(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107794569 B
(45)授权公告日 2019.11.05

(21)申请号 201711010844.4

(22)申请日 2017.10.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107794569 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(73)专利权人 河北工业大学
地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72)发明人 陈洪建 张迎新 王佳 王龙轩

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210
代理人 赵凤英

(51)Int.Cl.
C30B 28/06(2006.01)
C30B 29/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 205171015 U,2016.04.20,
CN 102268724 A,2011.12.07,
US 2011259262 A1,2011.10.27,

审查员 王富强

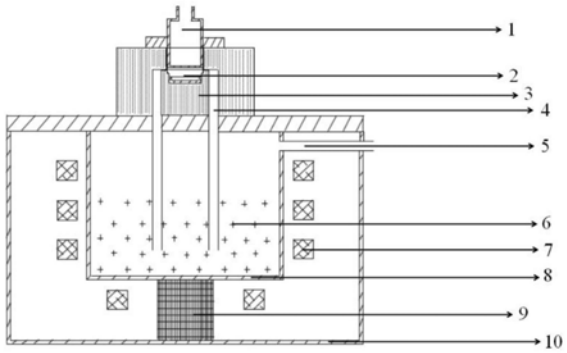
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种多晶硅片直接成型的方法及其装置

(57)摘要

本发明为一种多晶硅片直接成型的方法及其装置。该方法具体是:利用内部压力可控的坩埚,将已经熔化的硅液铸压到特定的铸模模腔内;定向凝固块的温度低于硅的熔点温度;硅液在定向凝固块的过冷度驱动下开始从上向下定向凝固并吸附在定向凝固块形成面上;该形成面具有精细的绒面结构,可控形核,生长出的晶粒尺寸小且均匀;凝固完成后,取出带有吸附硅片的定向凝固块;调节定向凝固块腔内的压力和温度将取出的硅片释放。本发明采用具有精细绒面结构的形成面生长硅片,替代复杂的湿法制绒工艺,减少了传统制造硅片的工艺流程,提高了硅材料的利用率,有效的降低了太阳能电池的制造成本。



CN 107794569 B

1.一种多晶硅片直接成型的方法,其特征为该方法包括如下步骤:

第一步,原料的加入

将多晶硅原料加入到所述的多晶硅片直接成型装置的坩埚中;

第二步,原料的熔化

将上述晶体生长炉抽真空至1.33×10^{-4}Pa～1.06×10^{-4}Pa,启动加热器加热坩埚,在1785K-1835K,熔化坩埚中的硅料,当硅料完全融化后,保持温度20min-30min;同时设定定向凝固块腔内的温度为1685K-1690K,压强为1.33×10^{-4}Pa～5.33×10^{-4}Pa;

第三步,硅液的导流

然后向坩埚内通氩气,使坩埚内气压在1.63×10^{5}Pa～1.83×10^{5}Pa,坩埚内的硅溶液在毛细作用和气体压力下通过导流管流入到上部的铸模模腔的容纳盒内;

第四步,定向凝固

硅液填满容纳盒后,容纳盒顶部的溢流孔有硅液从硅液溢流口流出,此时降低上部定向凝固块腔内的温度和压强,使定向凝固块腔内温度1073K～1290K,压强1.33×10^{-4}Pa～1.06×10^{-4}Pa,则模腔内的硅液从上往下定向凝固;

第五步,提取定向凝固块

当降低到设定的温度和压力后10～30秒后,模腔内的硅液完全凝固后,取出底部吸附有多晶硅片的定向凝固块;

第六步,释放以及切割硅片

将定向凝固块腔内的压强调至1.46×10^{7}Pa～1.66×10^{7}Pa,温度调至1480K～1500K,此时硅片在腔内压力的作用下被释放,然后使用激光切割硅片边缘部分,即可制得一种直接成型的多晶硅片;

所述的多晶硅片直接成型装置,该装置包括定向凝固块、铸模模腔、保温屏、加热器、坩埚、石墨支架和隔热笼;

其中,定向凝固块的正下方为铸模模腔;定向凝固块的下半部和铸模模腔一同置于保温屏之中;保温屏固定在隔热笼的顶盖上;隔热笼的内部,隔热笼的底板上为石墨支架,石墨支架上放置有坩埚;坩埚的顶部与隔热笼的顶盖下部相连,周围设置有加热器,并设置有通氩气孔到隔热笼外;

