1. The structure of the etch bath
图 1. 制绒工艺槽体结构

4.2. 横向对比结果

在相同带速 1.6 m/min 相同温度 8.1℃ 下测量五条轨道的刻蚀深度如表 1。

由图 2 可知，五条不同的轨道在相同温度、带速下测量，刻蚀深度出现差异性，其中最大差值可达 0.22 μm 。分析造成这种差异的主要原因是五组建浴管道上的小孔的液体流向均与硅片的流向成 90°角，而且五组建浴管道很难控制在各个轨道的化学液浓度分布均匀性，这样不利于液体在硅片运动中的反应均匀性，也就导致了刻蚀量的不均一。

4.3. 纵向对比结果

在相同设备条件下，相同带速 1.6 m/min 相同温度 8.1℃ 不同时间测量同一轨道的刻蚀深度(表 2)。

由图 3 可知，在设备条件均一致的情况下测量同一轨道，其刻蚀深度也会出现差异性，其中最大差值可达 0.6 μm 。我们分析造成这种差异的主要原因是由于液体经过建浴管道上的小孔之后的液体流向是与硅片的流向成 90°角的，而且同一组建浴管道的液体，一组两根建浴管很难保证它在硅片运动方向上的化学液浓度分布均匀性，所以这样的差异也是由于液体流向是与硅片的流向角度问题造成的。

4.4. 有待进一步研究的问题

影响刻蚀深度稳定性的因素有很多，本文只是对设备槽体结构进行了分析研究，其中带速的调整、温度的精确控制以及化学品配比等对制绒工艺的稳定性还需进一步研究讨论。

5. 结论

从化学反应的角度出发，首先考虑的是反应条件，即化学液各组分的浓度分布均匀性，由以上的实

验结果以及对制绒槽体内部结构的分析可以得出槽体内建浴管喷射液体的流向与硅片在制绒工艺槽体内运动方向保持逆向更加有利于液体与硅片接触反应的均匀性，从而保证刻蚀量的均匀性与稳定性。

在太阳能电池技术的发展中，设备与工艺的集成化程度越来越高[12]。制绒工艺稳定性与设备结构设计密不可分。在现代化大生产中，需要考虑设备的维护、生产成本、工艺稳定性等诸多因素，所以研发

Table 1. Different etch depth in five horizontal tracks
表 1. 横向五条不同轨道的刻蚀深度

分组轨道	1	2	3	4	5
1	3.57	3.67	3.65	3.57	3.45
2	3.48	3.58	3.51	3.48	3.4
3	3.46	3.58	3.49	3.49	3.46
4	3.52	3.58	3.55	3.53	3.48

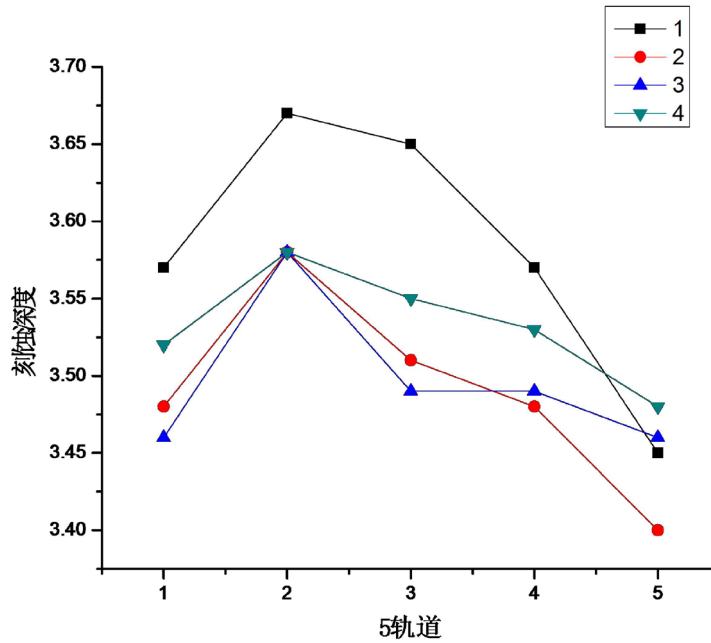


Figure 2. Different etch depth in five horizontal tracks
图 2. 横向刻蚀深度对比图

Table 2. Different etch depth in five vertical tracks
表 2. 纵向五条不同轨道的刻蚀深度

轨道分组	1	2	3	4
1	3.41	3.22	3.84	3.62
2	3.3	3.14	3.79	3.51
3	3.29	3.11	3.79	3.57
4	3.28	3.08	3.67	3.41
5	3.29	3.13	3.63	3.54

