



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102438773 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 01

(21) 申请号 200980150565. 5

(22) 申请日 2009. 12. 14

(30) 优先权数据

a200814479 2008. 12. 15 UA

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/UA2009/000067 2009. 12. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/071614 EN 2010. 06. 24

(73) 专利权人 索林开发私人有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

(72) 发明人 S·白令戈夫 V·奥尼琴科

A·史库鲁科夫 Y·切帕克

S·波辛刚 S·马切科

A·舍甫丘克

(74) 专利代理机构 北京市浩天知识产权代理事

务所(普通合伙) 11276

代理人 雒纯丹

(51) Int. Cl.

B22D 27/02(2006. 01)

C01B 33/037(2006. 01)

C30B 29/06(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1754806 A1, 2007. 02. 21, 全文.

US 2008/179037 A1, 2008. 07. 31, 全文.

JP 55-117555 A, 1980. 09. 09, 全文.

CN 1597188 A, 2005. 03. 23, 全文.

CN 101307487 A, 2008. 11. 19, 全文.

CN 2715885 Y, 2005. 08. 10, 全文.

CN 1873062 A, 2006. 12. 06, 全文.

DE 3529044 A1, 1986. 02. 20, 全文.

审查员 张建明

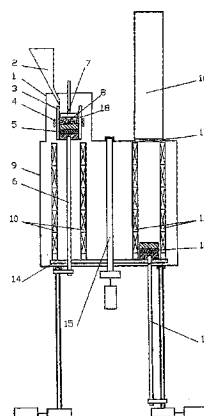
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

由感应法生产多晶硅锭的方法及其实施装置

(57) 摘要

本发明涉及使用感应法制备多晶硅。该方法包括以熔融空间的形式熔融和铸造池, 结晶多晶硅锭, 并且通过加热设备将其控制冷却。池熔融和铸造终止后, 随着整个锭块的控制冷却, 结晶硅锭剩余部分的结晶完成; 然后将锭块以及可移动底和加热设备一起移去; 然后继续控制冷却。同时, 另一个加热设备与另一个可移动底供给到空出空间; 然后新的可移动底移动到水冷坩埚中; 为了生产下一个锭块, 重复处理步骤。实施该方法使用的设备, 进一步包括安装在控制冷却室中的平台, 设计成沿其轴旋转。该平台具有至少两个加热设备。本发明确保能提高适用于太阳能电池制造的多晶硅的产量。



1. 一种由感应法生产多晶硅锭的方法,包括如下步骤:装料,并在控制气氛中、在水冷坩埚的熔融空间中的可移动底上,启动加热块状硅装入料,制成熔化硅浴,然后将熔化硅熔融和铸造成熔融空间的形状,结晶成多晶硅锭,使用加热设备可控地冷却硅锭,当熔化硅中的杂质含量达到临界时,终止熔融和铸造步骤,以及从装料和启动加热块状硅装入料开始重复该处理步骤,其特征在于,终止熔融和铸造步骤时,由于整个锭块是可控的冷却,多晶硅锭剩余部分的结晶步骤结束;结晶完成时,多晶硅锭与可移动底和加热设备一起移去,并且以可控方式进一步冷却;并且同时,将另一套包括另一个可移动底的加热设备提供到空出的空间;然后将该另一个可移动的底移动到水冷坩埚内;并且重复该处理步骤,以生产下个锭块;

其中,所述采用加热设备可控地冷却硅锭是温度提高到 1200℃,随后整个锭块长度上温度下降的梯度不超过 7℃。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,移去多晶硅锭和加热设备的同时,通过 180 度旋转转动供给另一套加热设备和另一个可移动底。

3. 一种用感应法生产多晶硅锭的装置,包括:连接到料仓的腔室,该腔室包括由感应器包围的水冷坩埚,启动加热块状硅装入料的设备,和具有连接到移动装置的杆的可移动底;以及设置在水冷坩埚的下方的控制冷却室,其包括加热设备,可移动底随加热设备能向上和向下移动,其特征在于,该装置进一步包括安装在控制冷却室中的平台,能沿轴旋转,上述加热设备安装在该平台上;该装置进一步还包括至少另一个安装在平台上的加热设备,以及和连接到相配的移动装置的杆一起设置在上述另一个加热设备上的另一个可移动底;

其中,每一套加热设备具有垂直改变温度的程序。

4. 根据权利要求 3 所述的装置,其特征在于,该装置包括两套加热设备,沿旋转轴对称的安装在平台上。

由感应法生产多晶硅锭的方法及其实施装置

技术领域

[0001] 本发明涉及生产多晶硅,尤其是涉及由感应法生产多晶硅,并且能用在由该多晶硅制造太阳电池方面。

[0002] 晶体硅用于生产太阳电池,以将太阳能转换成电能。单晶硅通常用于这一目的。

背景技术

[0003] 最近完成的研究已经证明,由大晶体形成的多晶硅 (polycrystalline silicon), 所谓多晶硅 (multicrystalline silicon), 其允许达到的太阳能转换成电能的效率接近于单晶硅的该效率。用于生产多晶硅的设备的产能比用于生产单晶硅的设备的产能高数倍, 其技术比得到单晶硅容易。多晶硅的使用能降低太阳电池板的成本, 并能在产业层面上开始其生产。

