



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102292475 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201080004883. 3

(22) 申请日 2010. 01. 19

(30) 优先权数据

102009005837. 0 2009. 01. 21 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 07. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/DE2010/000070 2010. 01. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/083818 DE 2010. 07. 29

(73) 专利权人 光伏硅研究和生产有限责任公司

地址 德国埃尔福特

(72) 发明人 H·里曼 F·W·舒尔策 J·菲舍尔

M·伦纳

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 曾立

(51) Int. Cl.

C30B 13/00 (2006. 01)

C30B 13/10 (2006. 01)

C30B 13/20 (2006. 01)

C30B 15/00 (2006. 01)

C30B 15/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

DE 2952602 A1, 1981. 07. 02, 全文.

CN 1544713 A, 2004. 11. 10, 全文.

CN 1748049 A, 2006. 03. 15, 全文.

CN 101006205 A, 2007. 07. 25, 全文.

审查员 柯俊

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

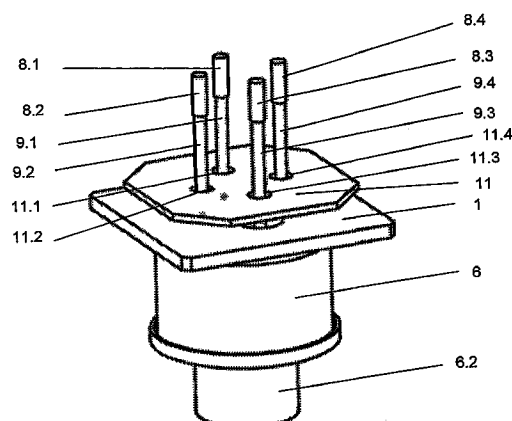
(54) 发明名称

用于生产硅细棒的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于生产如在传统的西门子法中用于硅沉积的硅细棒的方法和设备。由于对用于半导体和太阳能电池的硅的需求急剧上升，对硅细棒的需求也增加。根据本发明的方法基本上对应于经典的基座法。根据本发明，所使用的感应线圈 (1) 具有一些围绕电流环流的中央开口 (4) 的另外的提拉开口 (5. 1, 5. 2, 5. 3, 5. 4)。在感应线圈 (1) 下方的储料棒中，产生足够均匀的温度场，使得储料棒的顶部熔化并且在 (6) 上产生熔池 (6. 1)。通过感应线圈中的另外的提拉开口，分别从熔池向上提拉薄硅棒 (9. 1, 9. 2, 9. 3, 9. 4)。与已知的现有技术不同，不通过电流环流的中央开口向上提拉棒。其他的附加提拉开口优选与中央开口同心地且与储料棒 (6) 的外壁之间具有足够间距地设置。如此选择这些提拉开口的间距，使得生长的薄硅棒在热学上不互相剧烈影响，从而各个薄硅棒尽可能相同地生长。所使用的硅原棒的直径越大，则可以将感应线圈的直径选择地越大，并且因此还可以设置相应越多数量的附

加的提拉开口。



1. 用于根据无坩埚的结晶法生产硅细棒的方法,其中,从硅原棒的上端部上的熔液中穿过扁平的感应线圈向上提拉硅细棒,所述硅原棒具有在技术上常见的直径,所述熔液通过扁平的、由 HF 电流流过的感应线圈产生,所述感应线圈具有仅仅一匝并且由具有作为馈电装置的缝隙的盘组成,

