



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102938431 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201210402361. X

(22) 申请日 2012. 10. 19

(73) 专利权人 上海中智光纤通讯有限公司

地址 201108 上海市闵行区金都路 4299 号  
208 室

(72) 发明人 彭铮 李媛媛 王巍 杨磊  
李正平 沈文忠

(74) 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务  
所 31233

代理人 黄志达 谢文凯

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

C30B 33/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102593268 A, 2012. 07. 18, 权利要求 1、  
7, 说明书第 0005 段 -0019 段, 第 0025 段, 第 0035  
段, 第 0039 段.

CN 102593268 A, 2012. 07. 18, 权利要求 1、

7, 说明书第 0005 段 -0019 段, 第 0025 段, 第 0035  
段, 第 0039 段.

CN 101735903 A, 2010. 06. 16, 权利要求 1、  
5, 说明书第 0011 段 -0025 段.

WO 2009030299 A2, 2009. 03. 12, 说明书及附  
图.

阙端麟主编. 硅表面清洗及其原理. 《硅材料  
科学与技术》. 浙江大学出版社, 2000, (第 1 版),  
第 254-267 页.

审查员 姚珂

权利要求书2页 说明书6页

(54) 发明名称

一种太阳能电池的硅片清洗制绒方法

(57) 摘要

本发明涉及一种太阳能电池的清洗制绒方法, 包括: 对硅片的预清洗、碱性溶液下去损伤层、表面氧化层刻蚀、干燥工序、预清洗、制绒形成金字塔绒面结构、清洗去除有机物、表面抛光圆滑绒面、清洗去除金属杂质、表面氧化层刻蚀、干燥工序。本发明的清洗制绒方法操作简单, 成本低廉, 适用于大面积太阳能电池的批量生产; 运用本发明的清洗制绒方法, 可以使硅片表面清洗得更干净, 同时形成的金字塔绒面的顶部带有一定的圆滑面, 有利于解决在后续的等离子体沉积中由于尖端放电等不利因素导致的非晶硅薄膜沉积不均匀的问题。

CN 102938431 B

1. 一种太阳能电池的清洗制绒方法,包括如下步骤:

(1) 将硅片进行预清洗,然后用去离子水漂洗,得到预清洗后的硅片;

(2) 将上述预清洗后的硅片放入碱性溶液中进行去损伤层刻蚀处理,然后用去离子水漂洗;

(3) 将步骤(2)得到的去损伤层后的硅片用氢氟酸水溶液进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理,然后用去离子水漂洗后干燥;

(4) 将步骤(3)得到硅片进行预清洗,然后用去离子水漂洗;其中,步骤(1)和(4)中所述的预清洗中所用的清洗液为含有 $\text{NH}_4\text{OH}$ 和 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的去离子水溶液,其中 $\text{NH}_4\text{OH}$ 的质量百分数为2-5%, $\text{H}_2\text{O}_2$ 的质量百分数为3-6%,去离子水的质量百分数为89-95%,预清洗的温度是50-90°C,预清洗的时间为2-12分钟;

(5) 将经过步骤(4)处理后的硅片放入制绒液中进行制绒,制绒后用去离子水漂洗;

(6) 将步骤(5)得到的制绒后的硅片进行清洗以去除有机物,然后用去离子水漂洗;

(7) 将步骤(6)清洗后的硅片置于含有 $\text{HF}$ 和 $\text{HNO}_3$ 的去离子水溶液中进行表面抛光圆滑绒面处理,处理的温度5-30°C,处理的时间是1-15分钟,处理后用去离子水漂洗;其中含有 $\text{HF}$ 和 $\text{HNO}_3$ 的去离子水溶液中 $\text{HF}$ 的质量百分数为0.1-2%, $\text{HNO}_3$ 的质量百分数为40-60%,去离子水的质量百分数为38-59.9%;

(8) 将经过步骤(7)处理后的硅片进行清洗以去除金属杂质离子,然后用去离子水漂洗;

(9) 将经过步骤(8)处理后的硅片用氢氟酸水溶液进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理,最后干燥即可。

2. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(2)中所述的碱性溶液为质量百分数为1-10%的 $\text{NaOH}$ 或 $\text{KOH}$ 水溶液,所述的去损伤层刻蚀处理的处理温度为50-90°C,处理时间是1-6分钟。

3. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(3)和(9)中所述的氢氟酸水溶液中氢氟酸的质量百分数为1-10%,所述的腐蚀处理中腐蚀温度为10-30°C,腐蚀时间为1-6分钟。

4. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(3)和(9)中所述的干燥为用热风干燥,干燥温度为60-80°C,干燥时间为15-40分钟。

5. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(5)中所述的制绒液的成分为 $\text{NaOH}$ 或 $\text{KOH}$ 、添加剂和去离子水,其中 $\text{NaOH}$ 或 $\text{KOH}$ 、添加剂和去离子水所占的质量分数分别为1-10%、0.1-1.0%和89-98.9%;所述的制绒的温度为50-90°C,制绒的时间为15-40分钟;所述的添加剂为含有表面活性剂的甲醇/乙醇/水的混合液。

6. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(6)中所述的清洗中所用的清洗液为含有 $\text{NH}_4\text{OH}$ 和 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的去离子水溶液,其中 $\text{NH}_4\text{OH}$ 的质量百分数为2-5%, $\text{H}_2\text{O}_2$ 的质量百分数为3-6%,去离子水的质量百分数为89-95%,清洗的温度是50-90°C,清洗的时间为2-8分钟。

7. 根据权利要求1所述的一种太阳能电池的清洗制绒方法,其特征在于:步骤(8)中所述的清洗中所用的清洗液为含有 $\text{HCl}$ 和 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的去离子水溶液,其中 $\text{HCl}$ 的质量百分数为1-10%, $\text{H}_2\text{O}_2$ 的质量百分数为1-5%,去离子水的质量百分数为85-98%;所述清洗的温度为

50-90℃,清洗的时间为 1-10 分钟。

## 一种太阳能电池的硅片清洗制绒方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于硅片清洗制绒领域,特别涉及一种太阳能电池的硅片清洗制绒方法。

### 背景技术

[0002] 太阳能被认为是最有发展前途的一种可再生能源,一方面是因为太阳无所不在,太阳照到的地方就有太阳能,另一方面太阳能是取之不尽用之不竭的。将太阳光转换成电能的太阳能电池制造方法在近几年发展非常迅速,产生了各种各样的电池。目前,大规模开发利用太阳能光伏发电的核心在于提升太阳能电池的光电转换效率和降低太阳能电池的生产成本。带有本征薄层的非晶硅/单晶硅异质结太阳能电池,即 HIT 太阳能电池,可以用 200° C 以下的低温非晶硅沉积技术来替代传统晶硅电池生产工艺中的高温过程,因而有望成为另一种形式的单晶硅电池,在实现低价高效太阳能电池方面具有非常重要的应用前景。目前,日本的松下公司在 2011 年研发的 HIT 太阳能电池已经实现 23.7% 的转换效率,而世界上其他研究组均无法达到 20% 以上。因此,为了能研发出转换效率超过 20% 的高效 HIT 电池,改进太阳能电池制造技术,优化生产工艺,具有十分重要的意义。

[0003] 经对现有 HIT 太阳能电池制造工艺研究调查发现, HIT 太阳能电池是利用晶体硅做衬底材料,在其上沉积非晶硅薄膜。其中非晶硅薄层的均匀性和薄膜质量,是影响太阳能电池效率的关键因素之一。但是由于非晶硅薄层的厚度仅有 5-15 纳米,因此非晶硅薄膜的沉积受到硅片表面形貌的严重影响。目前的 HIT 太阳能电池制造工艺中,为了获得硅片表面较好的减反射效果,往往利用硅本身晶面腐蚀速度的不同做成表面为(111)晶面的四面方锥体结构,即金字塔结构。但是该结构因其尖峰锐利,易于在非晶硅薄膜沉积过程中引起等离子体放电等不利因素,使得难于获得沉积均匀的非晶硅薄膜,造成薄膜质量较差和低电池转换效率。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种太阳能电池的硅片清洗制绒方法,该方法简单高效,适用于异质结太阳能电池的清洗制绒,也适用于大面积太阳能电池的生产,这将为大规模生产高效异质结电池提供重要参考,应用前景广阔。