[0004] 目前使用的是一种由感应法生产多晶硅锭的方法, 其包括连续供给, 以及在水冷坩埚的可移动床上的硅熔池中感应熔融多晶块状的硅批料, 将熔化的硅铸造成熔融空间的形状, 然后结晶成多晶硅锭 (美国专利 US, 4572812)。熔池包含在由使用水冷坩埚形成的渣壳中, 该水冷坩埚包括用水冷却的垂直铜管部分。该铜管部分间隔分离, 形成周边上封闭的熔融容积。各部分之间的间隔允许感应器电磁场穿透到坩埚熔融容积中。该熔融容积能形成圆环、正方形或长方形。在熔融过程中, 熔池充满整个坩埚的横断面积, 因此导致熔融和铸造硅池成具有特殊的横向尺寸和形状的锭块。由于硅批料熔融, 且坩埚的可移动底向下移动, 在熔池底部的池进行结晶。锭块的移动速度与块状批料在熔池上部的熔融速度相对应。作为该已知方法的结果, 生产出具有特殊的横截面的长的多晶硅锭, 且随后用在太阳电池板的生产中。

[0005] 上述由感应法生产多晶硅锭的方法的缺点是, 由于锭块中出现的热应力, 导致由该锭块生产的电极板低质量退化。锭块中的以及由该锭块制备的电极板中的热应力导致由这些电极板形成的太阳电池的能量转换效率下降。另外, 由于热应力造成的它们的断裂, 优良电极板的生产率也降低了。

[0006] 上述问题被由感应法生产多晶硅锭的方法解决, 该方法在欧洲专利 EP, 125486 中有描述。根据该已知的方法, 其提供了将连续铸造过程中得到的硅锭块用位于水冷坩埚下方的加热器进行额外加热, 并且将该锭块用位于水冷坩埚上方的等离子管的等离子放电进行额外加热。同时, 等离子放电扫描整个池表面。通过使用该方法, 能提供在预定的长度温度梯度范围内将得到的锭块进行控制冷却。等离子管的电路通过特殊的接触在硅锭块上成环, 等离子管排列在锭块离开处理腔室的位置的下方。该方法提供了覆盖硅锭块半径的温度梯度降低至 $9 \dots 7^{\circ}\text{C} / \text{m}$, 且因此导致由该锭块制备的电极板得到将太阳能转换成电能的高效率 ($14.2 \dots 14.5\%$)。

[0007] 然而, 在持续熔融和对熔池长期供给块状批料生产多晶硅长锭期间, 仅在该过程的开始阶段, 熔池中的杂质的浓度与装载批料中的杂质浓度相当。锭块中的杂质浓度由每一种杂质的分离因子限定。由于原料中典型杂质的分离因子小于 1, 锭块中每一种杂质的浓

度小于它们在熔融中的浓度。锭块生长的越长,由于杂质的积累,在熔池中杂质的浓度就越高,且因此在生产的多晶硅锭中它们的浓度也增高。当池中杂质的浓度超过每一种具体杂质的规定限度时,多晶硅不适合于生产太阳电池。杂质浓度高于规定限度的这部分锭块,不能用于生产太阳电池而被废弃,因此明显减少了生产具有高转换效率的太阳电池的量。

[0008] 与请求保护的本发明最相关的方法是一种描述在欧洲专利 EP,1754806 中的用感应法生产多晶硅锭块的方法。该方法包括装料,并在可控气氛下、在水冷坩埚的熔融空间中的可移动底上,启动加热块状硅装入料,制成熔化的硅浴,然后将熔化的硅进行熔融和铸造以形成熔融空间的形状,结晶成多晶硅锭,并且使用加热设备将硅锭进行可控冷却。当多晶硅锭冷却下来,将多晶硅锭借由气封件从处理腔室移出,阻止空气渗入腔室,并且将多晶硅锭用切割机切成定尺型材。为了提高该方法的效率,池中杂质浓度达到允许限度后,停止熔融处理,熔融池结晶,将分隔设备移动到水冷坩埚的熔融容积中的结晶锭中,以阻隔熔融容积并防止分隔设备底表面下的不纯硅进入上表面。同时,初始的硅块状批料供给在分割设备的上表面上,从供料和开始加热硅块状批料开始重复操作。

[0009] 现有技术具有如下缺点。

[0010] 当感应熔融和铸造都停止时,如果在得到长锭块(如 14m 长)过程中池中的杂质达到它们的临界含量,大约 2.5m 长的锭块的整个上部位于加热设备内,处理腔室(气封件上部)应当运行控制冷却步骤。为了该目的,控制冷却在与应用于整个锭块的模式类似的模式中进行,并且该步骤进行大约 30 小时。另外,将分隔设备插入熔炉熔融容积、恢复熔融和铸造过程的每一步骤需要大约 7.2 小时。在此期间,池不能提供感应熔融和铸造。

[0011] 将分隔设备插入熔融容积的步骤需要高精密度,由于在安装分隔设备过程中,甚至小的安装错误都可能导致其阻塞和水冷坩埚的损坏,因此导致熔融和铸造的强制终止。

[0012] 而且,将其它材料—具体而言是氮化硅或石墨,制成的分隔设备插入到熔池中,引起锭块下部的污染,使其变的不纯,并且导致降低优良硅的质量和产量。在已经制备的硅锭顶部恢复熔融的需要,导致需要停止将硅锭移动到加热设备中且保持硅锭位于水冷坩埚中很长时间。这导致硅锭的这部分不受控冷却,在该区域出现热应力和微裂纹,因此,需要摒弃该锭块的下部。

[0013] 欧洲专利 EP,1754806 描述了一种用于生产多晶硅锭的系统,其包括腔室,安装在具有可移动底的水冷坩埚中,和用于控制冷却锭块的加热设备。该水冷坩埚包括由电导材料和热导材料—特别是铜制成的隔离部分,由水流冷却。该水冷坩埚由感应器包围并且连接到料仓。可移动底设计成随加热设备向上和向下移动。另外,该系统提供一种分隔设备(分配器),能安装在水冷坩埚的熔融容积中的结晶锭上。硅块状批料的后续加热,熔融和铸造能在该分隔设备的上表面上方发生。