其特征在于,

仅仅用于所述熔液的感应加热的所述扁平的感应线圈(1)除电流环流的中央开口(4)外还具有一些另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4),不通过所述中央开口(4)提拉硅细棒,而是通过这些另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)各提拉一个硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在开始阶段中,使分别固定在一个支架(7.1、7.2、7.3、7.4)上的多个硅晶核棒(8.1、8.2、8.3、8.4)穿过所述提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)在所述硅原棒(6)的顶部上的由所述感应线圈(1)熔化的熔池(6.1)中接触所述熔液,并且随后进行培育,其方式是,将所述硅晶核棒(8.1、8.2、8.3、8.4)分别通过一个提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)向上提拉。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述感应线圈(1)的上方设置有助于抑制向进行结晶的硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)的感应热量传输的装置。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,同步地向上提拉具有所述硅晶核棒(8.1、8.2、8.3、8.4)的所述支架(7.1、7.2、7.3、7.4)和在所述硅晶核棒(8.1、8.2、8.3、8.4)上生长的所述硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,使所述硅原棒(6)在提拉过程期间以这样的速度向上跟踪,以致在所述熔池(6.1)中始终有足够的、熔化的材料量可供所述硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)的培育使用。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所使用的硅原棒(6)具有硼和/或其他掺杂物质的掺杂,使得所提拉的硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)具有所期望的掺杂。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在提拉过程中将掺杂物质输送给所述熔液。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在封闭的容器中对保护气体环境下实施所述方法。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,通过位于提拉室的上部分中的气闸将生长的所述硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)连续地从所述提拉室提拉至外部空间中,使得提拉过程可以一直持续,直到所述硅原棒(6)的熔化的材料储备消耗完。

10. 用于实施根据权利要求1至8中任一项的方法的设备,其中,使用扁平的感应线圈,所述感应线圈具有仅仅一匝并且由具有作为馈电装置的缝隙的盘组成,其特征在于,所述感应线圈(1)除由 HF 电流环流的中央开口(4)外还具有一些另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4),这些另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)不由环形电流环流,并且通过这些另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)可分别提拉一个硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)。

11. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,所述另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、5.4)相对于所述中央开口(4)同心地并且以近似相同的彼此间距设置。

12. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,所述另外的提拉开口(5.1、5.2、5.3、

5.4)成对地并且分别相对于所述中央开口(4)对称地设置。

13. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,所述感应线圈(1)的横截面完全覆盖所述硅原棒(6)的横截面。

14. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,以小的间距在所述感应线圈(1)的上方设置有隔离板(11),所述隔离板(11)具有一些与所述感应线圈(1)中的提拉开口(5.1,5.2,5.3,5.4)完全一致地设置的开口(11.1,11.2,11.3,11.4)。

15. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,所述硅原棒(6)设置在可垂直地移动并且可旋转的轴(6.2)上。

16. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,每个硅晶核棒(8.1,8.2,8.3,8.4)与一个可垂直地移动的支架(7.1,7.2,7.3,7.4)连接,其中,在每个硅晶核棒上可提拉一个硅细棒(9.1,9.2,9.3,9.4)。

17. 根据权利要求10所述的设备,其特征在于,所有支架(7.1,7.2,7.3,7.4)可同步地、同时地并且以相同的速度向上运动。

18. 根据权利要求16所述的设备,其特征在于,所有支架(7.1、7.2、7.3、7.4)设置在一个共同的提拉装置(10)上。

19. 根据权利要求14所述的设备,其特征在于,所述设备设置在一个气密的提拉室中,所述提拉室在其上部的容器壁中在所述感应线圈(1)中的所述提拉开口(5.1,5.2,5.3,5.4)和所述隔离板(11)中的所述开口(11.1,11.2,11.3,11.4)的上方具有长管形式的气闸,所述硅细棒(9.1、9.2、9.3、9.4)可穿过所述气闸提拉。

用于生产硅细棒的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于生产如在传统的西门子法中用于硅沉积的硅细棒的方法和设备。在此,细棒垂直地设置在反应器中并且通过电流通过加热到约 1100°C,使得硅从三氯硅烷-氢混合物中热解地沉积在细棒上。这种用于多晶硅的基本生产工艺对于电子学工业——如对于太阳能工业而言基本上是相同的。

背景技术

[0002] 由于对作为用于半导体的硅的原材料和作为太阳能电池的原材料的多晶硅的需求急剧增加并且继续增加,对具有约 4-10mm 的直径的硅细棒的需求也相应地增加。硅细棒的生产是通过硅从三氯硅烷(西门子法)或类似地从单硅烷中热解沉积来制造硅棒的不可避免的且还部分限制的组成部分。因为硅细棒的总长度对应于所制造的硅棒的长度,所以随着太阳能硅产品和半导体硅产品的急剧增长,相应地需要大量这种细棒。

[0003] 例如根据经典的基座法生产硅细棒,其方式是,从单匝的感应线圈的内孔中提拉棒,所述感应线圈同时使 30-50mm 直径的原棒的上端部熔化。为了生成硅棒,已描述了一些不同的方法。

