

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C01B 33/035 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680020688.3

[43] 公开日 2008年7月9日

[11] 公开号 CN 101218175A

[22] 申请日 2006.4.6

[21] 申请号 200680020688.3

[30] 优先权

[32] 2005.4.10 [33] DE [31] 102005016549.4

[86] 国际申请 PCT/US2006/012882 2006.4.6

[87] 国际公布 WO2006/110481 英 2006.10.19

[85] 进入国家阶段日期 2007.12.10

[71] 申请人 瑞科硅公司

地址 美国华盛顿

[72] 发明人 弗朗茨·雨果 莱尔·C·温特顿

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司

代理人 樊卫民 郭国清

权利要求书5页 说明书11页 附图2页

[54] 发明名称

多晶硅的制备

[57] 摘要

将多晶硅沉积到管状体或其它中空体上。所述中空体代替常规西门子型反应器的细长棒，并且可通过简单的电阻元件被内部加热。选择中空体的直径，以提供比硅细长棒大得多的表面积。选择中空体材料，使得在冷却后，由于收缩率不同，沉积的多晶硅易于与中空体分离并落入收集器中。

1. 硅制备装置，包括：

反应容器，其包含至少一个反应室，而且限定了将含硅气体输送到所述反应室中的入口；

至少一个被支撑在所述反应室中的基体，所述基体限定了腔，并具有外表面；和

设置于所述腔中的热源，所述热源被定位以加热所述外表面，使得被供应至所述反应室中的含硅气体通过化学气相沉积法将多晶硅沉积到所述基体的外表面上。

2. 根据权利要求1所述的装置，其中所述基体的至少所述外表面是钼。

3. 根据权利要求1所述的装置，其中所述基体的至少所述外表面是碳。

4. 根据权利要求1所述的装置，其中所述基体的至少所述外表面是钼。

5. 根据权利要求1所述的装置，其中所述基体的热膨胀系数和多晶硅的热膨胀系数相差至少20%。

6. 根据权利要求1所述的装置，其中所述基体的水平外横截面尺寸大于25mm。

7. 根据权利要求1所述的装置，其中所述容器限定了入口，该入口被设置以允许清洗气进入所述腔。

8. 根据权利要求1所述的装置，还包括在所述基体表面上的扩散

阻挡层，使得所述多晶硅沉积到所述扩散阻挡层上。

9. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述基体限定了这样的开口，通过该开口热源在所述腔中被接收。

10. 硅制备装置，包括：

反应容器，其包含至少一个反应室，并限定了将含硅气体输送到所述反应室中的入口，而且限定了产物出口；

至少一个具有外表面的基体，该基体被支撑在所述反应室中位于所述产物出口高度的上方，设置该基体，使得由于重力作用从基体上落下的多晶硅落到所述产物出口；

热源，该热源被定位以充分加热所述外表面，使得供应至所述反应室的含硅气体通过化学气相沉积法将多晶硅沉积到所述基体的外表面上；和

可操作的用于开启和关闭所述产物出口的阀。

11. 根据权利要求 10 所述的装置，还包括收集器，其具有与所述产物出口连通的开口，使得通过所述出口出来的多晶硅被接收在所述收集器中。

12. 根据权利要求 10 所述的装置，其中所述阀是滑阀。

13. 硅制备装置，包括：

反应容器，其包含至少一个反应室，而且限定了将含硅气体输送到所述反应室中的入口；

至少一个被支撑在所述反应室中的基体，所述基体具有外表面，该表面的至少一部分随着高度变化而张开；和

热源，该热源被设置以加热所述外表面，使得被供应至所述反应室中的含硅气体通过化学气相沉积法将多晶硅沉积到所述基体的外表面上。

14. 根据权利要求 13 所述的装置，其中所述表面的张开部分为向下张开。

15. 根据权利要求 13 所述的装置，其中所述表面的张开部分通常为截头圆锥体状。

16. 用在西门子反应器中的基体，所述基体：
具有外表面，其适合用作接收沉积的多晶硅的基底；以及
限定了腔，该腔被按一定尺寸制造、被成形、并被设置以接收热源来加热所述外表面。

