



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103572375 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310133094. 5

(22) 申请日 2013. 04. 17

(30) 优先权数据

13/561, 456 2012. 07. 30 US

(71) 申请人 太阳世界工业美国有限公司

地址 美国俄勒冈州

(72) 发明人 N·斯托达德

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 吴鹏 马江立

(51) Int. Cl.

C30B 35/00 (2006. 01)

H05B 6/30 (2006. 01)

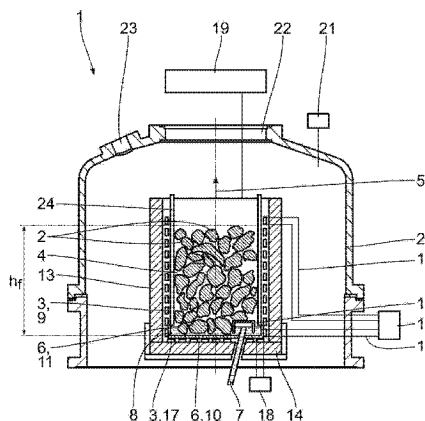
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

熔融设备

(57) 摘要

一种用于硅熔融的设备(1),包括用于保持硅块(2)的容器和至少一个用于加热容器内部的硅的装置(3),其中容器包括用于保持硅块(2)的沿纵向(5)延伸的管(4)和底部(6),其中管(4)布置在底部(6)上,其中底部(6)包括至少一个用于放出熔融硅(8)的出口(7),并且其中用于加热的装置(3)包括至少一个线圈(9)。



1. 一种用于半导体原料的熔融的设备(1),包括:
 - a. 用于保持固态原料块(2)的容器,以及
 - b. 至少一个用于加热容器内部的原料的装置(3),
 - c. 其中,所述容器包括
 - i. 用于保持所述原料块(2)的沿纵向(5)延伸的管(4),以及
 - ii. 底部(6),
 - d. 其中,所述管(4)布置在所述底部(6)上方,
 - e. 其中,所述底部(6)包括至少一个用于通过溢流放出熔融原料(8)的出口(7),并且
 - f. 其中,所述用于加热的装置(3)包括至少一个由耐火材料组成的线圈(9)。
2. 根据权利要求1所述的设备(1),其特征在于,所述底部(6)包括具有作为出口(7)的至少一个溢流管口的溢流盘,并且在于,所述溢流管口布置成使得所述溢流管口限定溢流液位,所述溢流液位在所述盘的基部(10)上方位于关于所述纵向(5)在0.5cm与10cm之间的范围内的高度处。
3. 根据权利要求1所述的设备(1),其特征在于,所述至少一个出口(7)包括用于止挡固态原料块(2)通过所述出口(4)的止挡元件(12)。
4. 根据权利要求4所述的设备(1),其特征在于,所述止挡元件(12)包括堰坝,所述堰坝以使得所述堰坝的下缘关于所述纵向(5)位于所述溢流液位下方的方式布置在所述盘(6)的基部(10)上方。
5. 根据权利要求1所述的设备(1),其特征在于,所述用于加热的装置(3)包括布置在所述盘下方的底部加热器(17)。
6. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,设置了用于将掺杂材料直接导入所述熔融容积中的单独管。
7. 一种用于半导体原料熔融的方法,包括以下步骤:
 - 提供用于保持半导体原料块(2)的容器,
 - 其中,所述容器包括管(4)和具有溢流管口(7)的收集盘(6),
 - 其中,所述管(4)沿纵向(5)延伸,
 - 提供至少一个用于加热所述容器内部的原料的装置(3),
 - 其中,所述用于加热的装置(3)包括至少一个线圈(9),所述线圈(9)至少部分地包围所述管(4),并且
 - 其中,所述线圈由耐火材料组成,
 - 使用固态原料块(2)将所述容器充填至沿纵向(5)的充填高度(h_f),
 - 向所述线圈(9)施加交流电以加热所述容器中的原料,其中所述加热包括感应加热,以及
 - 将熔融原料(8)收集在所述收集盘(6)中。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于以下中的至少一者:通过控制供给至所述线圈(9)的电力来获得所述容器内部的原料的预定熔融速度,以及当硅的所述预定熔融速度为零时,控制供给至所述线圈(9)的电力以将所述容器中的原料保持在处于或低于硅熔点的给定温度范围内。
9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,施加至所述线圈(9)的交流电具有在1kHz