[0004] 在 DE 102005016776A1 中描述了一个示例,其中,在开始阶段中以已知的手段通过单匝的感应线圈的中央开口从悬着的熔滴垂直向下地拉细颈(Dünnhals)。在达到待提拉的晶体的面积尺寸所需的直径时,将生长的晶体的旋转减小到低于 1 圈/分钟的转速。随后,在培育阶段中垂直向下拉具有接近圆形的横截面的单晶硅,其中,所使用的感应器具有用于在生长阶段临界处产生几乎旋转对称的温度场的装置。

[0005] 在 DE 2952602A1 中描述了用于生产硅细棒的方法和设备。在此,从垂直竖立的储料棒向上提拉保持在其上端部上的硅细棒,其中,借助于感应线圈使所述储料棒在其上端部上熔化。为了使生长的硅细棒稳定,设有相应的稳定装置,所述稳定装置由弹簧棒组成,其中,在这些弹簧棒之间导引硅细棒。

[0006] 可以从 DE 2458490A1 中得到另一种用于生产细棒的方法。在此,在材料沉积时沿圆形轨道借助于具有高度减速的变速器的电动机的纯旋转运动中借助于环形的感应线圈通过抽拉厚棒的熔化的顶部提拉出用于载体主体的圆形弯曲的细棒。

[0007] 在上述方法中,可以分别从原棒的熔液中提拉出仅仅一个细棒。

[0008] 对于多晶硅棒的沉积,还可以使用方形缆芯,其从较大的硅棒(如板条)锯下。锯下的方形缆芯具有受干扰且受污染的表面。由此,这些方形缆芯易于断裂并且必须通过湿化学方法进行蚀刻和清洗。如果这些方形缆芯从原始沉积的高纯度多晶硅棒锯下,则它们还具有不利的高电阻,所述高电阻在沉积过程中使过程开始变得复杂。这些方形缆芯的长度也总是略小于所使用的棒的长度,其中,从所述棒锯下这些方形缆芯。

发明内容

[0009] 本发明的任务在于,说明一种方法和一种设备,借助所述方法和所述设备可以在

一个工序中由具有例如 120mm 的标准直径的储料棒同时生产多个硅细棒,这些硅细棒具有区熔直拉的硅晶体的材料纯度和所期望的参数。借助所述方法,通过省略特殊材料的生产以及工作成本和能量成本来降低用于细棒生产的生产成本。

[0010] 根据本发明,所述任务通过具有权利要求 1 的特征的方法来解决,其中,所述方法基本上类似于经典的基座法,其中,作为热源使用具有仅仅一匝的、扁平的感应线圈,所述感应线圈同时熔化原棒的上端部并且同时用于调整生长的硅细棒上的结晶前部,其中,从溶液中向上提拉这些生长的硅细棒。所使用的盘状的、单匝的感应线圈具有被构造为馈电装置的主缝隙并且在中间具有中央开口。根据本发明,感应线圈围绕电流环流的中央开口具有另外的通孔,这些另外的通孔用作硅细棒的提拉开口。在由 HF 电流流过的感应线圈的下方,产生足够平均的温度场,所述温度场导致在储料棒的顶部中产生熔池。通过感应线圈中的另外的提拉开口,分别从位于其下方的熔池向上提拉硅细棒。与已知的现有技术不同,不通过电流环流的中央开口向上提拉棒,中央开口保持空闲。单匝的感应线圈的直径大于硅原棒的直径,所述硅原棒有利地具有在技术上通常相对较大的直径。另外附加的提拉开口优选同心地或者成对地并且分别相对于中央开口对称地设置。如此选择这些提拉开口的间距,使得生长的硅细棒在热学上不相互强烈影响,从而各个硅细棒尽可能相同地生长。所使用的硅原棒的直径越大,则也可以将感应线圈的直径选择地越大,并且因此还可以设置相应数量的附加的提拉开口。