所述的定向凝固块的主体是空腔体,空腔体的顶部设置有钢罩;空腔体的外壁的中部固定有限位装置;空腔体的底部为石墨层,石墨层的下表面为形成面,所述的形成面的材质为蓝宝石材料,厚度为3～4μm,上面分布有大小相同、塔顶向下的金字塔状凸起,金字塔高为2～4μm,塔基为正方形,边长为3～5μm,金字塔状凸起之间的间隙为1～2μm,覆盖率为85～90%;

所述的铸模模腔的组成包括容纳盒和其下部的调温器;容纳盒的结构呈正方形漏斗状,漏斗的倾角角度为10°～15°;容纳盒的顶部与每一个侧壁顶部中间各有一个开口,前后对称的开口是硅液填满后的硅液溢流口,左右对称的开口是硅液流入口,每个硅液流入口均安装有一个用于传输硅液的导流管,导流管向下,穿过隔热笼的顶盖,通入到坩埚的底部。

2.一种多晶硅片直接成型装置,其特征为该装置包括定向凝固块、铸模模腔、保温屏、加热器、坩埚、石墨支架和隔热笼;

其中，定向凝固块的正下方为铸模模腔；定向凝固块的下半部和铸模模腔一同置于保温屏之中；保温屏固定在隔热笼的顶盖上；隔热笼的内部，隔热笼的底板上为石墨支架，石墨支架上放置有坩埚；坩埚的顶部与隔热笼的顶盖下部相连，周围设置有加热器，并设置有通氩气孔到隔热笼外；

所述的定向凝固块的主体是空腔体，空腔体的顶部设置有钢罩；空腔体的外壁的中部固定有限位装置；空腔体的底部为石墨层，石墨层的下表面为形成面，所述的形成面的材质为蓝宝石材料，厚度为3～4μm，上面分布有大小相同、塔顶向下的金字塔状凸起，金字塔高为2～4μm，塔基为正方形，边长为3～5μm，金字塔状凸起之间的间隙为1～2μm，覆盖率为85～90％；

所述的铸模模腔的组成包括容纳盒和其下部的调温器；容纳盒的结构呈正方形漏斗状，漏斗的倾角角度为10°～15°；容纳盒的顶部与每一个侧壁顶部中间各有一个开口，前后对称的开口是硅液填满后的硅液溢流口，左右对称的开口是硅液流入口，每个硅液流入口均安装有一个用于传输硅液的导流管，导流管向下，穿过隔热笼的顶盖，通入到坩埚的底部。

3.如权利要求2所述的多晶硅片直接成型装置，其特征为所述的铸模模腔中容纳盒的高度为230μm～250μm。

4.如权利要求2所述的多晶硅片直接成型装置，其特征为所述的石墨层的孔隙率为1％～80％；石墨层厚度为150mm～160mm。

一种多晶硅片直接成型的方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种多晶硅片直接成型的方法，具体是将硅熔液从坩埚内部直接导出到特定的模腔内并在具有绒面结构的定向凝固块形成面上结晶成硅片。

背景技术

[0002] 多晶硅片是制造太阳能电池的重要组成部分，其质量直接影响太阳能电池的光电转化效率。多晶硅片的制造成本制约光伏产业的发展，因此提高多晶片的质量以及降低其制造成本是发展太阳能的必经之路。

[0003] 传统的制造定向凝固多晶硅装置如图4所示，图中，1.不锈钢外壳、2.隔热笼、3.加热器、4.氩气、5.熔体硅、6.晶体硅、7.石英坩埚、8.石墨托盘、9.定向凝固块、10.支架。该装置采用自下向上定向凝固，方法是先让多晶硅料在坩埚内融化，通过坩埚底部降温，定向凝固形成多晶硅铸锭，利用金刚线或砂浆线切割多晶硅锭形成多晶硅片，再进行清洗制绒工艺形成制作太阳能电池所需的多晶硅片。首先由于凝固过程中熔体底部和侧面都与坩埚接触，致使凝固从侧面底部都有发生，其次凝固开始缺乏诱导，凝固开始时晶粒取向就不同。最终导致存在着晶粒取向不一致的不足。该方法得到的硅片晶粒尺寸比较大，且不均匀，结晶取向不一致。而且在其制造过程中有很多坩埚和硅料的浪费和环境污染问题。例如，每个多晶硅铸锭生长过程中所使用的石英坩埚仅能使用一次，在硅锭的切割工艺时会浪费很多硅料、金刚线或砂浆线。