17. 根据权利要求 16 所述的基体，还包括在所述外表面上的扩散阻挡层，使得该扩散阻挡层提供使多晶硅沉积其上的表面。

18. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述基体的至少所述外表面是钼。

19. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述基体的至少所述外表面是碳。

20. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述基体的至少所述外表面是钼。

21. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述基体的热膨胀系数和多晶硅的热膨胀系数相差至少 20%。

22. 根据权利要求 16 所述的基体，其中当将所述基体安装在西门子反应器中时，该基体具有大于 25mm 的水平横截面尺寸。

23. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述表面的至少一部分通常是截头圆锥体状。

24. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述表面的至少一部分通常是具有通常为圆形横截面的圆柱体状。

25. 根据权利要求 16 所述的基体，其中所述外表面包含扩散阻挡层，该扩散阻挡层被定位以接收沉积的多晶硅。

26. 一种通过在反应器内将多晶硅沉积到沉积表面上来制备多晶硅的方法，该方法包括：

在反应器内提供至少一个基体，该基体限定了腔并具有外表面；
在所述腔中供应热以加热所述外表面；以及

通过硅的化学气相沉积法，由于含硅气体的热分解，将多晶硅沉积到所述加热的外表面上，以在所述表面上生长多晶硅层。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括冷却所述基体，以使所述基体与所述沉积的多晶硅层收缩不同的量，使得所述多晶硅层与所述外表面分离。

28. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括加热所述基体，以使所述基体与所述多晶硅层膨胀至不同的程度，使得所述多晶硅层与所述外表面分离。

29. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括：在将硅沉积到所述基体上之前，将扩散阻挡层沉积到所述基体的表面上，使得所述多晶硅沉积到所述扩散阻挡层上。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，还包括：在铵离子 (NH_4^+) 的同时存在下，通过从含硅气体中沉积硅来形成所述扩散阻挡层，从而

形成 SiN 的扩散阻挡层。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,还包括:通过从包含甲基(-CH₃)基团的含硅气态化合物中沉积硅来形成所述扩散阻挡层,从而形成 SiC 的扩散阻挡层。

多晶硅的制备

背景技术

多晶硅是光伏产业的关键原料。目前，整个光伏产业的瓶颈因素是，为该新兴的、快速发展的产业提供足够的多晶硅来满足需求。

到目前为止，太阳能级的硅主要从半导体工厂的余料获得。然而，半导体级硅的少数制造商使用常规方法商业化制备太阳能级材料。一种常规方法将冶金硅转化为硅烷或聚硅烷或一种氯硅烷化合物。硅烷、聚硅烷或氯硅烷在西门子型（Siemens-type）反应器中热解形成高纯多晶硅。

在西门子工艺中，通过气态硅化合物如硅烷或聚硅烷或氯硅烷在丝状基底（也称为细长棒（slim rod））上热分解而形成多晶硅棒。这些细长棒通常用多晶硅制成以保证产物纯度水平。

所述方法包括：

a) 将偶数个电极连接至基板，每个电极可具有连接的起始长丝（细长棒）。这些硅细长棒的直径通常小于 10mm。

b) 通过连接桥将细长棒成对连接。每个桥是一片细长棒材料，并被连接至两个细长棒。每组两个细长棒和其桥是一个倒置的 U-形构件，通常称其为发卡。对于每个发卡组件，反应器中的一对电极之间形成电路。因此，施加至电极的电势可以提供电阻（resistively）加热该连接的发卡所需的电流。

c) 发卡包含在与基板紧密配合的钟型罩内，以限定能够在真空或正压条件下操作的批量反应器。

d) 将气态硅前体化合物和其它气体(如果需要)进料至所述反应器。

e) U-形构件电加热到足够的温度,以产生气态前体化合物的分解,并同时 将半导体材料沉积到发卡上(化学气相沉积法或 CVD),从而制备一定直径的 U-形多晶硅棒。