[0014] 该现有系统的缺点是低生产能力,尤其是当使用高杂质含量的批料时。

[0015] 与请求保护的本发明最相关是,一种用于由感应法生产多晶硅锭的装置,其记载在欧洲专利 EP,0349904 中。在该装置中,料仓与腔室内连接,其中安装如下的设备:被感应器包围的水冷坩埚,用于启动加热硅块状批料的设备,具有连接到移动设备的杆的可移动底,以及控制冷却室,其具有加热设备,位于水冷坩埚下方。该可移动底随加热设备布置成向上和向下移动。

[0016] 可用的加热设备是,当硅锭在控制冷却室内连续移动时,能控制生成的硅锭的冷

却速度,因此实现覆盖锭块长度的温度梯度降低到 5-10℃ /cm 范围内。

[0017] 现有技术的装置的缺点是,当使用具有高含量杂质的硅块状批料时,例如使用冶金级硅,特点是铁 (Fe) 和铝 (Al) 混合物的含量增多,锭块质量下降且产量降低。当 Fe 含量超过 0.01ppmw,Al 含量超过 0.1ppmw,太阳电池的运作能力降低。由于隔离上述杂质,因此,取决于杂质的量的不同而不同,令人满意的硅质量是生产的多晶硅锭保持在限制长度内,不超过 2-4m。然而,在生产上述长度的锭块期间需要从水冷坩埚中移去锭块,控制冷却室增加与感应熔融和铸造的时间的相关性,并且设备生产能力下降。

发明内容

[0018] 本发明的目的是,改进由感应生产多晶硅锭的方法,由于所提出的重新定位的锭块,且具有可移动底的加热设备处于控制冷却中,使得生产太阳电池的多晶硅的产量增加。

[0019] 本发明的另一目的是,升级生产多晶硅的设备,由于所提设计将增加得到适用于生产太阳电池的多晶硅锭的生产能力。

[0020] 所提出的使用感应得到多晶硅锭的方法包括如下步骤,装料,并在控制气氛中、在水冷坩埚的熔融空间中的可移动底上,启动加热块状硅装入料,制成熔化硅浴,然后将熔化硅熔融和铸造成熔融空间的形状,结晶成多晶硅锭,使用加热设备可控地冷却硅锭,当熔化硅中的杂质含量达到临界时,终止熔融和铸造步骤,并且从装料和启动加热块状硅装入料开始重复处理步骤。根据本发明,终止熔融和铸造步骤时,由于整个锭块是可控的冷却,结晶多晶硅锭剩余部分的步骤结束;结晶完成时,多晶硅锭与可移动底和加热设备一起移去,并且以可控方式进一步冷却;并且同时,将另一套包括另一个可移动底的加热设备提供到空出的空间;然后将该另一个可移动的底移动到水冷坩埚内;并且该处理步骤是重复的,以生产下个锭块。

[0021] 移去多晶硅锭和加热设备的同时,通过 180 度旋转转动供给另一套加热设备和另一个可移动底,是请求保护的方法的优选具体实施方式。

[0022] 本请求保护的发明的另一方面是,提出一种装置,用于实施采用感应法生产多晶硅锭的方法,其包括连接到料仓的腔室,该腔室包括由感应器包围的水冷坩埚,启动加热块状硅装入料的设备,和具有连接到移动装置的杆的可移动底;以及设置在水冷坩埚的下方的控制冷却室,包括加热设备,随加热设备能向上和向下移动的可移动底。根据本发明,请求保护的装置进一步包括安装在控制冷却室中的平台,能沿轴旋转,在该平台上安装所述加热设备;该装置进一步还包括至少一个安装在平台上的加热设备,以及和连接到相配的移动装置上的杆一起设置在上述另一个加热设备上的另一个可移动底。

[0023] 在本发明的一个优选具体实施方式中,该装置包括两套加热设备,沿旋转轴对称的安装在平台上。同时,每一套加热设备具有垂直改变温度的程序 (algorithm),以确保规定的温度梯度保持在生产的多晶硅锭中。

[0024] 经实验确定,首先同时实施感应熔融和铸造,以及控制冷却,然后停止感应熔融、锭块铸造和结晶,在准备和开始下一个锭块的生产过程中,该锭块持续受控冷却,这提供了具有控制杂质含量的锭块的生产。

[0025] 另外,所提供的多晶硅锭控制冷却阶段,能在整个冷却过程中不被打断的实施,允许依据原料中杂质的量灵活调整生产的锭块的长度。

[0026] 因此,请求保护的方法是有效的方法,其特征在于适合于生产太阳能电池的锭块的高产量,并能使用具有高杂质含量的批料。

[0027] 感应熔融停工周期减少,控制冷却过程与熔融和铸造过程没有依赖关系,允许增加该生产多晶硅系统的生产能力。

附图说明

[0028] 本发明由所附附图说明,但并不限于所附附图。附图阐明由感应法生产多晶硅锭的装置,其具有两套加热设备,以控制冷却多晶硅,其中:

[0029] 图 1 是装置在启动加热步骤的具体实施方式;

[0030] 图 2 是图 1 的装置在感应熔融和铸造多晶硅锭步骤;

[0031] 图 3 说明多晶硅锭在移动前的位置;

[0032] 图 4 说明多晶硅锭移动后的位置;

[0033] 图 5 是图 1 的装置在感应熔融和铸造下一个多晶硅锭以及移去前一个多晶硅锭的步骤;