至 4MHz 的范围内的频率。

10. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,监控所述充填高度(h_f)。

11. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,将所述充填高度(h_f)调节成为以下中的至少一者:最多为所述线圈(9)的最上部区段沿纵向(5)的高度,以及使得所述高度不会下降至沿纵向(5)的预定高度以下。

12. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,通过控制供给至底部加热器(17)的电力来控制所述收集盘(6)中的熔融原料的温度。

13. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,将来自称重传感器的输出置于利用施加至线圈(9)的电力的反馈控制环路中,以调节由所述熔融设备产生的质量流速。

14. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,将掺杂剂材料分散在所述固态原料中并以均匀的速度混入所述熔融材料中。

熔融设备

技术领域

[0001] 通过引用并入美国专利申请 US13/561, 456 的内容。

[0002] 本发明涉及一种用于诸如硅的半导体的熔融的设备。本发明还涉及一种用于诸如硅的半导体的熔融的方法。

背景技术

[0003] 存在若干半导体结晶方法,其中必须熔融各种形式因素的固态原料。对于像浮区(Float Zone)、连续直拉(Czochralski)和电磁铸造晶体生长等方法而言,一般难以提供高纯度、精密计量的熔融硅流,并且许多方案改为选择以小块固态硅给送。浮区法还会使用高成本的多晶硅棒,但希望有能熔融一系列原料而不导入杂质并以精密计量的流量来递送该熔融原料的熔融设备。

[0004] US2010/0095883A1、US7655089B2、US2010/0037815A1 和 US2011/0185963A1 中公开了用于熔融硅的设备。

[0005] 本发明的一个目的在于提供一种设备,该设备便于诸如硅的半导体的熔融。

发明内容

[0006] 通过一种包括用于保持固态原料块的容器和至少一个用于加热容器内部的原料的装置的设备来解决这一目的,其中容器包括用于保持原料块的沿纵向延伸的管和底部,其中管布置在底部上方,其中底部包括至少一个用于通过溢流放出熔融原料的出口,并且其中用于加热的装置包括至少一个由耐火材料/耐熔材料组成的线圈。

[0007] 该设备适合于多种不同材料的熔融,并且特别是非常适合于其中材料将在室温与熔融温度之间具有大的传导范围的半导体。在不加以限制的情况下,我们将具体谈论硅,但同样可操作任何金属或半导体。

[0008] 根据本发明的一方面,为了熔融诸如硅的半导体的片块,提供了一种用于加热的装置,该装置包括至少一个加热线圈,并且还提供一种用于保持硅块的容器,该容器包括管和底部,其中容器的底部包括至少一个出口。

[0009] 容器、也就是管和底部可一体地制成。

[0010] 容器的底部形成液体保持装置。容器的底部特别是呈盘形。根据本发明的一方面,能使用浅盘作为底部。希望在盘中具有浅熔融液位。

[0011] 在硅的情形中,优选管和底部中的至少一者由石英制成。优选地,管和底部两者都由石英制成。管和底部能分别由第二管或支承板加强和/或支承。支承件和/或加强件优选由氧化铝、特别是稠密、高纯度氧化铝、或多铝红柱石、氮化硼或碳纤维制成。优选地,支承管是电绝缘的,并且可具有若干个窗口。

[0012] 根据本发明的另一方面,底部包括具有至少一个作为出口的溢流管口的溢流盘,该溢流管口可作为唇形管口定位在侧面,或作为小壁定位在中心孔周围。

[0013] 优选地,溢流管口布置成使得其限定溢流液位,该溢流液位位于溢流盘的基部上

方在 0.5cm 与 10cm 之间的范围内的高度处。在此,关于容器的竖直纵向、也就是竖直方向测量该高度。

[0014] 通过管口的这种布置结构,维持了容器中、特别是底部中的液柱的特定高度,并且随着新材料熔融,允许熔融材料离开,以允许保持溢流盘中的熔融材料的恒定液位。

[0015] 根据本发明的另一方面,出口包括用于止挡固态硅块通过出口的止挡元件。止挡元件特别是包括堰坝,该堰坝以使得堰坝的下缘处于由出口限定的溢流液位下方的方式布置在盘的基部上方。