[0005] 本发明的一种太阳能电池的清洗制绒方法,包括如下步骤:

[0006] (1) 预清洗:将硅片进行预清洗,然后用去离子水漂洗 2-5 分钟,得到预清洗后的硅片;

[0007] (2) 碱性溶液下去损伤层:将上述预清洗后的硅片放入碱性溶液中进行去损伤层刻蚀处理,去损伤层后用去离子水漂洗 2-5 分钟;

[0008] (3) 表面氧化层刻蚀并干燥:将步骤(2)得到的去损伤层后的硅片用氢氟酸水溶液进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理,然后用去离子水漂洗 2-5 分钟后干燥;

[0009] (4) 预清洗:将步骤(3)得到硅片进行预清洗,然后用去离子水漂洗 2-5 分钟;

[0010] (5) 制绒形成金字塔绒面结构:将经过步骤(4)处理后的硅片放入制绒液中进行

制绒,以形成金字塔绒面结构,制绒后用去离子水漂洗 2-5 分钟;

[0011] (6) 清洗以去除有机物:将步骤(5)得到的制绒后的硅片进行清洗以去除有机物,然后用去离子水漂洗 2-5 分钟;

[0012] (7) 表面抛光圆滑绒面:将步骤(6)清洗后的硅片置于含有 HF 和  $\text{HNO}_3$  的去离子水溶液中进行表面抛光圆滑绒面处理,处理的温度 5-30° C,处理的时间是 1-15 分钟;处理后用去离子水漂洗 1-5 分钟;其中含有 HF 和  $\text{HNO}_3$  的去离子水溶液中 HF 的质量百分数为 0.1-2%, $\text{HNO}_3$  的质量百分数为 40-60%,去离子水的质量百分数为 38-59.9%;

[0013] (8) 清洗去除金属杂质离子:将经过步骤(7)处理后的硅片进行清洗以去除金属杂质离子,然后用去离子水漂洗 1-5 分钟;

[0014] (9) 表面氧化层刻蚀并干燥:将经过步骤(8)处理后的硅片用氢氟酸水溶液进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理,最后干燥即可。

[0015] 步骤(1)和(4)中所述的预清洗中所用的清洗液为含有  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的去离子水溶液,其中  $\text{NH}_4\text{OH}$  的质量百分数为 2-5%, $\text{H}_2\text{O}_2$  的质量百分数为 3-6%,去离子水的质量百分数为 89-95%,预清洗的温度是 50-90° C,预清洗的时间为 2-12 分钟。

[0016] 步骤(2)中所述的碱性溶液为质量百分数为 1-10% 的 NaOH 或 KOH 水溶液,所述的去损伤层刻蚀处理的处理温度为 50-90° C,处理时间是 1-6 分钟。

[0017] 步骤(3)和(9)中所述的氢氟酸水溶液中氢氟酸的质量百分数为 1-10%,所述的腐蚀处理中腐蚀温度为 10-30° C,腐蚀时间为 1-6 分钟。

[0018] 步骤(3)和(9)中所述的干燥为用热风干燥,干燥温度为 60-80° C,干燥时间为 15-40 分钟。

[0019] 步骤(5)中所述的制绒液的成分为 NaOH (KOH)、添加剂和去离子水,其中 NaOH (KOH)、添加剂和去离子水所占的质量分数分别为 1-10%、0.1-1.0% 和 89-98.9%;所述的制绒的温度为 50-90° C,制绒的时间为 15-40 分钟。

[0020] 上述的添加剂为含有表面活性剂的甲醇 / 乙醇 / 水的混合液。

[0021] 步骤(6)中所述的清洗中所用的清洗液为含有  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的去离子水溶液,其中  $\text{NH}_4\text{OH}$  的质量百分数为 2-5%, $\text{H}_2\text{O}_2$  的质量百分数为 3-6%,去离子水的质量百分数为 89-95%,清洗的温度是 50-90° C,清洗的时间为 2-8 分钟。

[0022] 步骤(8)所述的清洗中所用的清洗液为含有 HCl 和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的去离子水溶液,其中 HCl 的质量百分数为 1-10%, $\text{H}_2\text{O}_2$  的质量百分数为 1-5%,去离子水的质量百分数为 85-98%;所述清洗的温度为 50-90° C,清洗的时间为 1-10 分钟。