f) 任何副产物气体和未反应的前体化合物被排出反应器。

用于所述硅烷和氯硅烷热解的反应器的设计原理公布在例如美国专利 4,150,168; 4,179,530; 4,724,160 和 4,826,668 中。

在生长过程开始时,细长棒(直径通常小于 10mm)具有在棒充分生长的生长过程结束时棒所具有的暴露受热表面积的一小部分。限定用作反应器进料气体的硅烷、聚硅烷或氯硅烷的瞬间进料速率,以提供棒的表面积能够消耗的量。因此,当细长棒较小时,反应器进料气体通常以低质量流速开始,并且随着生长棒的表面积增加而增大。所以,平均生长速率是各种直径下瞬间生长速率的总和。而且,可进行反应的表面积限制了任何西门子型反应器的容量。

通过在反应容器中增加进料的浓度,硅烷、聚硅烷或氯硅烷进料气的溢流增加了动力学分解。然而,这也造成未反应的进料气被排出反应器。被排出的未反应的硅烷、聚硅烷或氯硅烷或者被浪费,或者使用昂贵的气体分离和回收过程进行回收。将未反应气体的浪费或回收的成本同过量进料的动力学速率增加相权衡,并选择最佳方案。最佳方案通常要求硅烷、聚硅烷或氯硅烷的进料速度在生长的开始时低,而在结束时较高。

在细长棒 U-形构件或发夹开始通电后,由于随着所述元件从室温加热到分解温度的热应力,脆性多晶硅经常会断裂。而且,由于反应器气体的自然对流穿过加热的细长棒并向下返回至所述壁,又长又细的细长棒构件会弯曲。所述弯曲会造成脆性元件断裂。取决于细长棒的长度和直径、棒温度升高的速率以及细长棒连接桥的配置,断裂的频率会非常高。

如果任何 U-形细长棒构件断裂，在所述方法可重新开始之前，反应器必须被惰性化(inerted)、打开以及更换断裂的构件。包含断裂细长棒构件的电路中的其它棒也可能不得被更换，这将导致产量的累积损失。

常规的西门子型反应器采用复杂而昂贵的供电系统。当细长棒较小时，由于小细长棒的高电阻，这些供应必须提供高电压和低电流。随着棒直径增加，棒电阻降低，使得在棒生长周期的末端，通过提供与棒较细时需要的电压相比较低的电压和较高的电流来保持棒的表面温度。具有此功能的供电系统是复杂而昂贵的。

当棒已达到它们的最终直径，开始新的反应器周期是耗时的过程。首先，反应室必须通过去除反应物和产物气体被惰性化。该过程通常通过压力波动或者使用氩气或氮气的彻底净化来完成。在反应容器惰性化的同时，在棒被处理之前，该棒必须被冷却。棒冷却需要 4-10 个小时，这取决于分解温度和棒的直径。在棒冷却后，打开反应容器并将棒取出。在棒取出后，清洗反应器的内部，然后组装新的细长棒来开始下一批次。在下一批次过程可以开始之前，反应器内部体积必须再次被惰性化。

惰性化、冷却、收集、新细长棒的安装和重新惰性化过程是耗时的步骤，通常花费反应器有效分解时间的 5~15%。

发明内容

本发明涉及如下装置和方法，其中，将中空管或中空体安装在西门子型反应器中以代替加热的硅细长棒，所述体可以从内部加热，使得管外表面的温度达到化学气相沉积法(CVD)通常所用的沉积温度。中空体最好被密封，例如用端帽密封，这样使得过程气体不会进入到含有加热元件的内径空间。

由含硅气体如硅烷、聚硅烷或氯硅烷离解后提供的硅自身沉积在沉积管或中空体的外面。

这种方法的优点是，中空体可以具有比常规细长棒大得多的任意直径，因此，可以具有比细长棒大许多倍的有效圆周表面积。由于西门子反应器的生产率受到可供 CVD 反应利用的表面积限制，所以产率增加。该优点是由于含硅气体如硅烷或任何氯硅烷的动力学分解速率相对于所提供的受热表面积是线性的。