[0016] 根据本发明的又一方面,线圈由以下材料中的至少一种制成:钨、钼、钽、石墨、碳化硅和它们的复合物。

[0017] 线圈优选由至少耐受硅的熔点的材料制成。线圈的材料优选具有优于硅的导电率。

[0018] 在最简单的构型中,线圈以单螺旋布置在管周围,不过多于一个独立受控的线圈可定位在不同纵向高度处以用于更高的控制水平。

[0019] 根据本发明的一方面,线圈连接到交流电(AC)电源、特别是射频 AC 电源。AC 电源的频率处于 50Hz 至 4MHz 的范围内,特别是 1kHz 至 1000kHz 的范围内,特别是 5kHz 至 500kHz 的范围内,优选高于 10kHz,优选高于 50kHz。

[0020] 优选地,该设备还包括用于将固态硅原料向容器的可控给送的给送元件。这可以是大块和小块的混合物的一种批量转储,或者它可以是连续提供小号至中号硅块的振动给料器。

[0021] 容器优选布置在具有可控气氛的腔室内部。

[0022] 根据本发明的又一方面,用于加热的装置还包括布置在盘下方的底部加热器。这种底部加热器便于硅熔体的温度控制和对离开温度进行调节,并且允许即使从上方导入大量冷材料或暂时降低通往主线圈的功率,也维持坩埚底部中的液态。

[0023] 该设备还能够包括位于管周围的绝缘元件和/或位于底部下方的绝缘元件。绝缘元件优选由氧化铝纤维或碳纤维制成。管周围和/或底部下方的这种绝缘提高了加热设备的加热效率。材料优选是无尘的以避免污染,并且电绝缘以避免来自感应加热器的寄生耦合。

[0024] 优选地,线圈与容器内部之间的所有材料、特别是原料具有至少 $1 \Omega \text{ cm}$ 的电阻率。

[0025] 本发明的又一个目的是改善一种用于硅熔融的方法。

[0026] 通过一种方法来解决这一目的,该方法包括以下步骤:提供用于保持半导体原料块的容器,其中该容器包括管和带有溢流管口的收集盘,其中管沿纵向延伸;提供至少一个用于加热容器内部的原料的装置,其中该用于加热的装置包括至少一个线圈,该线圈至少部分地包围管,并且其中线圈由耐火材料组成;使用固态原料块将容器一直充填至沿纵向的充填高度(h_f);向线圈施加交流电以加热容器中的原料,其中加热包括感应加热;以及将熔融原料收集在收集盘中。

[0027] 本发明的核心在于向线圈施加 AC 电力以感应地加热容器中的硅与将熔融硅收集在带有溢流管口的收集盘中的组合。控制的关键在于给送速度直接取决于与所施加的线圈电力的敏感和快速响应的关系。

[0028] 该方法适合于多种不同材料的熔融,并且特别是非常适合于其中材料将在室温与

熔融温度之间具有大的传导范围的半导体。在不加以限制的情况下,我们将具体谈论硅,但同样可操作任何金属或半导体。

[0029] 根据本发明的方法允许硅的熔融,其中使熔融容积最小化,使给送速度控制最大化,并且原料灵活性尽可能宽。换言之,根据本发明的方法允许硅以高度可控的方式的非常有效的熔融。该方法能实现具有宽范围的液体产量的连续操作。

[0030] 根据本发明的另一方面,通过控制供给至线圈的电力来获得熔融容器内部的硅的预定熔融速度。特别是在容器内部的硅被加热至至少 700° C 的温度的初始阶段之后控制容器内部的硅熔融速度。

[0031] 容器中的液态硅的体积保持恒定。该体积特别是自动保持恒定。容器中的液态硅的量特别是小于 10 升,并且为了安全起见能保持低至十分之一升。

[0032] 根据本发明的一方面,当预定的硅熔融速度为零时,控制供给至线圈的电力以保持容器中的硅在低于硅熔点的给定温度范围内。容器中的硅特别是能被保持在 1000° C 至 1400° C 的范围内。

[0033] 施加至线圈的 AC 电力优选具有在 50Hz 至 4MHz 的范围内、特别是在 1kHz 至 1000kHz 的范围内、特别是在 5kHz 至 500kHz 的范围内的频率。