[0023] 在制绒硅片上沉积非晶硅薄膜时,由于等离子体尖端放电等不利因素导致的非晶硅薄膜沉积不均匀,本发明提供一种太阳能电池,特别是晶体硅 / 薄膜硅异质结的太阳能电池硅片清洗制绒方法,将硅片的清洗制绒分解为损伤层刻蚀和制绒两个工艺步骤,其中制绒步骤中含有表面抛光圆滑绒面工序的清洗制绒方法。

[0024] 本发明通过将一种太阳能电池的硅片清洗制绒方法分解为损伤层刻蚀和制绒两个工艺步骤。所述的损伤层刻蚀包括通过对高质量硅片的预清洗、碱性溶液下去损伤层、表面氧化层刻蚀、干燥工序。所述的制绒工艺包括预清洗、制绒形成金字塔绒面结构、清洗去除有机物、表面抛光圆滑绒面、清洗去除金属杂质离子、表面氧化层刻蚀、干燥工序。通过在制绒工艺中增加表面抛光圆滑绒面处理,将硅片表面尖锐金字塔结构刻蚀成圆整光滑绒面,

以此解决了在后续的等离子体沉积工艺中由于等离子体尖端放电等不利因素导致的非晶硅薄膜沉积不均匀,从而使非晶硅成膜质量大大上升,解决了异质结硅太阳能电池制造工艺上的一大难题。对于获得高效率的晶体硅 / 薄膜硅异质结电池提供了重要参考。

[0025] 有益效果:

[0026] (1) 本发明的清洗制绒方法操作简单,成本低廉,适用于大面积太阳能电池的批量生产;

[0027] (2) 运用本发明的清洗制绒方法,可以使硅片表面清洗得更干净,同时形成的金字塔绒面的顶部带有一定的圆滑面,有利于解决在后续的等离子体沉积中由于尖端放电等不利因素导致的非晶硅薄膜沉积不均匀的问题。

[0028] (3) 本发明的方法为大规模生产高效异质结电池提供了重要参考,在光伏制造领域意义重大。

### 具体实施方式

[0029] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0030] 以N型硅片为衬底的异质结太阳能电池为例,选用的硅片厚度为160-200微米,按照如下的具体实施步骤进行清洗制绒,以下的溶度表述均为质量百分数:

[0031] 实施例1

[0032] (1) 将合格的硅片放  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行预清洗,  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的溶度分别为 2% 和 3%; 预清洗的溶液温度控制在  $85^\circ\text{C}$ , 预清洗的时间为 12 分钟, 预清洗后用去离子水漂洗 5 分钟;

[0033] (2) 将预清洗后的硅片放入溶度为 2% 的  $\text{NaOH}$  水溶液进行去损伤层刻蚀处理, 处理温度为  $85^\circ\text{C}$ , 处理时间是 5 分钟, 去损伤层后用去离子水漂洗 5 分钟;

[0034] (3) 将去损伤层后的硅片置于溶度为 10% 的  $\text{HF}$  水溶液, 进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理以去除氧化硅层, 腐蚀温度为  $25^\circ\text{C}$ , 腐蚀时间为 5 分钟, 腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟;

[0035] (4) 将表面氧化层刻蚀腐蚀后的硅片用热风干燥, 干燥温度为  $60-80^\circ\text{C}$ , 干燥时间为 40 分钟, 确保硅片得到充分的干燥, 干燥后的硅片待用;

[0036] (5) 将上述待用的硅片置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中再次进行清洗,  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的溶度分别为 2% 的和 3%; 清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ , 清洗的时间为 6 分钟; 清洗后用去离子水漂洗 5 分钟;

[0037] (6) 将经过上述步骤(5)处理的硅片置于  $\text{NaOH}$  和添加剂(具体为表面活性剂溶解在甲醇 / 乙醇 / 水的混合液中)的混合溶液中进行制绒处理;  $\text{NaOH}$  的溶度为 2%, 添加剂的溶度为 0.1%; 控制制绒处理的温度为  $80^\circ\text{C}$ , 制绒时间为 30 分钟; 制绒后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟;