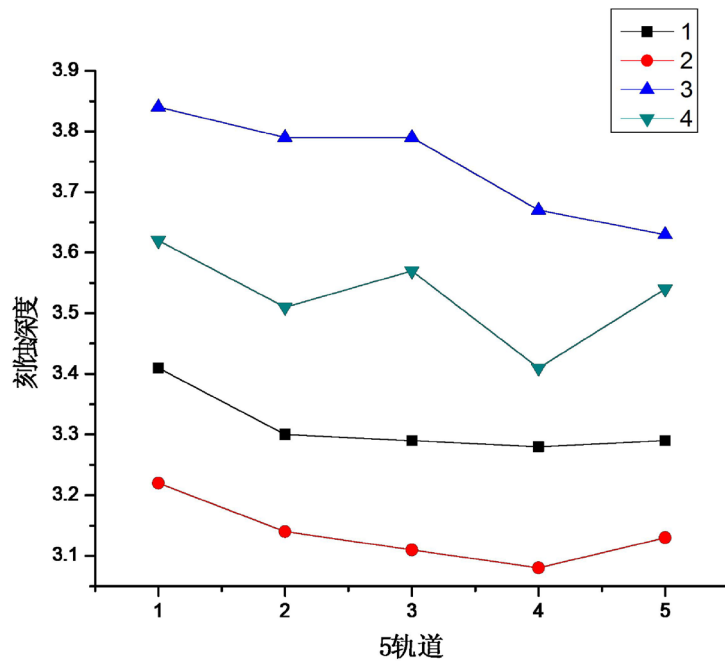


Figure 3. Different etch depth in five vertical tracks
图 3. 纵向刻蚀深度对比

液体的流向与硅片在制绒工艺槽体内运动方向保持逆向的制绒设备是关键，这对推进太阳能电池片生产工艺，提高电池转换效率，推动光伏产业技术的创新与发展有着非常重要的作用。

作者简介

梁玉玉(1986-), 女, 硕士研究生, 主要从事太阳能电池制绒方面的研究。

参考文献 (References)

- [1] 吕肖前, 孟凡英, 等 (2010) 多晶 Si 太阳能电池新型制绒工艺研究. *光电子.激光*, **3**, 401-403.
- [2] 马洪江, 蔡震, 等 (2013) 离子刻蚀多晶硅问题解析. *微处理机*, **1**, 16-17.
- [3] 谷锦华, 卢景霄, 李维强 (2003) 机械刻槽埋栅硅太阳能电池化学镀工艺的改进. *郑州大学学报*, **2**, 32-33.
- [4] 管自生, 张强 (2005) 激光刻蚀硅表面的形貌及其对浸润性的影响. *化学学报*, **10**, 880-884.
- [5] 杨筱娟, 高丽颖, 等 (2011) 在线式多晶制绒清洗设备数据质量控制. *电子工业专用设备新技术应用*, **11**, 41-45.
- [6] 于皓洁, 林立, 等 (2011) 多晶制绒工艺与设备的研究. *电子工业专用设备*, **1**, 27-30.
- [7] 肖文明, 檀柏梅, 等 (2009) 多晶 SI 太阳能电池表面酸腐蚀制绒的研究. *显微、测量、微细加工技术与设备*, **10**, 627-631.
- [8] 许欣翔 (2007) 多晶硅太阳能电池表面织构化工艺的研究. 硕士学位论文, 中山大学, 广州, 13-14.
- [9] 李海玲, 王文娟, 等 (2010) 在 HNO_3/HF 混合液中反应副产物对腐蚀特性的影响. *太阳能学报*, **9**, 1150-1153.
- [10] 何垚, 潘盛, 等 (2010) 温度对多晶酸制绒的影响. In: *第十一届中国光伏大会暨展览会会议论文集*, 131-133.
- [11] 孙志刚 (2006) 多晶硅太阳能电池新腐蚀液的研究及其应用. 博士学位论文, 上海交通大学, 上海.
- [12] 于静, 王宇, 等 (2010) 晶硅太阳能电池工业生产中制绒工艺与设备设计要点. *电子工业专用设备*, **4**, 1-4.