[0011] 有利地,在感应线圈的上方设有用于防止从感应线圈的磁场到进行结晶的硅细棒的主动热量传输的装置,以便支持均匀的晶体生长。

[0012] 在开始阶段中,在其下端部上保持的、垂直竖立的硅原棒的顶部熔化之后,通过感应线圈中每个另外的提拉开口分别使固定在支架上的硅晶核棒与熔液接触。随着晶体生长的开始,以这样的速度向上提拉这些支架,使得在每个支架上硅细棒均匀地生长。在此,使硅原棒在提拉过程期间以这样的速度向上跟踪,以致根据硅细棒向上的提拉速度和硅细棒的数量在任何时候对于所有生长的细棒确保足够量的硅熔液。

[0013] 优选地,同步地、即同时地并且以相同的速度向上提拉所有支架。

[0014] 已经表明,有利的是,硅细棒具有允许西门子反应器中的直接和唯一的加热的掺杂。为了实现这一点,硅熔液通过特殊的措施具有硼和 / 或其他掺杂元素的掺杂,从而所提拉的硅细棒具有所期望的掺杂。

[0015] 优选在保护气体环境下在提拉室中实施所述方法。

[0016] 根据本发明的用于实施所述方法的设备具有权利要求 9 的特征。根据本发明的重要特征在于,用作热源的、具有仅仅一匝的感应线圈除现有技术中已知的与主缝隙连接的中央开口外还具有用作提拉开口的另外的通孔。围绕这些提拉开口没有单独的环流,因此这些提拉开口是感应线圈盘中在很大程度上感应无源的通孔。提拉开口具有这样的直径,使得可以穿过提拉开口提拉待生产的硅细棒。这些附加的提拉开口优选成对地并且相对于中央开口对称地或同心地设置,并且与感应线圈边缘具有足够的间距。在此,相邻的提拉开口分别具有类似的间距,使得穿过这些提拉开口向上提拉的硅细棒实际上具有相同的直径并且在热学上不相互强烈影响。

[0017] 用作储料棒的硅原棒设置在可垂直地移动的轴上,所述轴也可以旋转。在感应线圈的上方设置有可垂直地移动但优选不进行旋转的支架,这些支架承载用于培育硅细棒的

硅晶核棒。在所述方法的开始阶段中,分别通过提拉开口使每个支架如此程度地下降,以至于硅晶核棒与硅原棒的上端部上的熔液接触。随着晶体生长开始,以这样的速度向上提拉这些支架,使得在晶种棒上生长硅细棒,借助于相应的支架穿过相应的无源提拉开口提拉所述硅细棒。优选地,这些支架如此彼此连接,从而使它们同步地、同时地并且以相同的提拉速度向上运动,从而对于每个硅细棒确保几乎相同的晶体生长。在硅细棒生长并且向上提拉硅细棒期间,使硅原棒连同其轴以这样的速度向上跟踪,使得在任何时候都有足够的熔化的材料量可供使用,从而以最佳的提拉速度提拉生长的硅细棒。

[0018] 可以根据所使用的硅原棒的横截面选择感应线圈的横截面,所述感应线圈的横截面始终大于硅原棒的横截面。对于所使用的硅原棒的目前通常的横截面,根据本发明的感应线圈具有四个或更多个用于提拉硅细棒的附加孔。

[0019] 为了确保生长的硅细棒的均匀的晶体生长,在感应线圈的上方紧邻地设有隔离板,所述隔离板应当抑制经感应线圈的磁场到进行结晶的硅细棒的感应热量传输。所述隔离板具有通孔形式的、与感应线圈中的提拉开口完全一致地设置的开口。因此,可以穿过感应线圈和隔离装置向上提拉生长的硅细棒。

[0020] 为了可以将尽可能小的提拉室用于所述设备并且尽管如此可以连续地提拉尽可能长的硅细棒,设有相应的气闸,用于引导支架和硅细棒穿过提拉室的上壁。这些气闸通常包括长管,这些长管具有比生长的硅细棒的横截面略大的内横截面。

[0021] 根据本发明的方法和提出用于实施所述方法的设备的优点在于,可以同时培育过程中在没有坩埚的情况下生产多个硅细棒。因此,根据同时提拉的硅细棒的数量提高了生产率。此外,显著改善了在生产硅细棒时的能量平衡,因为可以通过相当的能量投入同时生产多个硅细棒。

附图说明

[0022] 以下根据附图在实施例中更详细地说明根据本发明的方法和提出用于实施所述方法的设备。附图示出:

[0023] 图 1:感应线圈的俯视图;

[0024] 图 2:设备的侧视图,

[0025] 图 3:设备的立体图。

具体实施方式

[0026] 在图 1 中示出了根据本发明实施的感应线圈 1 的俯视图。感应线圈 1 由扁平的正方形金属盘组成。感应线圈 1 的棱边长度 L_1 在所述示例中为 160mm 而其厚度为 10mm。感应线圈 1 在其一个对角线中具有主缝隙 2,所述主缝隙 2 通到位于感应线圈 1 的中间的中央开口 4 中。在主缝隙 2 的侧面分别设置有用用于 HF 电流的馈电装置 3。至此,感应线圈的构型对应于已知的现有技术。根据本发明,感应线圈 1 除中央开口 4 以外还具有一些另外的通孔,这些另外的通孔充当提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4。通过这四个提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 可以在所选择的示例中分开地或者同时地提拉四个硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4。提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 如此分布在感应线圈 1 的表面上,使得它们与感应线圈的边缘具有足够的侧面距离。在所述示例中,提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 同心地围绕中央开口 4 设

置在一个圆环上,所述圆环具有直径 D_k ,所述直径 D_k 是硅原棒 6 的直径 D_s 的大致一半。因此,提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 位于在硅原棒 6 中产生的熔池 6.1 的上方。提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 以均匀的彼此间距设置在所述圆环上,使得生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 不会在热学上相互强烈影响。提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 的直径比生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 的直径大大约 8mm,所述生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 在这里具有 8mm 的直径。根据感应线圈 1 的在这里 160mm×160mm 的面积,可以将之前提到的准则所允许数量的提拉开口引入感应线圈中。

[0027] 作为用于提供熔化材料的储料棒的硅原棒 6 位于感应线圈 1 下方,所述熔化材料用于提拉硅细棒。感应线圈 1 的 160mm 的棱边长度 D_l 大于硅原棒 6 的 120mm 的直径 D_s ,从而感应线圈 1 的面积覆盖硅原棒的整个横截面。因此确保了:由感应线圈 1 产生的温度场可以完全熔化硅原棒 6 的顶部。

[0028] 已经表明,有利的是,如此掺杂在西门子工艺中使用的硅细棒,使得这些硅细棒具有 0.05 至 1 欧姆/厘米范围内的电导率。利用所述导电率,可以仅仅电地加热硅细棒至所需的沉积温度。因此,不需要在西门子工艺的工艺开始时使用附加的热源。在这里使用的硅原棒 6 同样具有这种掺杂。

[0029] 图 2 示出根据本发明的设备的示意性侧视图。根据图 2 更详细地说明根据本发明的方法。没有示出在其中设置有所述设备并且实施所述方法的提拉室。同样没有示出设置在提拉室的上壁中的气闸。

[0030] 硅原棒 6 位于感应线圈 1 的下方,所述硅原棒 6 充当用于提供用于提拉硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 所需的材料的储料棒,通过由感应线圈 1 产生的温度场以硅原棒 6 的顶部上的熔池 6.1 的形式熔化所述材料。硅原棒 6 设置在可垂直地移动并且可旋转的轴 6.2 上,所述轴 6.2 与未示出的电动机连接。

[0031] 在感应线圈 1 的上方紧邻地以约 15mm 的间距设置有经冷却的隔离板 11,所述隔离板 11 抑制从感应线圈 1 到结晶的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 的感应热量传输,由此能够实现硅细棒的均匀且直线的生长。隔离板 11 由金属板组成并且如感应线圈 1 那样具有正方形横截面,所述正方形横截面的棱边长度大致对应于感应线圈的棱边长度 L_l 。在隔离板 11 中,与感应线圈中的提拉开口完全一致地设置有通孔形式的开口 11.1、11.2、11.3、11.4。因此,可以穿过感应线圈 1 和隔离板 11 向上提拉生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4。

[0032] 所述方法开始于,使硅原棒 6 连同其可垂直地移动的轴 6.2 一起垂直地如此接近由高频电流流过的感应线圈 1,使得通过由感应线圈的磁场产生的温度场在感应线圈 1 的下方在硅原棒 6 的顶部上使圆形的熔池 6.1 熔化。