[0034] 图 6 显示铁浓度对应多晶硅锭长度的变化图表,多晶硅锭具有正方形横截面(边长 337mm),所用原料具体见表。

具体实施方式

[0035] 用于采用感应法生产多晶硅锭的装置,如图 1 所示,包括连接料仓 2 的腔室 1,由感应器 4 包围的水冷坩埚 3。具有连接到移动设备的杆 6 的可移动底 5,以及块状硅装入料 8 的启动加热设备 7 安装在腔室 1 中。启动加热设备 7 由传导材料制成,例如石墨。水冷坩埚 3 由用水冷的铜件制成。在腔室 1 中,在水冷坩埚下方,设置有控制冷却室 9,控制冷却室 9 包括加热设备 10 和相似的加热设备 11。可移动底 5 设置成随加热设备 10 垂直移动。加热设备 11 包括可移动底 12,具有连接到相应移动设备的杆 13。可移动底 12 能随加热设备 11 垂直移动。加热设备 10 和 11 都安装在平台 14 上。平台 14 放置在控制冷却室 9 中,能沿轴 15 旋转。腔室 1 经气封件 17 连接到卸料设备 16。

[0036] 该装置的工作原理如下。

[0037] 在腔室 1 中,在控制气氛下,可移动底 5 向水冷坩埚 3 移动,由感应器 4 产生高频电磁场。块状硅装入料 8 从料仓 2 中卸载到水冷坩埚 3 和可移动底 5 产生的熔融空间 18 中。然后,启动加热设备 7 插入到熔融空间 18 中,位于感应器 4 产生的高频电磁场中。启动加热设备 7 开始加热,块状硅装入料 8 升温并在热辐射和感应器 4 产生的电磁场作用下开始熔化(图 1)。

[0038] 当在熔融空间 18 中,熔池 19 以熔融空间 18 横截面的形式产生,启动加热设备 7 从感应器 4 产生的电磁场中移去。由于熔池 19 周围伴随的热幅射,该池结晶,并且形成渣壳(skull),防止该池从熔融空间 18 溢出。形成熔池 19 后,块状硅装入料 8 持续从料仓 2 供给到其表面。块状硅装入料 8 熔化,同时,可移动底 5 和具有渣壳的熔池 19 不断的向下移动。移动允许的速度是以熔池 19 相对感应器 4 和水冷坩埚 3 保持不变的水平,多晶硅锭 20 的结晶在熔池的下部持续进行。因此,形成的多晶硅锭 20 不断向下的向着加热设备 10 移到控制冷却室 9 中,进行控制冷却并且热应力移去(图 2)。

[0039] 如果该池中杂质含量达到临界,停止块状硅装入料 8 的供给,移去感应器 4 的电磁场,并且停止感应熔融和池铸造。生成的多晶硅锭 20 从水冷坩埚 3 中移去,放置到加热设备 10 中以停止结晶(图 3)。然后,多晶硅锭 20 与可移动底 5 和加热设备 10 一起通过旋转平台 14 转移,并且锭块继续控制冷却(图 4)。这样的移动能完成,例如通过沿轴 15 进行 180 度旋转转动平台 14。

[0040] 重新定位多晶硅锭 20 以及可移动底 5 和加热设备 10 的同时,具有可移动底 12 的加热设备 11 移动到空出空间(图 4)。加热设备 10 和 11 电动切换,并且相应的改变温度调整程序。

[0041] 为了得到下一个锭块 22,可移动底 12 转移到水冷坩埚 3,限定一个新的熔融空间 21,处理步骤从供给和启动加热块状硅装入料开始进行重复(图 5)。位于加热设备 10 中的降温的多晶硅锭 20,在可移动底 5 上向上移动到卸料设备 16 中。

[0042] 下面是根据本发明的方法,使用如上描述的装置,用感应法如何得到多晶硅锭的实施例。

[0043] 实施例

[0044] 使用具有正方形横截面且每边长 340mm 的熔融空间的装置,以得到多晶硅锭。该装置允许生成具有正方形横截面且每边长 337mm 的多晶硅锭。

[0045] 作为用于生产多晶硅锭的原料,使用的冶金级块硅具有下述常见混合物,诸如硼(B)、磷(P)、铁(Fe)和铝(Al)。原料中的杂质含量见表。另外,使用合金以保持比电阻率在 0.8–1.20hm×cm 范围内。

[0046] 表 冶金级块状体硅批料中常见杂质含量

[0047]

杂质	浓度 at/cm ³
B	5.46*10 ¹⁶
P	7.07*10 ¹⁶
Al	2.29*10 ¹⁶
Fe	1.30*10 ¹⁷

[0048] 依赖于原料组份的池中杂质的临界含量,由实验计算确定。根据该数据,使用选择的原料,发现铁混合物的浓度(杂质决定多晶硅的质量)和多晶硅锭的长度(正方形横截面和边长 337mm)的依赖关系(图 6)。

[0049] 原料的杂质含量列于表中,得到正方形横截面和边长 337mm 的多晶硅锭,当锭长 2.0...2.5m,优选锭长 2.0...2.3m 时,杂质达到临界含量。

[0050] 在气密室中,安装水冷坩埚,且水冷坩埚被 3-匝的 140mm 高的感应器包围,感应器连接到具有 10kHz 工作频率的电源,并且可移动底制成 40mm 厚、边长 338mm 的方形硅板的形式,使用绝热保温盘设置在耐热钢平台上,且通过接插式连接以连接到杆上。在水冷坩埚下方、平台上的控制冷却室中,安装第一加热设备,其有正方形横截面和边长 380mm 的加热空间。对称的,第二加热设备安装在平台上,其有正方形横截面和边长 380mm 的加热空间。

每一加热设备的加热空间是 2.4 米高。每一加热设备装备石墨加热元件,通过电流控制器连接到工频变压器,因此确保垂直方向的温度场控制变化。第二加热设备具有另一个可移动底,使用绝热保温盘设置在耐热钢平台上,且通过接插式连接以连接到杆上。