中空体的形状可以为任意几何形状，使得受热表面积增加，并且多晶硅产物的去除率被改进。但是某些形状可具有此处所述的优点。

另一个优点是，中空体不必像常规西门子反应器中所需的那样被连接至桥，并且再被连接至第二细长棒，形成 U-形构件或发卡。与常规西门子反应器不同，所述中空体使用电阻元件从内部被加热，因而不需要用于导热至第二根棒的电路。所有的电路均可包含在所述中空体内。

因为中空体是刚性的并且被连接至反应容器，所以它不会像常规西门子反应器的常规 U-形构件或发卡那样破裂或翻倒(fall over)。

另外一个优点是，通过使用比常规西门子型技术所需的简单得多的用于中空体加热的电力供应，可进行分解工艺。从内部被加热中空体可用简单而且便宜的电阻元件进行加热。通过利用比例控制器来开启和关闭元件，从而控制中空体外表面的温度。在操作过程中，对任何内部电阻加热器元件的电压和电流强度要求保持不变。

另外一个优点是，在中空体外表面上聚积多晶硅后（在达到期望的多晶硅厚度后），聚积的多晶硅能够从中空体的外表面脱离，在脱

离后由于重力而落下。收集器可被定位在中空体之下以接收落下的多晶硅。在接收硅载荷后，可通过滑阀将收集器从反应室分离，在一段时间内可以从该收集室除去该多晶硅产物，这不会干扰反应室内发生的多晶硅生长过程。

当中空体内部加热器被关掉，并且中空体和多晶硅沉积层被允许冷却时，由于中空体材料和沉积多晶硅之间的热收缩不同，将会发生多晶硅从中空体的脱离。

充分生长的多晶硅管的回收可以通过如下步骤完成：停止硅烷进料和电源，并通过使用气态介质从中空体内部冷却该中空体。由于中空体与多晶硅生长层之间的热膨胀系数不同，多晶硅从基底上自行排出，并落入收集器中。然后，可以使用滑阀或其它合适的分离手段将收集器与反应容器分开，由此反应器可立即用于额外的含硅气体的分解。在反应器工作的同时，收集器就可被惰惰性化、冷却和手动卸载。

一种变体是，采用其外表面为锥体的平截头体状的中空体，其中大直径朝向底部取向。如果冷却后多晶硅没有完全从中空体上脱离，这种构型可使残留的多晶硅向下滑动，使得中空体楔合残留的多晶硅。随后中空体的再加热使中空体膨胀，这导致多晶硅断裂，从而将有助于多晶硅从中空体完全排出到收集器。

因为冷却后多晶硅从中空管上自行排出，反应容器内部不需要进行惰惰性化。因为多晶硅不暴露于空气或者暴露于操作人员，所以不需要为了保护操作人员而进行的冷却。与常规的西门子工艺中的细长棒一样，中空体提供了用于硅沉积的外表面，但是中空体的优点在于它不需要更换。不需要进行反应器内部清洁，可立即再次开始生长周期。

据估计，通过使用本文所述的中空体可节省对于关闭、冷却、惰惰性化、收集、装配和再惰惰性化常规西门子反应器通常所需时间的 90%。

当将多晶硅直接沉积到由金属或其它材料制成的中空体上时，沉积多晶硅的最内层会被基底材料污染。为了使该污染层最小化，可以变更反应过程，其中，将其首先以 CVD 模式操作，以将扩散阻挡层直接添加至中空体，然后将多晶硅 CVD 沉积到扩散阻挡层上。