[0034] 根据本发明的又一方面,监控容器中的硅原料块的充填高度。这有利于连续操作。特别地,只要充填高度下降至预定高度以下,就能将更多硅充填到容器中。

[0035] 此外,将充填高度调节成与线圈的最上部区段几乎一样高。由此能确保容器中的所有硅原料集中在硅原料能由线圈有效地加热的容积中。

[0036] 优选地,在硅熔融期间,调节容器中的硅的充填高度,以使得该充填高度不会沿纵向下降至预定高度以下。预定高度能处于从液位、特别是溢流液位测得的管高度的 10% 的高度。特别地,根据本发明的一方面,一旦管内部的固体原料的充填高度下降至预定的最低高度以下,特别是从溢流液位测得的管高度的 10%,便通过给送元件特别是从顶部将更多硅导入管中。只要需要液体给送,就能重复这一步以延长操作。有利的是在仍存在能缓冲新原料的靠置(land)并防止保持容器的破裂而且还防止液体的任何闪冻的一定容积未熔融硅块的同时添加更多固态硅。

[0037] 根据本发明的又一方面,通过控制供给至底部加热器的电力来控制收集盘中的熔融硅的温度,以使得能独立于上部加热器的控制或冷原料的添加来维持熔融硅处于液态。

[0038] 此外,可以将容器内部的固态原料和 / 或收集盘中的液态硅维持在预定温度。特别地,可以将硅原料维持在低于硅熔点的温度下,优选维持在 1000° C 至 1400° C 的范围内。类似地,收集盘中的液态硅能凝固并维持在硅熔点以下的温度,特别是在 1000° C 至 1400° C 的范围内的温度。由此,能按需容易地使熔融暂停和 / 或停止并重新开始。为了恢复熔融方法,再次调高供给至线圈的功率。

[0039] 根据本发明的又一方面,通过施加至线圈的功率来控制熔融原料从熔融设备流出的流速。

[0040] 根据本发明的又一方面,将来自称重传感器 / 载荷传感器的输出置于利用施加至线圈的功率的反馈控制环路中,以调节由熔融设备产生的质量流速。

[0041] 根据本发明的又一方面,掺杂剂材料分散在固态原料中并以均匀的速度混入熔融材料中。

[0042] 根据本发明的又一方面,将掺杂剂材料计量供给到与原料导入设备分开的设备中的熔体中。

[0043] 根据本发明的又一方面,待熔融的半导体原料是硅。

[0044] 根据本发明的又一方面,半导体原料包括来自一组合的一个或多个类型,该组合包括粉末硅、粒状硅、小号或中号小硅片和大硅块。

[0045] 根据本发明的又一方面,半导体原料主要由被保持在顶部并缓慢地降下到熔融管中的多晶硅棒组成。

[0046] 根据本发明的又一方面,半导体原料是硅。

[0047] 根据本发明的又一方面,称重传感器定位在熔体盘下方的一定高度处,以测量熔融原料的流出。

[0048] 根据本发明的又一方面,提供一种用于将掺杂材料直接导入熔融容积中的单独管。

[0049] 该方法的一个重要要素是自由地熔融宽范围的原料(从多晶硅棒大块到小硅片到粒状硅)。在大端,多晶硅棒能从一端悬置并缓慢地下降到熔融坩埚中。熔融硅将使端部滴尽并下落到熔体盘中。替代地,能将大块和/或小号至中号硅片倾倒入管中,从而靠置在预先安设、还没有熔融的硅块的顶部上。在远端上,可流动的原料如小号硅片或粒状球体能被连续或半连续地给送到管中。大硅块的熔融分布的一种常见的困难是称为桥接的效应,其中在熔融容器中堆高的大硅块将部分地熔融并跨越容器的跨度结合在一起。随着较低的材料熔融(典型地由于加热器的底部或侧面定位),由硅块构成的桥悬置在上方。在桥的边缘最终熔融的时点,悬置团块的块体将下落,从而潜在地导致损坏坩埚和导致热区劣化的液体喷溅。在该方法中,通过限制管的充填高度能有效地避免桥接。例如,如果充填高度不超过线圈 66% 的高度处的高度,则必定能避免桥接。

[0050] 在任何情形中,熔融活动都以相似的方式起作用。当原料相对冷时,高纯度硅一般是非传导的且不会耦合至由线圈产生的射频磁场。在线圈中无负载的情况下,耐火材料将加热并开始通过辐射加热原料和绝缘体。随着硅加热,硅的传导率上升,与任何半导体一样。一旦硅到达一定临界温度,硅就会开始对磁场起反应。此时,周边周围的原料中将建立电流并且材料将开始被感应地加热。随着更多热量直接传递到原料中,加热线圈的温度实际上将降低。只要耐火线圈传导率高于处于熔点下的固体的传导率,感应效率(硅中作为电流感生的功率除以总功率)就将保持较高,但只要负荷非常匹配并且周围的绝缘有效,不论感应是否有效,总加热效率都保持较高。硅中的耦合电路将随着原料的熔融继续并且充填高度降低而自动向下调节。当导入新原料时,耦合电路将随着新原料被已有的原料和线圈加热而向上重新调节。