[0004] 现代技术中，有直接生长硅片技术的报道，其生长硅片的方法是利用特定的坩埚和吸附凝固装置直接从从硅的溶液里长出硅片，通过吸附凝固装置的抑制形核和限制热流的特性生长出大尺寸晶粒的硅片。该技术虽然在一定程度上减少了材料的浪费，但由于其结构简单，无法保证对温度和压力的掌控，制造的硅片的晶粒尺寸大，其内部的位错很多，光电转化效率较低，并且在硅片生长过程中硅片生长厚度不易控制。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术的不足，提供一种多晶硅片直接成型的方法。所述方法具体是：利用内部压力可控的坩埚，将已经熔化的硅液铸压到特定的模腔内；定向凝固块的温度低于硅的熔点温度；硅液在定向凝固块的过冷度驱动下开始从上向下定向凝固并吸附在定向凝固块形成面上；该形成面具有精细的绒面结构，可控形核，生长出的晶粒尺寸小且均匀；凝固完成后，取出带有吸附硅片的定向凝固块；调节定向凝固块腔内的压力和温度将取出的硅片释放。本发明采用具有精细绒面结构的形成面生长硅片，替代复杂的湿法制绒工艺，减少了传统制造硅片的工艺流程，提高了硅材料的利用率，有效的降低了太阳能电池的制造成本。

[0006] 本发明解决该技术问题所采用的技术方案是：

[0007] 一种多晶硅片直接成型的方法，包括如下步骤：

[0008] 第一步，原料的加入

[0009] 将多晶硅原料加入到所述的多晶硅片直接成型装置的坩埚中；

[0010] 第二步，原料的熔化

[0011] 将上述晶体生长炉抽真空至1.33×10^{-4}Pa～1.06×10^{-4}Pa，启动加热器加热坩埚，在1785K～1835K，熔化坩埚中的硅料，当硅料完全融化后，保持温度20min-30min；同时设定定向凝固块腔内的温度为1685K～1690K，压强为1.33×10^{-4}Pa～5.33×10^{-4}Pa；

[0012] 第三步，硅液的导流

[0013] 然后向坩埚内通氩气，使坩埚内气压在1.63×10^{5}Pa～1.83×10^{5}Pa，坩埚内的硅溶液在毛细作用和气体压力下通过导流管流入到上部的铸模模腔的容纳盒内；

[0014] 第四步，定向凝固

[0015] 硅液填满容纳盒后，容纳盒顶部的溢流孔有硅液从硅液溢流口流出，此时降低上部定向凝固块腔内的温度和压强，使定向凝固块腔内温度1073K～1290K，压强1.33×10^{-4}Pa～1.06×10^{-4}Pa，则模腔内的硅液从上往下定向凝固；

[0016] 第五步，提取定向凝固块

[0017] 当降低到设定的温度和压力后10～30秒后，模腔内的硅液完全凝固后，取出底部吸附有多晶硅片的定向凝固块；

[0018] 第六步，释放以及切割硅片

[0019] 将定向凝固块腔内的压强调至1.46×10^{7}Pa～1.66×10^{7}Pa，温度调至1480K～1500K，此时硅片在腔内压力的作用下被释放，然后使用激光切割硅片边缘部分，即可制得一种直接成型的多晶硅片。

[0020] 一种多晶硅片直接成型装置，该装置包括定向凝固块、铸模模腔、保温屏、加热器、坩埚、石墨支架和隔热笼；

[0021] 其中，定向凝固块的正下方为铸模模腔；定向凝固块的下半部和铸模模腔一同置于保温屏之中；保温屏固定在隔热笼的顶盖上；隔热笼的内部，隔热笼的底板上为石墨支架，石墨支架上放置有坩埚；坩埚的顶部与隔热笼的顶盖下部相连，周围设置有加热器，并设置有通氩气孔到隔热笼外；

[0022] 所述的定向凝固块的主体是空腔体，空腔体的顶部设置有钢罩；空腔体的外壁的中部固定有限位装置；空腔体的底部为石墨层，石墨层的下表面为形成面，所述的形成面的材质为蓝宝石材料，厚度为3～4μm，上面分布有大小相同、塔顶向下的金字塔状凸起，金字塔高为2～4μm，塔基为正方形，边长为3～5μm，金字塔状凸起之间的间隙为1～2μm，覆盖率为85～90％；