通过下面参照附图进行的详细描述，上述和其他的特征及优点将变得更加明显。

附图说明

图 1 是包含中空体的反应器的垂直截面示意图，所述中空体为圆柱形，并从底部进入反应空间。

图 2 是包含中空体的反应器的垂直横截面示意图，所述中空体被成形为类似圆锥的平截头体，并从顶部进入反应空间。

详细说明

图 1 示出了硅制备装置，该装置包含了放在基部 12 上的有套盖或罩 10，以提供限定了反应空间或室 14 的气密性容器。基体 16 被支撑在所述室 14 中。特别地，基体 16 放在基部 12 的一部分上。基体 16 具有外表面 18，该外表面被定位以在反应室 14 中接收从前体气体沉积的多晶硅层。为了获得最好的效率，外表面 18 具有至少为 25mm 的水平横截面尺寸。基体 16 还具有限定接收热源 24 的腔 22 的内表面 20。将腔 22 从反应室 14 分开，使得反应气体不会进入腔。所述容器限定了入口 26，该入口 26 被定位以使清洗气进入腔 22，所述容器还限定了出口 28 以排出清洗气。通过反应气入口 30 将反应气体供应至所述室 14，并且通过反应气出口 32 将反应气从所述室排出。

所示的基体 16 是外径为 105 mm 的圆柱形中空体。中空体 16 通常垂直延伸，并且具有基本上为圆形的水平横截面。所示的基体 16 由钼组成，但也可以由钨、碳或任何其它几种材料如 INCOLOY® 高温金

属合金、或材料的组合而组成。基体 16 通常为一体化构造，并完全由单一材质组成，例如金属或合金，但也可能包括多个部分，如多层。基体 16 的端帽部分可以由侧壁形成，或者也可以单独形成并被连接以密封基体的自由端。对于本发明的自收集反应器，基体 16 的热膨胀系数与多晶硅的热膨胀系数之间存在足够大的差异，以引起机械分离的发生。当基体的热膨胀系数与多晶硅的热膨胀系数相差至少 20% 时，可以获得较好的结果。热源 24 是通过位于基体 16 底部的开口被接收并通过穿透的加热连接器 31 与电源连接的电阻加热器。

为了形成多晶硅，对反应室 14 进行惰性化，由电阻加热器 24 将中空体 16 加热到适合化学气相沉积的温度，含硅气体通过反应气入口 30 进入。含硅气体可以是已知用于多晶硅化学气相沉积形成法的多种物质中的任一种，例如，选自下列化合物中的一种或几种：硅烷 (SiH_4)、乙硅烷 (Si_2H_6)、高阶硅烷 ($\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)、二氯硅烷 (SiH_2Cl_2)、三氯硅烷 (SiHCl_3)、四氯化硅 (SiCl_4)、二溴代硅烷 (SiH_2Br_2)、三溴代硅烷 (SiHBr_3)、四溴化硅 (SiBr_4)、二碘代硅烷 (SiH_2I_2)、三碘代硅烷 (SiHI_3) 和四碘化硅 (SiI_4)。

所选的反应温度取决于所选含硅源气体的种类，如硅烷在 800°C 是合适的，而三氯硅烷在 1050°C 是合适的。

调节通过入口 30 的含硅气体的质量流速，以提供在反应容器中的反应物的特定浓度。该具体的浓度值可被设定为在 7mm 直径的硅细长棒上沉积通常采用的浓度。

所示中空体 16 的加热长度为 1 米。中空体的外表面 18 的面积约是相同长度的 7mm 受热硅细长棒面积的 15 倍。动力学公式表明，任意含硅源气体的分解速度与暴露的受热表面积成线性关系。

多晶硅在中空体上的瞬间沉积速度是使用 7mm 细长棒时通常所

获得速度的约 15 倍。在中空体上沉积的多晶硅使得生长至 10mm（从 105mm 到 115mm）的厚度，得到约 2.7kg 的多晶硅。这与从 7mm 生长到 $47\frac{1}{2}$ mm（平均直径是 $27\frac{1}{4}$ mm）而且也得到 2.7kg 的多晶硅的细长棒是相当的。在整个生长周期中平均表面积比为 $110/27\frac{1}{4}$ 或约为 4。该比值表明本领域的技术人员可预期所述中空体反应器的平均产量高于细长棒反应器在上述条件下生长的产量的 4 倍。