[0038] (7) 制绒后的硅片再次置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行清洗以去除有机物,  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的溶度分别为 2% 和 3%; 清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ , 清洗的时间为 6 分钟; 清洗

后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0039] (8)将上述清洗后的硅片置于 HF 和  $\text{HNO}_3$  的水溶液进行表面抛光圆滑绒面处理；HF 的浓度为 1%， $\text{HNO}_3$  的浓度为 60%，处理的温度为  $25^\circ\text{C}$ ，处理的时间是 5 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0040] (9)将上述表面抛光后的硅片置于 HCl 和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行清洗以去除金属杂质离子。HCl 的浓度为 10%， $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度为 3%，处理温度为  $80^\circ\text{C}$ ，处理时间为 6 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0041] (10)将经过上述步骤(9)处理的硅片再次置于浓度为 10% 的 HF 水溶液，再次进行表面氧化层去除处理以去除氧化硅层，腐蚀温度为  $25^\circ\text{C}$ ，腐蚀时间为 5 分钟；腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0042] (11)将经过上述氧化层去除的硅片再次用热风干燥，热风温度为  $60 - 80^\circ\text{C}$ ，干燥时间为 40 分钟，确保硅片得到充分的干燥；干燥后的硅片待用。

[0043] 通过精确优化的合适的清洗制绒步骤，可以使得硅片表面态缺陷密度进一步的下降。硅片经过步骤(1) - (4)处理后单面减薄 10 微米左右，经过步骤(5) - (11)处理后单面减薄 20 微米。经过上述清洗制绒工艺后，一方面硅片清洗更为干净，另一方面形成合适的绒面结构，利于后续的等离子增加化学气相沉积非晶硅薄膜，从而有利于提高异质结太阳能电池的转换效率。

[0044] 实施例 2

[0045] (1)将合格的硅片放  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行预清洗， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 4% 和 5%；预清洗的溶液温度控制在  $60^\circ\text{C}$ ，预清洗的时间为 10 分钟，预清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0046] (2)将预清洗后的硅片放入浓度为 5% 的 NaOH 水溶液进行去损伤层刻蚀处理，处理温度为  $50^\circ\text{C}$ ，处理时间是 6 分钟，去损伤层后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0047] (3)将去损伤层后的硅片置于浓度为 5% 的 HF 水溶液，进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理以去除氧化硅层，腐蚀温度为  $25^\circ\text{C}$ ，腐蚀时间为 5 分钟，腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0048] (4)将表面氧化层刻蚀腐蚀后的硅片用热风干燥，干燥温度为  $60-80^\circ\text{C}$ ，干燥时间为 40 分钟，确保硅片得到充分的干燥，干燥后的硅片待用；

[0049] (5)将上述待用的硅片置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中再次进行清洗， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 4% 和 5%；清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ ，清洗的时间为 6 分钟；清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0050] (6)将经过上述步骤(5)处理的硅片置于 NaOH 和添加剂(具体为表面活性剂溶解在甲醇 / 乙醇 / 水的混合液中)的混合溶液中进行制绒处理；NaOH 的浓度为 5%，添加剂的浓度为 0.5%；控制制绒处理的温度为  $80^\circ\text{C}$ ，制绒时间为 30 分钟；制绒后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0051] (7)制绒后的硅片再次置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行清洗以去除有机物， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 4% 和 5%；清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ ，清洗的时间为 6 分钟；清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0052] (8)将上述清洗后的硅片置于 HF 和  $\text{HNO}_3$  的水溶液进行表面抛光圆滑绒面处理；HF

的浓度为 2%， $\text{HNO}_3$  的浓度为 40%，处理的温度为  $15^\circ\text{C}$ ，处理的时间是 5 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0053] (9) 将上述表面抛光后的硅片置于  $\text{HCl}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行清洗以去除金属杂质离子。 $\text{HCl}$  的浓度为 2%， $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度为 5%，处理温度为  $80^\circ\text{C}$ ，处理时间为 6 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0054] (10) 将经过上述步骤(9)处理的硅片再次置于浓度为 3% 的  $\text{HF}$  水溶液，再次进行表面氧化层去除处理以去除氧化硅层，腐蚀温度为  $25^\circ\text{C}$ ，腐蚀时间为 5 分钟；腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0055] (11) 将经过上述氧化层去除的硅片再次用热风干燥，热风温度为  $60 - 80^\circ\text{C}$ ，干燥时间为 40 分钟，确保硅片得到充分的干燥；干燥后的硅片待用。