[0023] 所述的铸模模腔的组成包括容纳盒和其下部的调温器；容纳盒的结构呈正方形漏斗状，漏斗的倾角角度为10°～15°；容纳盒的顶部与每一个侧壁顶部中间各有一个开口，前后对称的开口是硅液填满后的硅液溢流口，左右对称的开口是硅液流入口，每个硅液流入口均安装有一个用于传输硅液的导流管，导流管向下，穿过隔热笼的顶盖，通入到坩埚的底部；

[0024] 铸模模腔中容纳盒的高度为230μm～250μm。

[0025] 所述的石墨层的孔隙率为1％～80％；石墨层厚度为150mm～160mm。

[0026] 本发明的实质性特点为：

[0027] 本发明中定向凝固块为自上向下凝固装置，其形成面具有精细的绒面结构，形成

面生长硅片，替代复杂的湿法制绒工艺，减少了传统制造硅片的切片、制绒等工艺流程。其中，铸模模腔与定向凝固块的使用为关键，铸模模腔与形成面具有四种特性，高纯度、耐高温、高熔点、高强度。定向凝固块底部具有特定孔隙的石墨层控制形成面压力。在定向凝固块形成面与硅熔体接触期间，形成面与硅材料不容易发生反应，形成面压力小于硅熔体材料表面的压力，控制定向凝固块温度小于熔点时，硅熔体吸附凝固在定向凝固块形成面上。在定向凝固块形成面与硅片分离时应控制形成面的压力大于硅材料表面的压力，使得形成的硅片容易与形成面彻底分离。

[0028] 本发明的有益效果为：

[0029] 传统的多晶硅片制造方法是先让多晶硅料在坩埚内融化，通过坩埚底部降温，定向凝固形成多晶硅铸锭，利用金刚线或砂浆线切割多晶硅锭形成多晶硅片，再进行清洗制绒工艺形成制作太阳能电池所需的多晶硅片。本发明采用精细的绒面结构，替代复杂湿法制绒工艺，减少了传统制造硅片的切片、制绒等工艺流程。

[0030] 与现有技术相比，本发明的优点在于，精细的绒面结构，替代复杂湿法制绒工艺，减少了传统制造硅片的工艺流程，提高了硅材料的利用率，有效的降低了太阳能电池的制造成本。与传统工艺相比，新工艺省去了晶体生长过程和成品的制绒、切片等加工过程的长时间电力控制，总共的电耗不到传统工艺的三分之二；水耗只有四分之一，使制作太阳能电池的成本降低了约四成。

附图说明

[0031] 图1为本发明一种多晶硅片直接成型的方法整体结构示意图。

[0032] 图2为本发明一种多晶硅片直接成型的方法所用装置中的定向凝固块结构示意图。

[0033] 图3为本发明一种多晶硅片直接成型的方法所用装置中的铸模模腔示意图。

[0034] 图4为本发明一种多晶硅片直接成型的方法所用装置中的多晶硅铸锭炉炉体结构。

[0035] 图5为实施例1中得到的多晶硅片绒面结构图。

具体实施方式

[0036] 下面结合实施例和附图对本发明做进一步说明。

[0037] 请参阅图1至图3，为一种多晶硅片直接成型装置(简称晶体生长炉)的结构示意图，图1所示实施例表明，该装置包括定向凝固块1、铸模模腔2、保温屏3、加热器7、坩埚8、石墨支架9和隔热笼10；

[0038] 其中，定向凝固块1的正下方为铸模模腔2；定向凝固块1的下半部和铸模模腔2一同置于保温屏3之中；保温屏3固定在隔热笼10的顶盖上；隔热笼10的内部，隔热笼10的底板上为石墨支架9，石墨支架9上放置有坩埚8；坩埚8的顶部与隔热笼10的顶盖下部相连，周围设置有加热器7，并设置有通氩气孔5到隔热笼10外；

[0039] 所述的定向凝固块1主体是材质为钢的空腔体12，空腔体12的水平截面为正方形，顶部设置有钢罩11，用于通入氩气和抽真空，控制空腔内部压力；空腔体12的外壁的中部固定有限位装置13(即限位板)，限位装置13安装在保温屏3的顶部，在定向凝固块取出和放入

过程中的限位装置13，用于固定定向凝固块的可拆卸装置；空腔体12的底部为石墨层14，石墨层14的下表面为形成面15，所述的形成面15的材质为蓝宝石材料，厚度为3.5μm，上面均匀分布有相同材质、大小相同、塔顶向下的金字塔状凸起，金字塔高为3μm，塔基为正方形，边长为5μm，金字塔状凸起之间的间隙为1～2μm，覆盖率为85～90％。