[0051] 该方法的一个关键方面是通过线圈功率直接控制流速。由于熔化器通过来自盘的溢流工作,因此从盘流出的流速将由新熔融硅从线圈中的原料流下的流速决定。由于线圈的功率直接耦合以加热硅而不是耦合到衬托器或再辐射器中,使熔融速度对线圈加热器功率的变化的时间响应很短。流量控制对于高反应性材料如熔融硅而言典型地较难。用于流量控制的机械方法在真空腔室内典型地较难,因此仅依赖于功率控制的该方法是有益的。监控流出速度能通过定位在熔化器之下的称重传感器来完成,并且能利用称重传感器输出数据来反馈线圈功率。

[0052] 杂质的控制是该方法的另一个关键功能。在此情形中,与硅接触的唯一材料是高纯度二氧化硅。包容管和熔融盘能由石英或熔合硅石组成。优选地,管的下端构造成滴入到盘中并定位在熔体管线上方。硅中的石英的溶解是一个缓慢的过程,主要导入作为杂质的氧,伴随着很低的过渡金属的浓度。硅通过熔融区的一致移动防止了熔融容积中氧或杂质的积聚,从而在理想情形中将液体中的氧浓度限制在 5×10^{17} 原子/cm³ 以下。类似地,在理想构型中,能将总金属含量保持在 1×10^{13} 原子/cm³ 以下。

[0053] 原料的掺杂对于制造有用的晶体来说至关重要。根据本发明的实施例,熔融方法包括掺杂剂的添加,在硅原料的情形中,所述掺杂剂诸如为硼、磷、锑、砷、镓、铝和镉。可采用若干方法的其中一种方法来添加这些掺杂剂。首先,能在添加至熔融管的原料块之中分布小的高掺杂硅块。这些块将以与其余硅大致相同的速度熔融,并且盘中的浅熔融容积中将发生掺杂浓度的均质化。其次,可导入小的专用管,该管允许将经掺杂的材料直接导入熔体中。能以分开控制的速度将小的高掺杂硅块或诸如铝或镓的纯掺杂剂材料计量供给到专用管中。第三,能使用可选地直接导入浅熔体附近的掺杂气体。例如,可使用由 99% 氩气和 1% 磷杂环戊二烯或 1% 乙硼烷组成的气体。

附图说明

[0054] 本发明的更多细节和优点从借助附图对本发明一实施例的描述产生。

[0055] 图 1 示出通过用于硅熔融的设备的一实施例的示例性剖视图。

具体实施方式

[0056] 用于硅熔融的设备 1 包括用于保持硅块 2 的容器和至少一个用于加热容器内部的硅的装置 3。

[0057] 该容器包括用于保持硅块 2 的沿纵向 5 延伸的管 4 和底部 6,其中管 4 布置在底部 6 上。

[0058] 管 4 可具有圆形、特别是圆形截面。在不加以约束的情况下,该截面可以是正方形或矩形的,但优选具有圆角。不论管的形状如何,最佳的是加热装置 3 的截面与管的截面紧密地匹配。管 4 具有侧壁 24。侧壁 24 具有在 2mm 至 2cm 的范围内、特别是在 5mm 至 6mm 的范围内的厚度。

[0059] 管 4 具有在 10cm 至 50cm 的范围内、特别是在 25cm 至 35cm 的范围内的直径。管 4 具有至少 20cm、优选至少 40cm 的沿纵向 5 的高度。管 4 沿纵向 5 的高度特别是在 20cm 至 80cm 的范围内,特别是在 30cm 至 60cm 的范围内。管 4 的其它尺寸同样是可能的。

[0060] 管 4 优选呈圆柱形或圆锥形。管的纵向取向 5 优选是竖直的,但可以沿偏离竖直的方向构成。

[0061] 底部 6 包括用于放出熔融硅 8 的出口 7。出口 7 可作为从侧壁向外突出的管口构成,或者出口 7 可在盘截面的内部,例如是底板 10 中的通过从底板突出的封闭壁与底板的其余部分分离的孔。