[0056] 通过精确优化的合适的清洗制绒步骤，可以使得硅片表面态缺陷密度进一步的下降。硅片经过步骤(1) - (4) 处理后单面减薄 10 微米左右，经过步骤(5) - (11) 处理后单面减薄 20 微米。经过上述清洗制绒工艺后，一方面硅片清洗更为干净，另一方面形成合适的绒面结构，利于后续的等离子增加化学气相沉积非晶硅薄膜，从而有利于提高异质结太阳能电池的转换效率。

[0057] 实施例 3

[0058] (1) 将合格的硅片放  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行预清洗， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 5% 和 6%；预清洗的溶液温度控制在  $70^\circ\text{C}$ ，预清洗的时间为 8 分钟，预清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0059] (2) 将预清洗后的硅片放入浓度为 10% 的  $\text{KOH}$  水溶液进行去损伤层刻蚀处理，处理温度为  $90^\circ\text{C}$ ，处理时间是 2 分钟，去损伤层后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0060] (3) 将去损伤层后的硅片置于浓度为 1% 的  $\text{HF}$  水溶液，进行表面氧化层刻蚀腐蚀处理以去除氧化硅层，腐蚀温度为  $25^\circ\text{C}$ ，腐蚀时间为 5 分钟，腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0061] (4) 将表面氧化层刻蚀腐蚀后的硅片用热风干燥，干燥温度为  $60-80^\circ\text{C}$ ，干燥时间为 20 分钟，确保硅片得到充分的干燥，干燥后的硅片待用；

[0062] (5) 将上述待用的硅片置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中再次进行清洗， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 5% 和 6%；清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ ，清洗的时间为 6 分钟；清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0063] (6) 将经过上述步骤(5)处理的硅片置于  $\text{NaOH}$  和添加剂(具体为表面活性剂溶解在甲醇 / 乙醇 / 水的混合液中)的混合溶液中进行制绒处理； $\text{NaOH}$  的浓度为 9%，添加剂的浓度为 0.8%；控制制绒处理的温度为  $80^\circ\text{C}$ ，制绒时间为 30 分钟；制绒后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0064] (7) 制绒后的硅片再次置于  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的水溶液中进行清洗以去除有机物， $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度分别为 3% 和 4%；清洗的溶液温度控制在  $80^\circ\text{C}$ ，清洗的时间为 6 分钟；清洗后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0065] (8) 将上述清洗后的硅片置于  $\text{HF}$  和  $\text{HNO}_3$  的水溶液进行表面抛光圆滑绒面处理； $\text{HF}$  的浓度为 0.5%， $\text{HNO}_3$  的浓度为 50%，处理的温度为  $10^\circ\text{C}$ ，处理的时间是 5 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；



[0066] (9)将上述表面抛光后的硅片置于 HCl 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的水溶液中进行清洗以去除金属杂质离子。HCl 的浓度为 8%，H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的浓度为 1%，处理温度为 80° C，处理时间为 6 分钟；处理后的硅片用去离子水漂洗 5 分钟；

[0067] (10)将经过上述步骤(9)处理的硅片再次置于浓度为 8% 的 HF 水溶液，再次进行表面氧化层去除处理以去除氧化硅层，腐蚀温度为 25° C，腐蚀时间为 5 分钟；腐蚀后用去离子水漂洗 5 分钟；

[0068] (11)将经过上述氧化层去除的硅片再次用热风干燥，热风温度为 60 — 80° C，干燥时间为 40 分钟，确保硅片得到充分的干燥；干燥后的硅片待用。

[0069] 通过精确优化的合适的清洗制绒步骤，可以使得硅片表面态缺陷密度进一步的下降。硅片经过步骤(1) - (4)处理后单面减薄 10 微米左右，经过步骤(5) - (11)处理后单面减薄 20 微米以上。经过上述清洗制绒工艺后，一方面硅片清洗更为干净，另一方面形成合适的绒面结构，利于后续的等离子增加化学气相沉积非晶硅薄膜，从而有利于提高异质结太阳能电池的转换效率。