[0040] 所述的石墨层的孔隙率为1％～80％；石墨层厚度为150mm～160mm；

[0041] 为了更容易使硅片取出，所述的铸模模腔2的组成包括容纳盒和其下部的调温器18；容纳盒的结构呈正方形漏斗状，漏斗的倾角角度为10°～15°；容纳盒的顶部与每一个侧壁顶部中间各有一个开口，前后对称的开口是硅液填满后的硅液溢流口16(高度为40μm，宽度为100mm)，左右对称的开口是硅液流入口17(高度为30μm，宽度为100mm)，每个硅液流入口17均安装有一个用于传输硅液的导流管4，导流管4向下，穿过隔热笼10的顶盖，通入到坩埚8的底部；

[0042] 铸模模腔2中容纳盒的高度为250μm。

[0043] 所述的定向凝固块1，空腔内的压强通过通入的氩气调节是从顶部通入，其底部有一层孔隙率为1％～80％的石墨层14，在压强范围为1.33×10^{-4}Pa～5.33×10^{-4}Pa下，氩气可以通过石墨层，硅液不可以通过石墨层，在石墨层下表面装有一层由蓝宝石材料，制成的间隔金字塔状凸起结构的形成面15，该形成面能够承受硅熔体的高温环境，且不与硅熔体发生化学反应。当定向凝固块腔内处于低温低压状态时(温度1273K，压强为1.33×10^{-4}Pa)，由于石墨材料相比蓝宝石材料导热性强，硅液会首先吸附在金字塔状间隙的石墨层表面，然后进行形核和生长，每一个金字塔间隙都是一个形核中心，该形核中心细小且均匀，最后硅液定向凝固成为晶粒尺寸小且均匀的具有金字塔绒面的硅片。

[0044] 所述坩埚为钨坩埚。

[0045] 所述隔热笼为石墨碳毡复合材料。

[0046] 所述连接铸模模腔与坩埚的导流管用钨材料导流管，其周围被保温材料包围。

[0047] 所述铸模模腔为钨材料制成，其内表面非常光滑，底部连接控温模块。

[0048] 下面给出本发明一种多晶硅片直接成型的方法的具体实施例，具体实施例仅用于详细说明本发明，并不限制本发明申请权利要求的保护范围。

[0049] 实施例1

[0050] A.多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉

[0051] 多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉的结构如上所述，主要包括石墨支架、隔热笼、坩埚、加热器、导流管、模腔、定向凝固块；隔热笼是用石墨碳毡和钢罩制成，有很好的保温隔热作用；加热器缠绕在坩埚的外表面；导流管连接坩埚和模腔，其外部被保温材料包围；铸模模腔的侧面带有溢流孔，底部有调节温度的加热器电极；定向凝固块在凝固硅片时放在模腔顶部，其侧面带有限位装置，内部填充压力可调的氩气，底部是由多孔石墨和蓝宝石材料制成；

[0052] 其中，坩埚容积为0.2m^3；空腔体高度为32cm，底边边长为16cm；容纳盒高度为250μm，底面积为15.6cm×15.6cm。以下实施例同。

[0053] B.操作步骤

[0054] 第一步，原料的加入

[0055] 将400kg多晶硅原料加入到A所述的多晶硅片直接成型所用晶体生长炉的钨坩埚

中，然后进行炉体密封(即使用碳毡对坩埚和石墨支架的间隙进行填充密封，与此同时关掉导流管和通氩气孔，以下实施例同)；

[0056] 第二步，原料的熔化

[0057] 将上述晶体生长炉的坩埚8内抽真空至1.33×10^{-4}Pa，启动A所述的加热器加热晶体生长炉中的专用坩埚，其加热功率为105KW，加热温度达到1785K连续加热15小时，完全熔化第一步中加热专用坩埚中的硅料，然后继续维持20分钟；同时，设定定向凝固块腔内的温度为1685K，压强为1.33×10^{-4}Pa。

[0058] 第三步，硅液的导流

[0059] 当硅料完全融化后，向坩埚内通氩气，使坩埚内气压在1.63×10^{5}Pa，坩埚内的硅溶液在毛细作用和气体压力下通过导流管流入到上部的铸模平台的模腔内；