[0051] 腔室抽真空且充满氩气。在水冷坩埚的熔融空间中,使用感应器产生高频电磁场。块状硅装入料从料仓加载到熔融空间中,插入石墨盘形式的启动加热设备。该启动加热设备升温,在热幅射和电磁场的影响下,块状硅原料温度加热到 800-1100℃,并开始熔化。该启动加热设备从电磁场中移去。在熔融空间中形成熔池,其扩张并延伸到水冷坩埚壁,例如,以水冷坩埚的形状铸造成该池。同时,形成渣壳,其防止池溢出并容纳熔池。块状硅原料从料仓持续供给到池表面上。块状硅原料熔化,可移动底不断向下移动,从而多晶硅锭形成。

[0052] 当多晶硅锭熔融、铸造并形成,其向下移动到第一加热设备的加热空间中,主要在锭块的角落,通过加热多晶硅锭(已结晶和冷却),进行控制冷却和除去应力。温度提高到 1200℃,随后整个锭块长度上温度下降的梯度不超过 7℃。

[0053] 只要当锭块大约 2.2m 长时池中杂质含量达到临界值的情况下(图 6),停止块状硅原料的供给,关闭感应器,感应熔融和池铸造终止。结果是,熔融池结晶。得到的多晶硅锭,2.2m 长,从水冷坩埚中移去,完全插入到第一加热设备的加热空间中。然后第一加热设备从电流控制器分离,通过平台绕其轴 180 度转动,多晶硅锭与可移动底和第一加热设备一起转移。

[0054] 当平台转动完成,加热设备交换,第二加热设备和另一个可移动底出现在水冷坩埚的下方,因此,其加热空间中设置多晶硅锭的第一加热设备出现的空间,由第二加热设备使用。然后两个加热设备连接到电流控制器-设置在水冷坩埚下的第二加热设备采用熔融程序连接,第一加热设备设置为与水冷坩埚无接触-使用程序以控制冷却多晶硅锭。多晶硅锭冷却到温度低于 250℃后,它在可移动底上上升到卸料设备中。

[0055] 第二加热设备的加热空间中设置的可移动底,在完成平台转动后,转移到水冷坩埚,并且处理步骤从供给和启动加热块状装入料开始重复,直到得到下一个锭块。

[0056] 根据请求保护的发明,实验仪器测试,结果是锭形式的、横截面 $337 \times 337 \text{mm}^2$ 的多晶硅每小时平均产量 18kg。同时,已经确定,除了覆盖长度超过大约 160mm 的每个锭块的上部的残余熔池以外,生产的锭块的不论是上部还是下部都没有微裂纹或其它的杂质,它们适用于生产太阳能电池板。得到的锭块的优良产品产率是 93%。

[0057] 根据欧洲专利 EP,1754806 描述的方法进行实验熔融,使用允许达到 16.2kg/h 设备能力的石墨分离设备,用相似的原料和相似尺寸的锭块操作三次插入上述分离设备。同时,除残余熔池外,由于微裂纹大约 50-70mm 的锭块被废弃。石墨杂质发现存在于每一个锭块的下部。这类区域达到 50mm 长并且被废弃。结果是,得到的锭块的优良产品产率是 88%。