[0062] 用于加热的装置 3 包括至少一个线圈 9。

[0063] 底部 6 形成液体保持装置。底部 6 优选呈盘形。底部 6 包括基部 10 和边沿 11。底部 6 优选包括具有作为出口 7 的至少一个溢流管口的溢流盘。溢流管口在作为侧面出口

的情况下优选呈唇形,或者在溢流管口作为内部孔构成的情况下,封闭壁优选具有 v 形槽口以引导流出的液体。在任意情形中,唇部或 v 形槽口的底部高度都将限定底部 6 的充填高度。

[0064] 溢流管口在盘的基部 10 上方布置在关于纵向 5 在 0.5cm 与 10cm 之间的范围内的高度处。因此,溢流管口限定溢流液位。溢流液位特别是位于从容器的最下部点算起 1cm 与 10cm 之间。

[0065] 此外,出口 7 包括用于防止硅 2 的任何小固体通过出口 7 的堰坝。更一般地,出口 7 包括用于止挡来自出口 7 的固体硅块 2 的止挡元件 12。止挡元件 12 布置成使得止挡元件 12 防止浮在熔融硅 8 上的固态硅块 2 离开容器。特别地,止挡元件 12 具有布置在溢流液位下方的下缘。止挡元件 12 的下缘优选具有一个或多个槽口,以允许液体在槽口下方流动并流入元件的中心。槽口的最大高度优选位于盘的熔体液位下方,以便防止诸如固态硅或浮动夹杂物的浮动材料通过。此外,出口 7 可包括离开管或流槽(sluiice)以将熔融原料输送到单独的工艺中,例如以使硅以受控方式结晶。

[0066] 或者,能使用过滤元件作为止挡元件 12。

[0067] 管 4 由石英、二氧化硅、氮化硅(Si_3N_4)、碳化硅(SiC)或它们的任何混合物或组合制成。底部 6 由石英、二氧化硅、氮化硅(Si_3N_4)、碳化硅(SiC)或它们的任何混合物或组合制成。

[0068] 管 4 和线圈 9 由绝缘元件 13 包围。绝缘元件 13 由氧化铝纤维或碳纤维制成。

[0069] 底部 6 被安设在支承件 14 上。支承件 14 能作为绝缘元件建造。支承件 14 能由氧化铝纤维或碳纤维制成。由于石英往往在高温下软化,因此管 4 和 / 或底部 6 能分别通过第二管或支承板(未图示)加强和 / 或支承。该加强件优选由氧化铝、多铝红柱石或碳纤维制成。

[0070] 线圈 9 以单螺旋卷绕在管 4 周围。线圈 9 由耐火材料、特别是至少耐受硅熔点的材料制成。线圈 9 优选由以下材料中的至少一者制成:钨、钼、钽、石墨、碳化硅和它们的复合物。线圈 9 还能由这些材料中的两种或更多的复合物制成。线圈 9 能够最多利用气体冷却耐受方法温度。线圈 9 优选由具有优于处于其熔点的硅的导电率的材料制成。

[0071] 优选地,线圈 9 与待熔融的硅块 2 之间没有导电率小于 $1 \Omega \text{ cm}$ 的材料。

[0072] 线圈 9 连接到 AC 电源 15。

[0073] 线圈 9 通过连接导线 16 连接到 AC 电源 15。连接导线 16 能由与线圈 9 相同的材料制成。

[0074] AC 电源 15 适于提供具有在 50Hz 至 5MHz 的范围内、特别是在 1kHz 至 1000kHz 的范围内、特别是在 50kHz 至 500kHz 的范围内的频率的电力。最优选地,AC 电源 15 是射频 AC 电源。

[0075] 用于加热的装置 3 还包括底部加热器 17。底部加热器 17 布置在盘下方。底部加热器 17 能作为感应加热器建造。底部加热器还连接到 AC 电源 18。要了解 AC 电源的详情,参见对 AC 电源 15 的描述。也可以将线圈 9 和底部加热器 17 两者都连接到同一个 AC 电源。

[0076] 设备 1 还包括给送元件 19。给送元件 19 仅在图 1 中示意性地示出。给送元件 19 布置在容器上方。给送元件 19 是可控的,以控制硅原料、特别是给送到容器中的硅块 2 的量。给送到容器中的硅块 2 具有在石料、砾石、砂或粉砂的范围内的尺寸。硅块 2 具有高达