[0060] 第四步，定向凝固

[0061] 硅液填满模腔后，顶部的溢流孔有硅液流出，此时关闭导流管，阻止硅液的继续流入。降低上部定向凝固块腔内的温度和压强(通过保温屏3的调温作用来降低腔内温度，并向腔内通入氩气来改变腔内压强，进而达到晶体生长所需条件。)使定向凝固块腔内温度1273K，压强1.33×10^{-4}Pa，模腔内的硅液从上往下定向凝固；

[0062] 第五步，提取定向凝固块

[0063] 在降温降压20秒后，模腔内的硅液已经完全凝固后，取出形成面上吸附有多晶硅片的定向凝固块；

[0064] 第六步，释放以及切割硅片

[0065] 将定向凝固块腔内的压强调至1.66×10^{7}Pa，温度调至1480K，此时硅片在腔内压力和高温的作用下被释放，然后使用激光切割硅片边缘部分激光切割修整硅片四周的毛边，然后进行抛光处理，即可制得一种直接成型的多晶硅片。得到的硅片厚度为200μm～210μm。

[0066] 得到的多晶硅片绒面结构如图5所示，从图中可以看到制绒率接近90％，符合预期的结果。由于定向凝固块的蓝宝石材质形成面在晶体生长过程中充当形核位点，起到了诱导形核的作用，从而形成均匀的小尺寸晶粒。众所周知，小尺寸晶粒形成的晶界多、位错少。综合位错和晶界的影响，小尺寸的均匀的柱状晶所制造的太阳能电池的光电转化效率更高。

[0067] 实施例2

[0068] A.多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉

[0069] 多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉的结构主要包括石墨支架、隔热笼、坩埚、加热器、导流管、模腔、定向凝固块；隔热笼是用石墨碳毡和钢罩制成，有很好的保温隔热作用；加热器缠绕在坩埚的外表面；导流管连接坩埚和模腔，其外部被保温材料包围；铸模模腔的侧面带有溢流孔，底部有调节温度的加热器电极；定向凝固块在凝固硅片时放在模腔顶部，其侧面带有限位装置，内部填充压力可调的氩气，底部是由多孔石墨和蓝宝石材料制成；

[0070] B.操作步骤

[0071] 第一步，原料的加入

[0072] 将400kg多晶硅原料加入到A所述的多晶硅片直接成型所用晶体生长炉的钨坩埚

中,然后进行炉体密封;

[0073] 第二步,原料的熔化

[0074] 将上述晶体生长炉的坩埚8内抽真空至1.33×10^{-4}Pa,启动A所述的加热器加热晶体生长炉中的专用坩埚,其加热功率为105KW,加热温度达到1785K连续加热15小时,完全熔化第一步中加热专用坩埚中的硅料,然后继续维持20分钟;同时,设定定向凝固块腔内的温度为1685K,压强为1.33×10^{-4}Pa。

[0075] 第三步,硅液的导流

[0076] 当硅料完全融化后,向坩埚内通氩气,使坩埚内气压在1.63×10^{5}Pa,坩埚内的硅溶液在毛细作用和气体压力下通过导流管流入到上部的铸模平台的模腔内;

[0077] 第四步,定向凝固

[0078] 硅液填满模腔后,顶部的溢流孔有硅液流出,此时关闭导流管,阻止硅液的继续流入。降低上部定向凝固块腔内的温度和压强(通过保温屏3的调温作用来降低腔内温度,并向腔内通入氩气来改变腔内压强,进而达到晶体生长所需条件。)使定向凝固块腔内温度1173K,压强1.06×10^{-4}Pa,模腔内的硅液从上往下定向凝固;

[0079] 第五步,提取定向凝固块

[0080] 在降温降压15秒后,模腔内的硅液已经完全凝固后,取出形成面上吸附有多晶硅片的定向凝固块;

[0081] 第六步,释放以及切割硅片

[0082] 将定向凝固块腔内的压强调至1.66×10^{7}Pa,温度调至1480K,此时硅片在腔内压力和高温的作用下被释放,然后使用激光切割硅片边缘部分激光切割修整硅片四周的毛边,然后进行抛光处理,即可制得一种直接成型的多晶硅片。得到的硅片厚度为200μm～210μm。