[0058] 本发明确保能提高适用于太阳能电池制造的多晶硅的产率。

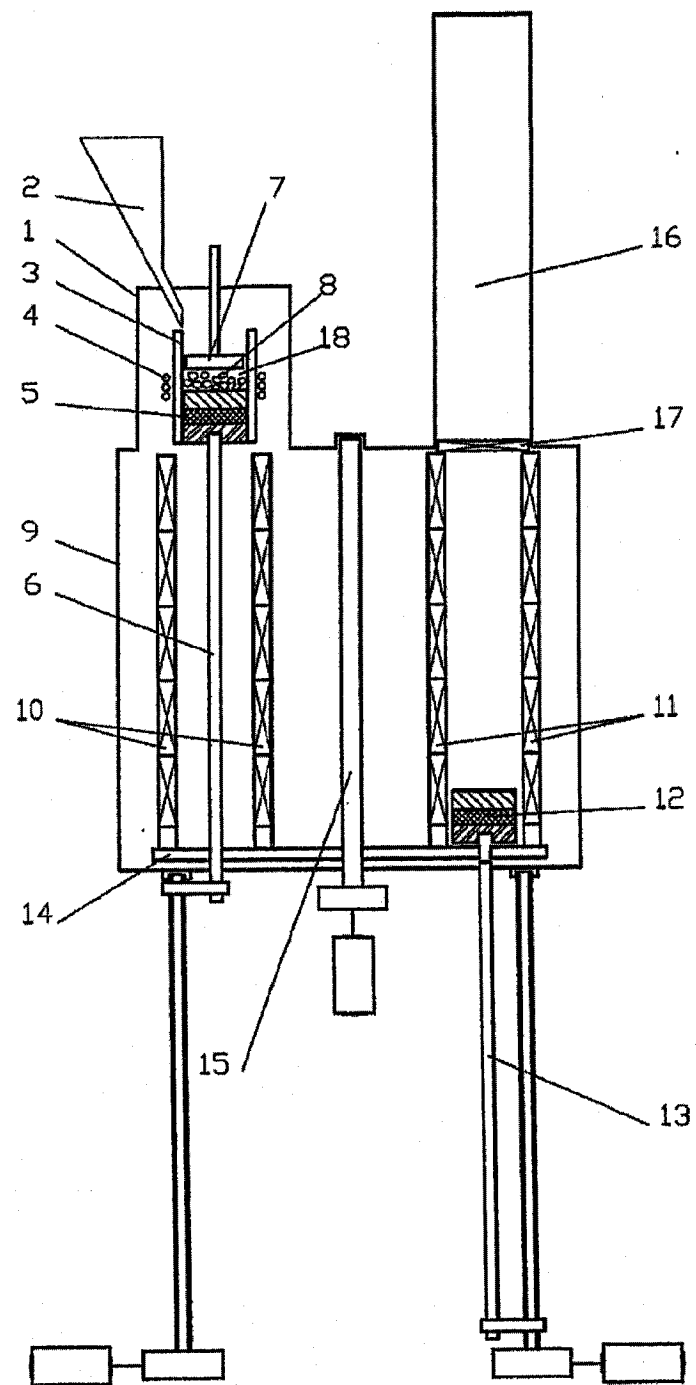


图 1

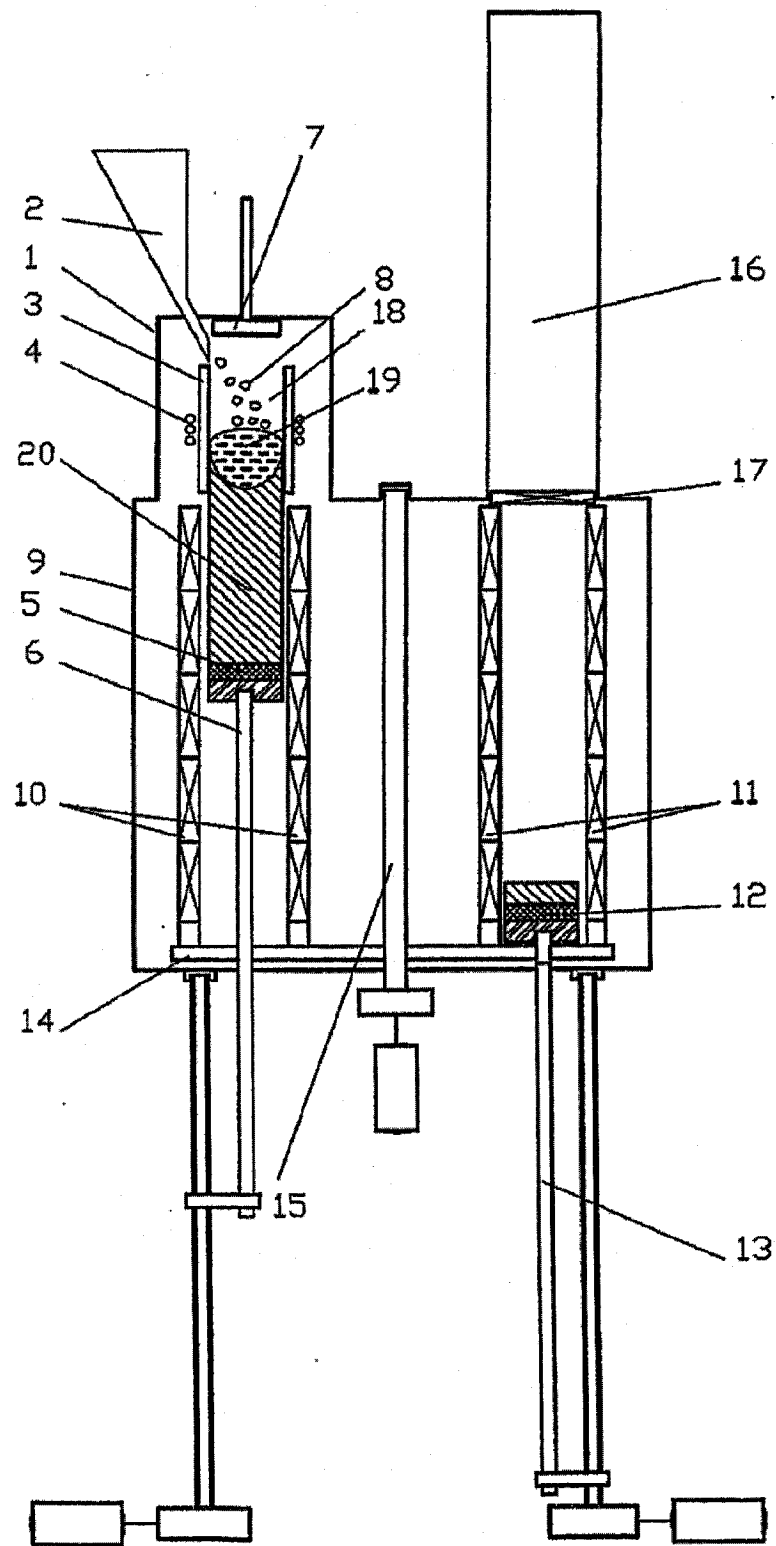