[0033] 在接下来的步骤中,借助提拉装置 10 使固定在支架 7.1、7.2、7.3、7.4 上的硅晶核棒 8.1、8.2、8.3、8.4 穿过隔离板 11 中的开口 11.1、11.2、11.3、11.4 和感应线圈 1 中的提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 一直垂直地下降,直至这些硅晶核棒接触到熔池 6.1。随着晶体生长开始,以约 10 毫米/分钟的速度向上提拉支架 7.1、7.2、7.3、7.4,使得在每个分别固定在支架 7.1、7.2、7.3、7.4 上的硅晶核棒 8.1、8.2、8.3、8.4 上生长硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4。在所选择的示例中,支架 7.1、7.2、7.3、7.4 彼此连接并且与一个共同的提拉装置 10 连接,从而使所有的支架同步地、同时地并且以相同的提拉速度向上运动,从而对于每个硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 确保相同的晶体生长。

[0034] 通过相应的支架 7.1、7.2、7.3、7.4 连续地向上提拉在相应的硅晶核棒 8.1、8.2、8.3、8.4 上生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 穿过感应线圈 1 中的相应的提拉开口 5.1、5.2、5.3、5.4 以及隔离板 11 中的开口 11.1、11.2、11.3、11.4,直至硅原棒 6 的熔化的材料储备消耗完。

[0035] 在借助于支架 7.1、7.2、7.3、7.4 向上提拉生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 期间,使硅原棒 6 连同其可移动的轴 6.2 垂直向上地跟踪,以致在感应线圈 1 下方的熔池 6.1 中始终有足够的熔化的材料储备可供硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4 的晶体生长使用。有利地,通过轴 6.2 旋转硅原棒 6,使得在感应线圈 1 的下方产生均匀熔化的熔池 6.1。

[0036] 图 3 示出根据本发明的设备的立体图。可以清晰地看到,如何同时提拉四个硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4。可以看到设置在轴 6.2 上并且位于感应线圈 1 以及隔离板 11 下方的硅原棒 6。穿过隔离板 11 中的开口 11.1、11.2、11.3、11.4 伸出四个生长的硅细棒 9.1、9.2、9.3、9.4,在这些硅细棒的上端部上可以看到四个硅晶核棒 8.1、8.2、8.3、8.4。在这里没有示出支架 7.1、7.2、7.3、7.4 以及共同的提拉装置 10。

[0037] 所使用的附图标记列表

[0038]	1	感应线圈
[0039]	2	主缝隙
[0040]	3	馈电装置
[0041]	4	中央开口
[0042]	5.1、5.2、5.3、5.4	提拉开口
[0043]	6	硅原棒
[0044]	6.1	熔池
[0045]	6.2	轴
[0046]	7.1、7.2、7.3、7.4	支架
[0047]	8.1、8.2、8.3、8.4	硅晶核棒
[0048]	9.1、9.2、9.3、9.4	硅细棒
[0049]	10	提拉装置
[0050]	11	隔离板
[0051]	11.1、11.2、11.3、11.4	隔离板中的开口
[0052]	L_I	感应线圈的棱边长度
[0053]	D_S	硅原棒的直径
[0054]	D_K	提拉开口设置在其上的圆的直径