[0083] 得到的多晶硅片绒面结构同实施例1。

[0084] 实施例3

[0085] A.多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉

[0086] 多晶硅片直接成型所用的晶体生长炉的结构主要包括石墨支架、隔热笼、坩埚、加热器、导流管、模腔、定向凝固块;隔热笼是用石墨碳毡和钢罩制成,有很好的保温隔热作用;加热器缠绕在坩埚的外表面;导流管连接坩埚和模腔,其外部被保温材料包围;铸模模腔的侧面带有溢流孔,底部有调节温度的加热器电极;定向凝固块在凝固硅片时放在模腔顶部,其侧面带有限位装置,内部填充压力可调的氩气,底部是由多孔石墨和蓝宝石材料制成;

[0087] B.操作步骤

[0088] 第一步,原料的加入

[0089] 将400kg多晶硅原料加入到A所述的多晶硅片直接成型所用晶体生长炉的钨坩埚中,然后进行炉体密封;

[0090] 第二步,原料的熔化

[0091] 将上述晶体生长炉的坩埚8内抽真空至1.33×10^{-4}Pa,启动A所述的加热器加热晶体生长炉中的专用坩埚,其加热功率为105KW,加热温度达到1785K连续加热15小时,完全熔化第一步中加热专用坩埚中的硅料,然后继续维持20分钟;同时,设定定向凝固块腔内的温

度为1685K,压强为1.33×10^{-4}Pa。

[0092] 第三步,硅液的导流

[0093] 当硅料完全融化后,向坩埚内通氩气,使坩埚内气压在1.63×10^{5}Pa,坩埚内的硅溶液在毛细作用和气体压力下通过导流管流入到上部的铸模平台的模腔内;

[0094] 第四步,定向凝固

[0095] 硅液填满模腔后,顶部的溢流孔有硅液流出,此时关闭导流管,阻止硅液的继续流入。降低上部定向凝固块腔内的温度和压强(通过保温屏3的调温作用来降低腔内温度,并向腔内通入氩气来改变腔内压强,进而达到晶体生长所需条件。)使定向凝固块腔内温度1073K,压强1.33×10^{-4}Pa,模腔内的硅液从上往下定向凝固;

[0096] 第五步,提取定向凝固块

[0097] 在降温降压10秒后,模腔内的硅液已经完全凝固后,取出形成面上吸附有多晶硅片的定向凝固块;

[0098] 第六步,释放以及切割硅片

[0099] 将定向凝固块腔内的压强调至1.66×10^{7}Pa,温度调至1480K,此时硅片在腔内压力和高温的作用下被释放,然后使用激光切割硅片边缘部分激光切割修整硅片四周的毛边,然后进行抛光处理,即可制得一种直接成型的多晶硅片。得到的硅片厚度为200μm～210μm。

[0100] 得到的多晶硅片绒面结构同实施例1。

[0101] 以上所述具体实施例对本发明的技术方案和实施办法做了进一步地详细说明,以上实例并不仅用于本发明,凡是在本发明的精神和原则之内进行的同等修改、等效替换、改进等均应该在本发明的保护范围之内。