图 2

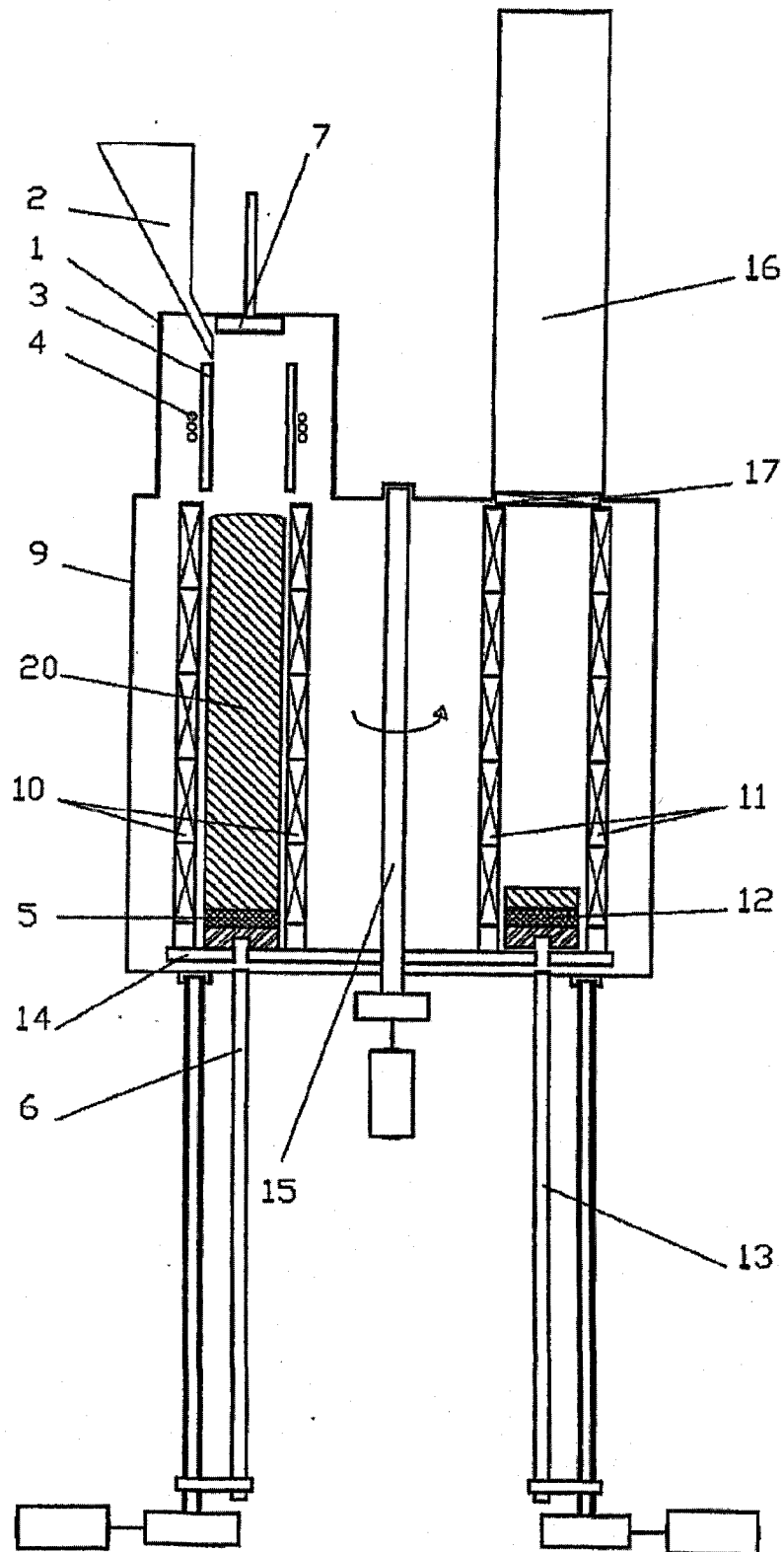


图 3

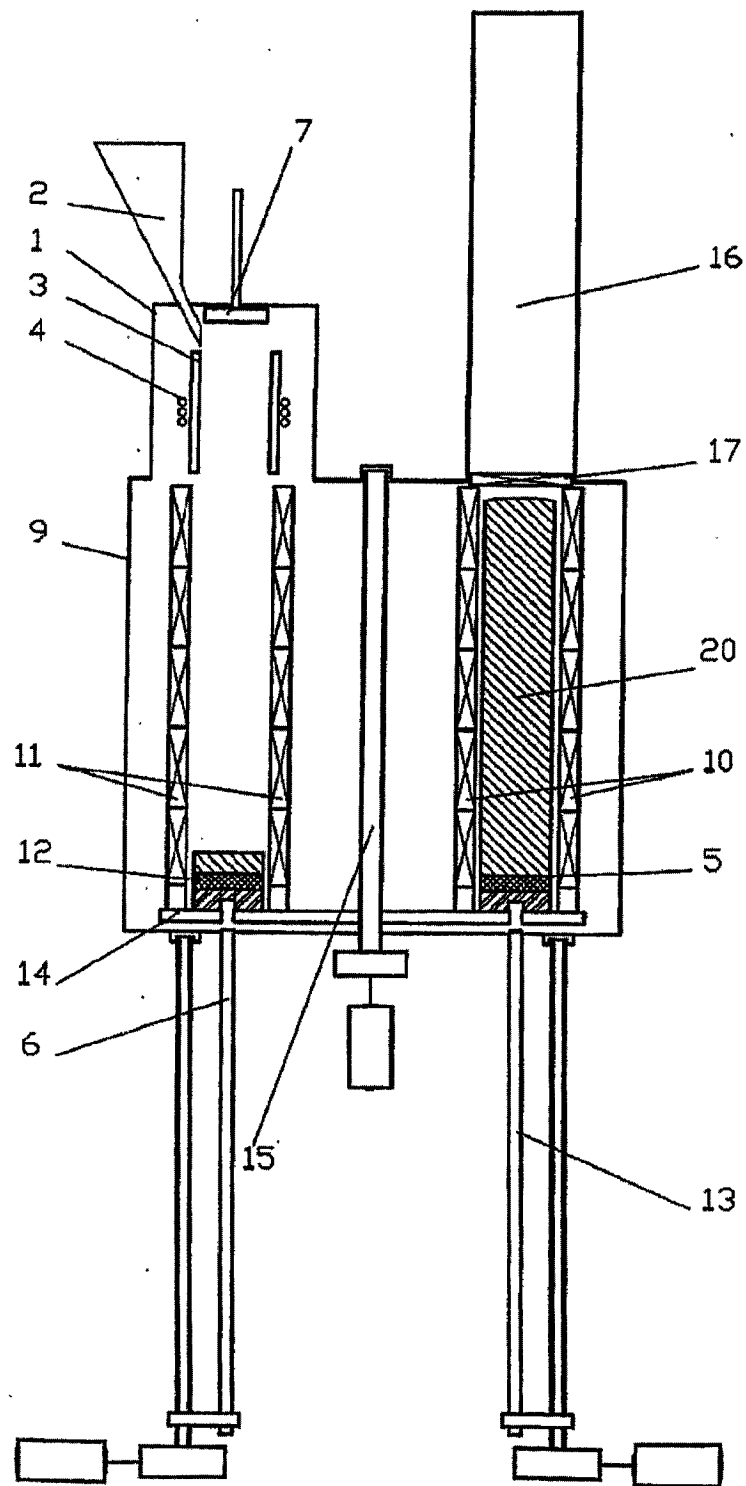