20cm 的筛分粒度。替代地,可从上方悬置大而连续的多晶硅棒并将其缓慢地降下到熔融区中。

[0077] 设备 1 还包括腔室 20,容器被安设在该腔室 20 中。腔室 20 能被气密地密封。腔室 20 尤其能够由换气元件 21 排泄或充填吹扫气体。

[0078] 腔室 20 具有用于为容器再充填硅原料 2 的通道 22。腔室 20 还包括观察端口 23。观察端口 23 实现了对硅块 2 的熔融的可视监控。

[0079] 以下描述设备 1 的操作原理。作为硅块 2 的硅原料由给送元件 19 给送到管 4 中。管 4 由硅块 2 充填至沿纵向 5 的充填高度 h_f 。充填高度 h_f 被控制成不会超过加热线圈 9 在管 4 周围的最上部高度。为了避免桥接,可确立 h_f 的更低的高度极限。

[0080] 为了加热容器内部的硅,对管 4 周围的线圈 9 通电。特别地,对线圈 9 施加 AC 电力。因此,加热包括感应加热。施加至线圈 9 的 AC 电力的频率在 50Hz 至 4MHz 的范围内、特别是在 1kHz 至 1000kHz 的范围内、特别是在 50kHz 至 500kHz 的范围内的频率。特别地,向线圈 9 施加射频功率。在该方法开始时,通过线圈辐射地加热硅块 2。然而,当管 4 内部的硅块 2 的温度超过一定温度时,特别是当管 4 内部的硅的温度超过 700° C 时,硅变成足够传导而感生磁场。接着,硅主要通过感应加热。

[0081] 一旦管 4 中的硅的温度超过硅的熔融温度,硅便滴至底部 6,此处硅作为熔融硅 8 积聚。硅积聚在容器的底部 6 中并在止挡元件 12 下方流动直至其达到溢流液位。一旦硅到达溢流液位,便通过向加热线圈 9 供电来控制熔融硅 8 离开设备 1 (特别是经出口 7 离开)的速度。

[0082] 一旦容器内部的硅块 2 的充填高度 h_f 达到从熔融硅 8 的液位测得、特别是从溢流液位测得的管 4 的高度的 10% 以内,就能通过给送元件 19 从顶部将更多硅、特别是更多固态硅块 2 导入管 4 中。新硅块 2 下落到管 4 内部已存在的硅块 2 上并充填管 4 至某一较高的充填高度 h_f 。只要需要给送熔融硅 8,就能重复该充填管 4 以延长操作。

[0083] 如果需要的话,能使熔融硅 8 冻结并维持在高温、特别是在介于 1000° C 与 1400° C 之间的范围内的温度下,同时暂停和 / 或停止并重新开始下游方法。能通过按需向上回调功率来恢复容器内部的硅的熔融。

[0084] 以下概括性地描述该方法的更多方面。

[0085] 通过供给至线圈 9 的电力来控制容器内部的硅熔融速度。特别地,通过控制供给至线圈 9 的电力来获得容器内部的预定硅熔融速度。

[0086] 在初始阶段之后,容器中的熔融硅 8 的量保持恒定。熔融硅特别是保持在高达 10 升的范围内。

[0087] 当预定的硅熔融速度被设定为零时,能控制供给至线圈 9 的电力,以将容器中的硅块 2 保持在处于或低于硅熔点的给定温度范围内。容器内部的硅的温度特别是能被保持在 1000° C 与 1410° C 之间的范围内。这能通过调节供给至线圈 9 和 / 或底部加热器 17 的电力而容易地完成。

[0088] 类似地,能通过对底部加热器 17 的电力供给来控制 and 调节容器的底部 6 中的熔融硅 8 的状态和 / 或离开出口 7 的熔融硅 8 的温度。

[0089] 优选地,在熔化方法中始终监控容器内部的固态硅的充填高度 h_f 。优选最多将充填高度 h_f 调节为线圈 9 的最上部区段沿纵向 5 的高度。在硅熔融期间,调节容器内部的硅

块 2 的充填高度 h_f , 以使得该充填高度不会沿纵向 5 下降至预定高度以下。能调节该充填高度以使得该充填高度不会下降至从溢流液位测得的管 4 的高度的 10% 的高度以下。一旦充填高度 h_f 下降至这种预定高度以下, 就通过给送元件 19 向容器添加更多硅块 2。这种使用固态硅块 2 再充装容器能自动进行。再充装能作为批量工艺(如上所述)完成, 或者可例如通过振动给料器随时更稳定地导入原料来进行管理。