[0102] 本发明未尽事宜为公知技术。

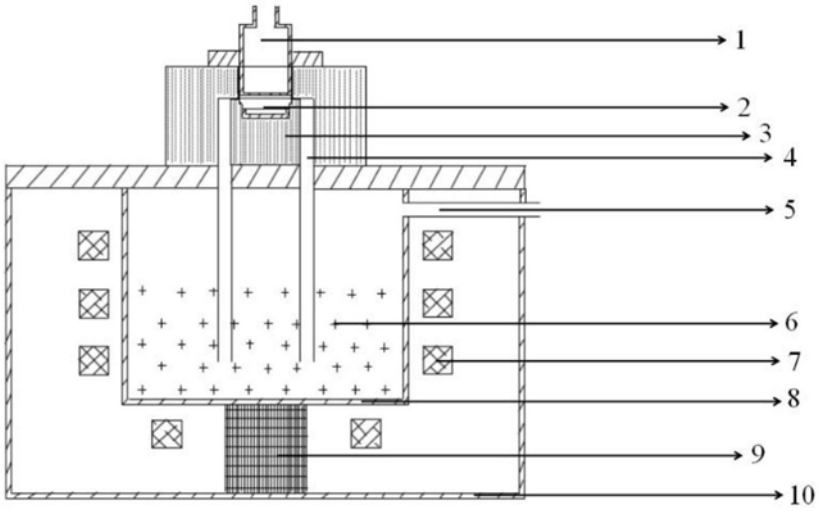


图1

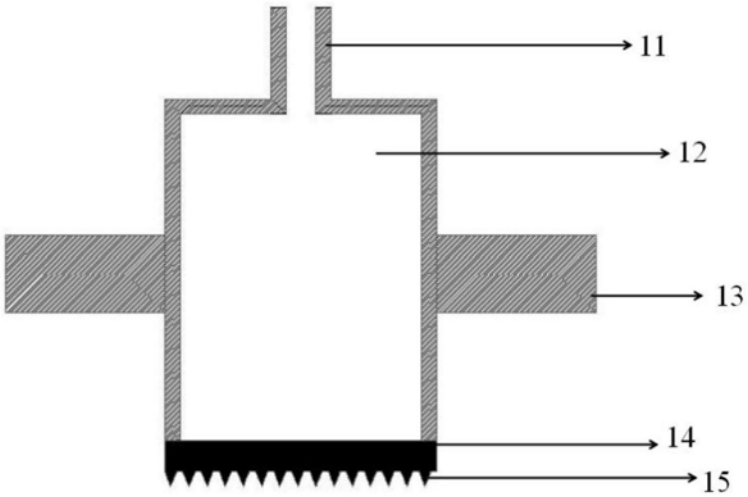


图2

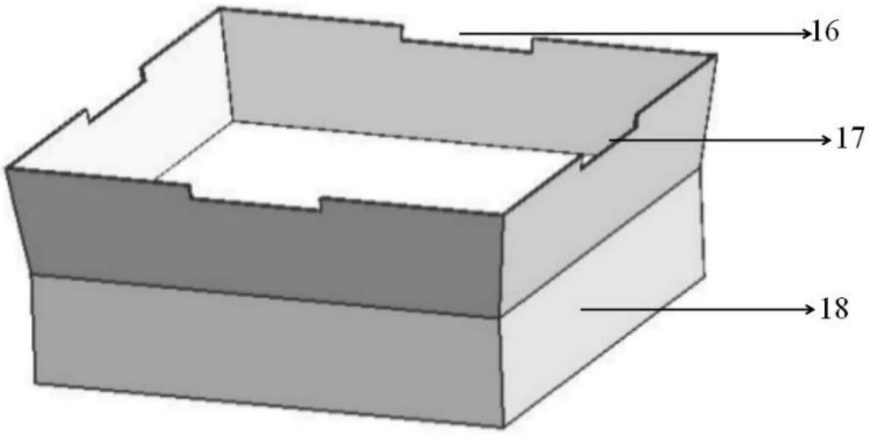


图3

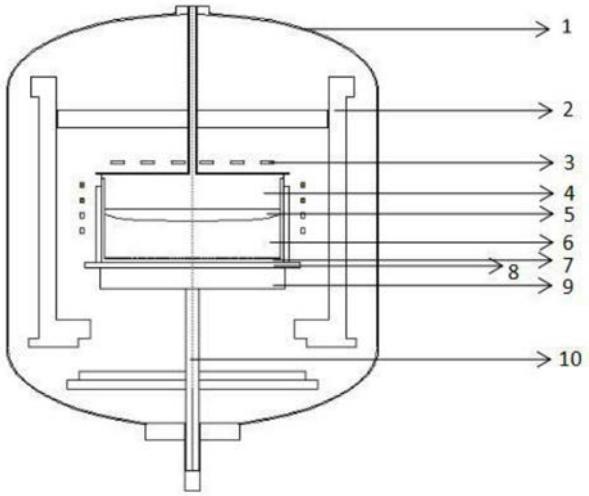


图4

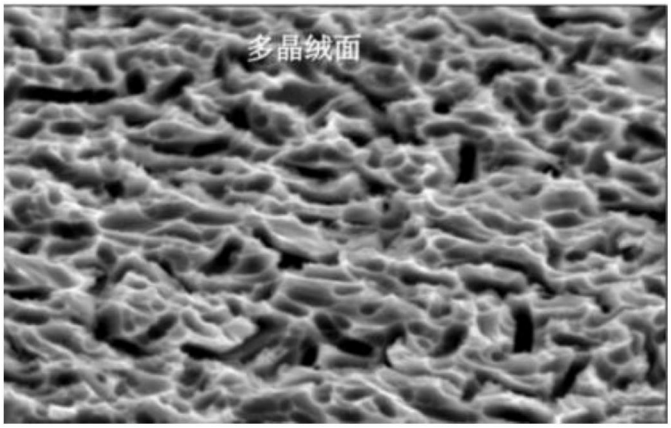


图5