图 4

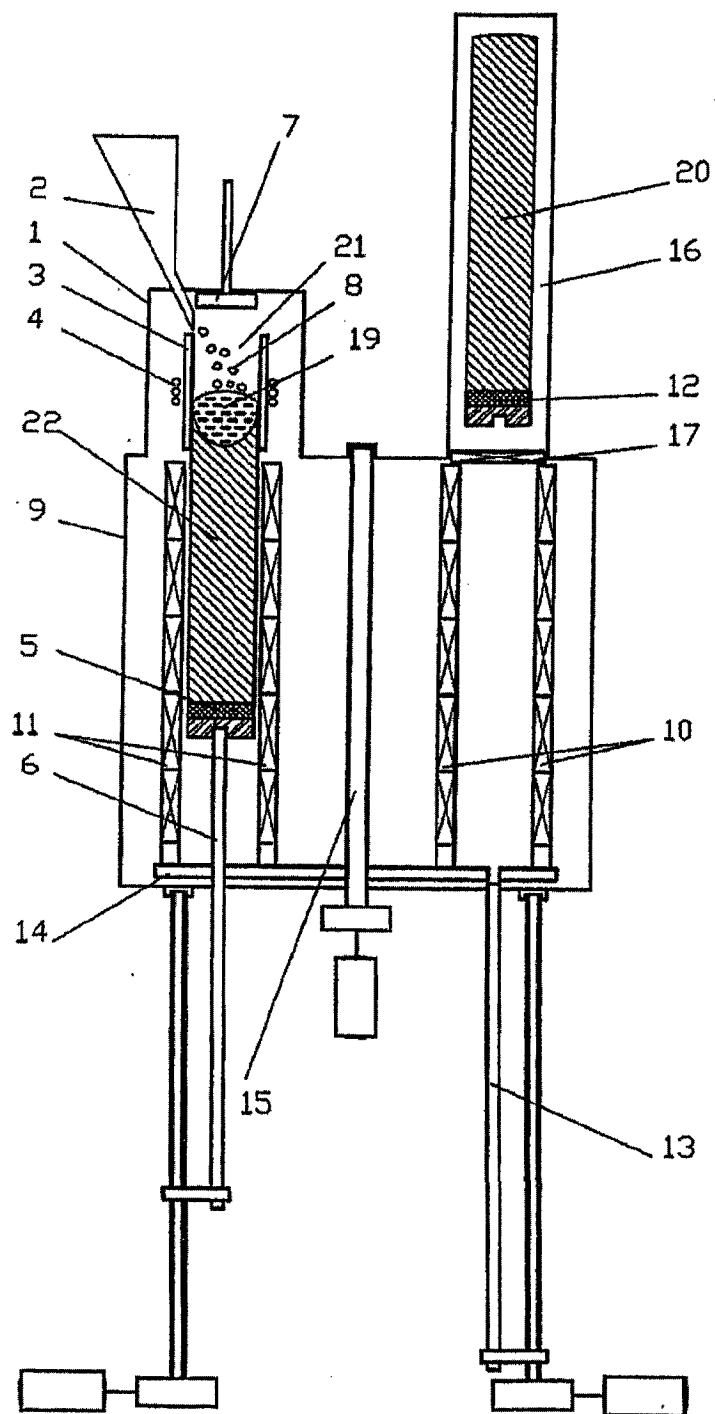


图 5

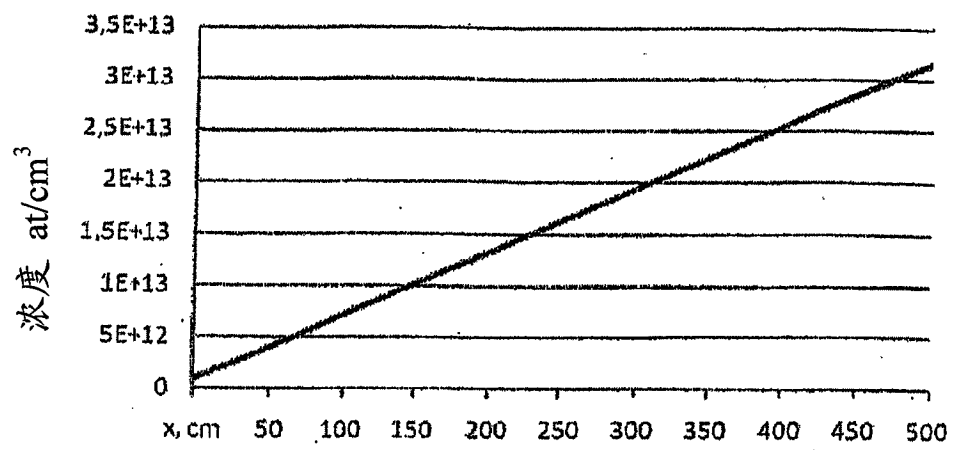


图 6