[0090] 只要需要熔融硅 8, 就能连续进行根据本发明的方法。

[0091] 作为感应加热元件的线圈 9 的使用便于对加热的控制, 这是因为感应加热比辐射加热更加精确地可控, 最大限度地减少加热器、绝热或支承部件中的蓄热量以减慢系统的反应时间。

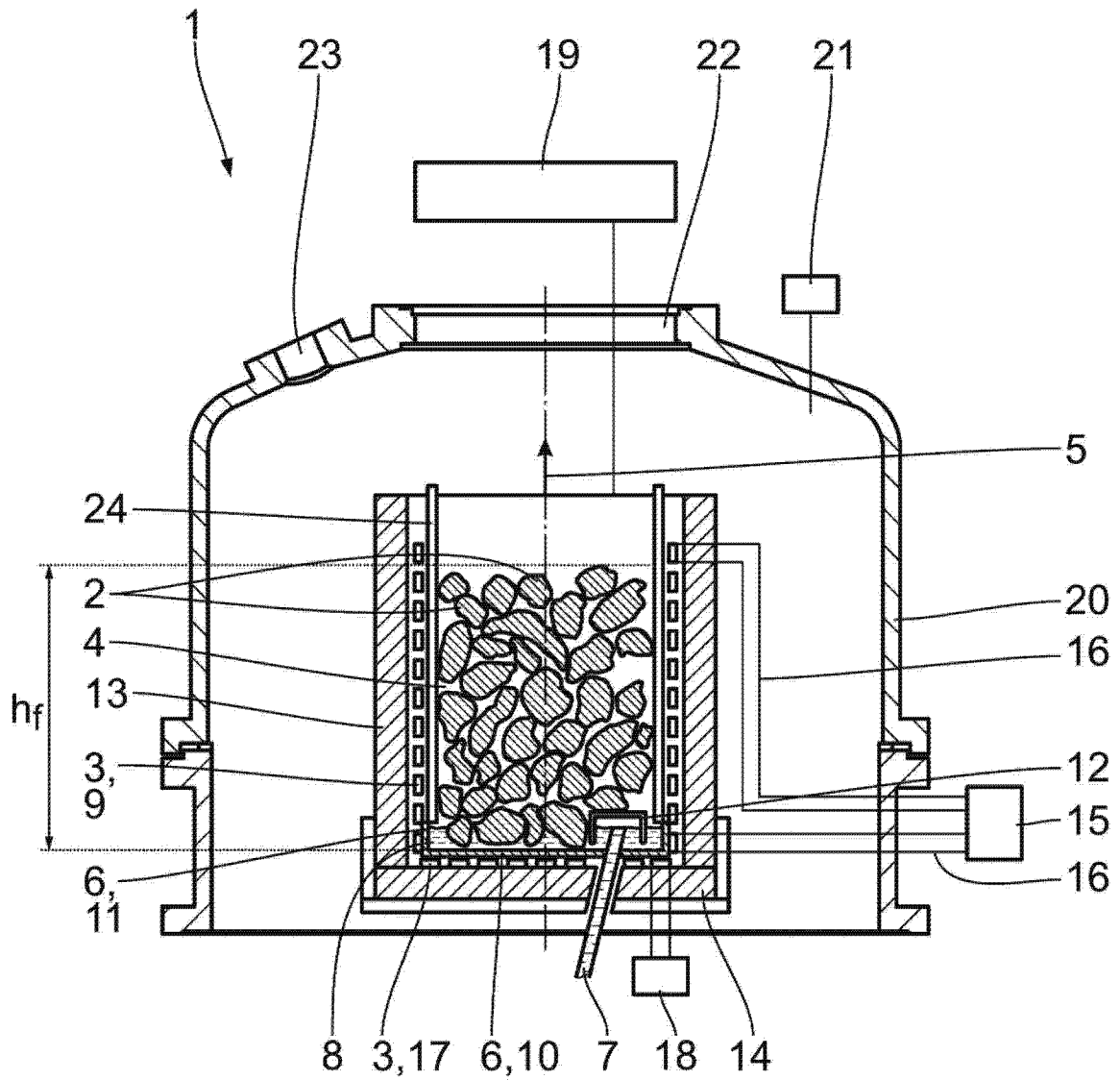


图 1