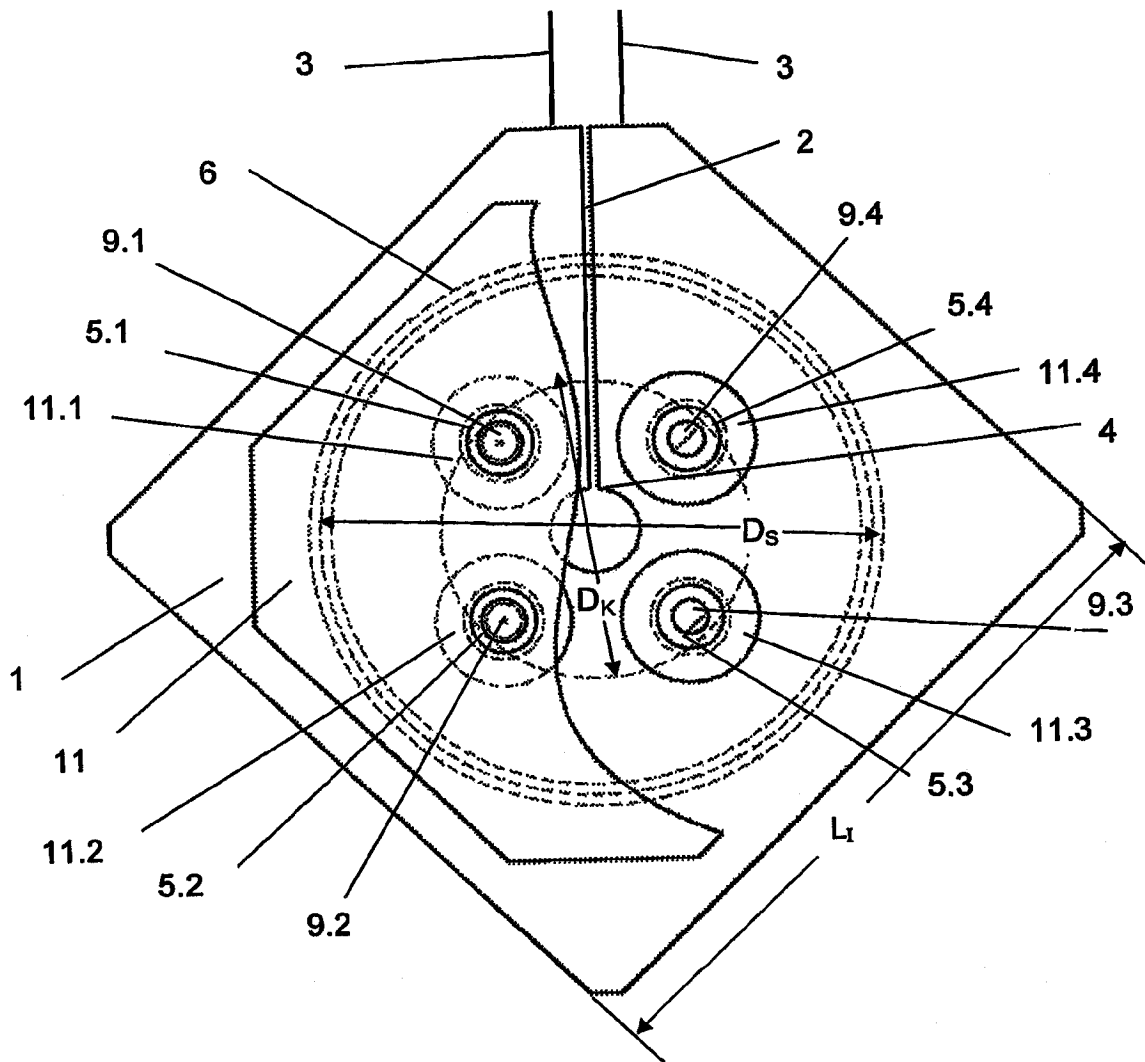


图 1

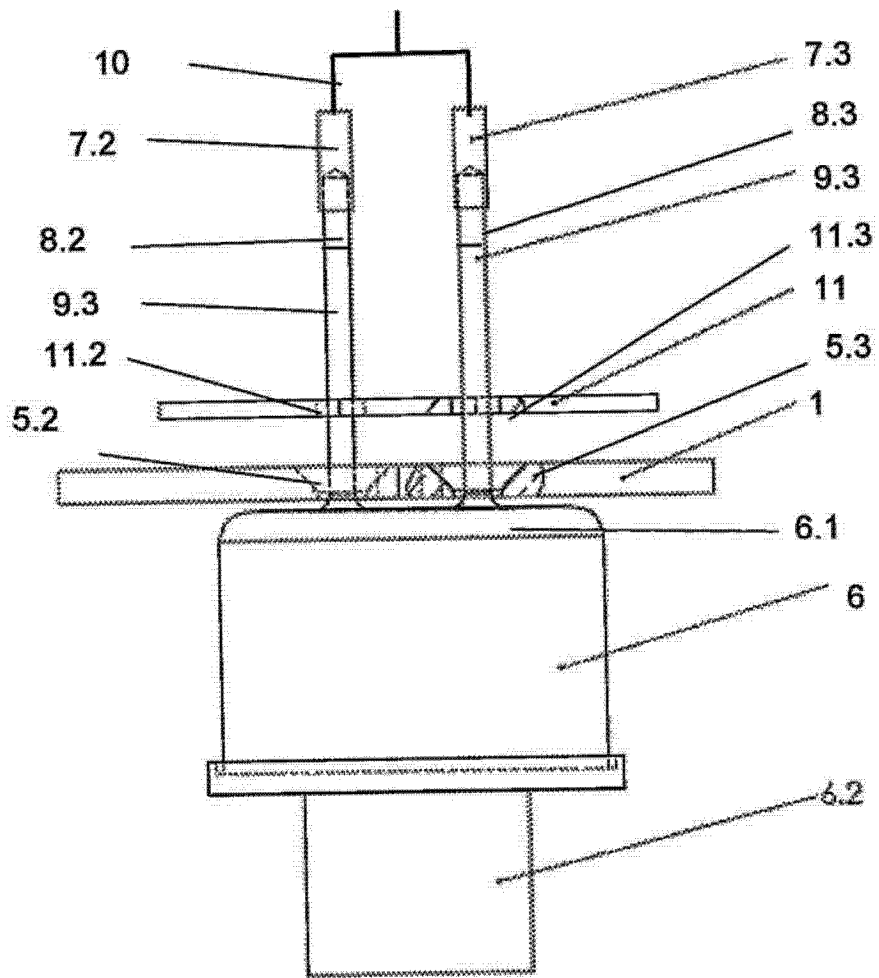


图 2

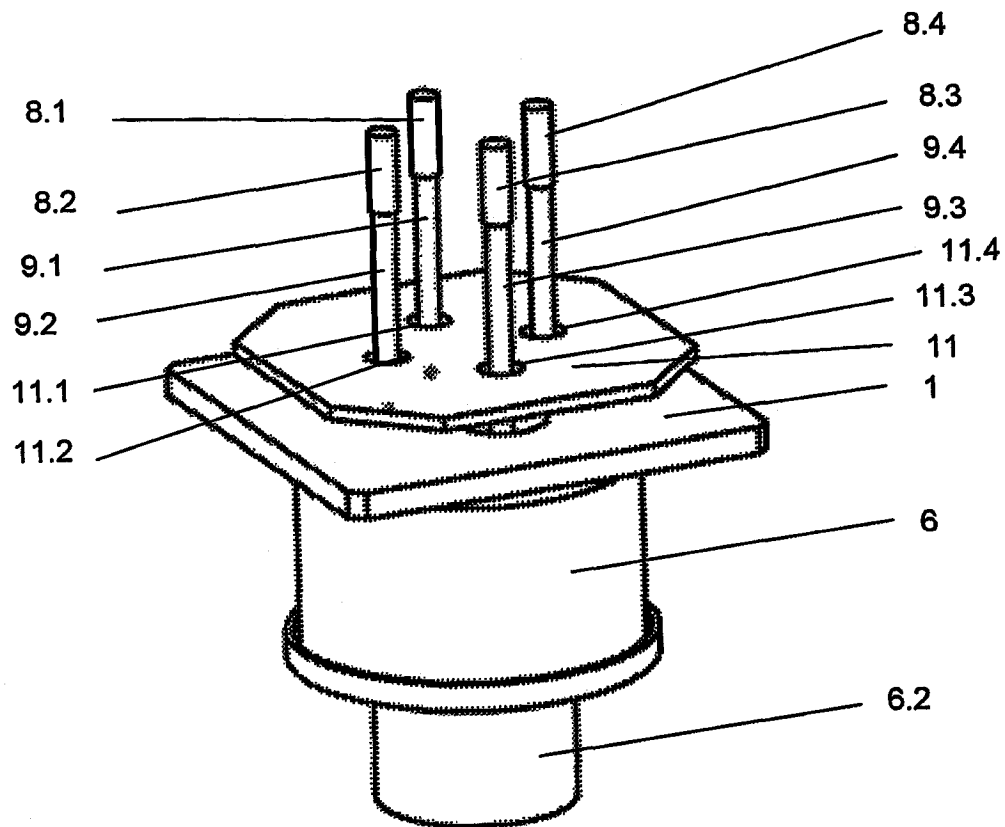


图 3