当将多晶硅直接沉积到由金属或其它材料制成的中空体上时，沉积的多晶硅的最内层会被基体材料污染。为了使得该污染层最小化，可以调整反应过程，其中，首先其在化学气相沉积模式下操作，以将扩散阻挡层直接添加到中空体上，然后，多晶硅化学气相沉积到所述扩散阻挡层上。该扩散阻挡层可由 SiN（氮化硅）或 SiC（碳化硅）或其它任何可以抑制中空体材料扩散进入多晶硅的化合物组成。氮化硅可以通过含硅气体在铵根离子（ NH_4^+ ）的同时存在下进行 CVD 沉积而形成。碳化硅可以通过含有甲基（ $-\text{CH}_3$ ）的含硅气体化合物的 CVD 沉积而形成。

图 2 示出了另一种反应器配置，其中的可比元件与图 1 中所示的元件采用类似的标号，只是在图 1 相应标号上加 100。在图 2 的配置中，中空体 116 从顶部进入反应空间 114，并且从所述顶部悬挂。包含在由中空体 116 限定的腔 122 中的电阻加热器 124 类似地从顶部悬挂。

所示中空体的类型包含具有外表面的侧壁，其至少一部分包围垂直轴并随着高度改变向下张开(flare)。具体地，外表面 118 成锥体的平截头体形，在底端的大直径为 115mm，在顶端的小直径为 105mm。在中空体 116 的下面是阀 138，其被定位以选择性地打开和关闭与产物收集器 136 相连的反应容器出口 140。所示阀 138 是滑阀，也可以采用其它形式的阀，如全通径球阀。

多晶硅 134 以上述方式沉积到中空体 116 上。在多晶硅沉积过程

中，滑阀 138 被关闭，从而将收集室 136 与反应容器的内部 114 分开，使得反应容器内的气体不会进入收集室。

重力有助于产物收集，因为沉积的多晶硅 134 从中空体 116 上滑下进入收集器 136。当中空体上沉积的多晶硅平均外径达到 120mm 时，内部的加热器 124 被关闭。氮清洗过程开始，经过清洗入口 126 通过中空体 116 的内部以加速中空体的冷却。打开中空体下方的滑阀 138 以暴露收集器 136。

当 116 中空体冷却时，其与沉积的多晶硅 134 收缩不同的程度。例如，钼中空体收缩量比多晶硅大，这是因为钼和多晶硅每摄氏度的平均线性热膨胀系数分别为 $4.9 (10^{-6})$ 和 $4.0 (10^{-6})$ 。由于该差异，多晶硅从中空体 116 分离，或者落入收集器 136 或者在中空体上向下滑动。

如果部分或全部多晶硅仍残留在中空体 116 上，中空体会被再次加热到 800°C ，使中空体膨胀至与多晶硅不同的程度。例如由于钼比多晶硅膨胀得更多和更快，所以多晶硅破裂，并且多晶硅落入收集器 136。在所有多晶硅 134 从中空体 116 上分离后，滑阀 138 被关闭。从而，包含有脱落的多晶硅碎片 142 的收集器 136 被从反应容器的内部 114 分开。当产物在收集器 136 中被分开后，对收集器的内部用活性气体进行清洗，以便于收集多晶硅产物 142。清洗过程可以通过气体入口 144 将惰性气体进料至收集器 136 来实现，这导致气体通过出口 146 流出。

关闭滑阀 138 以分离收集器 136 的步骤处于生产周期的结束阶段。一旦滑阀被关闭，反应器就可以重新开始另一个多晶硅沉积周期。

实施例

作为例子，如图 2 中所示，将可内部加热的钼中空体置于反应室内。中空体的形状为锥体的平截头体状，所述锥体的大直径为 110mm，

小直径为 100mm（平均直径为 105mm）。关闭滑阀，以分离收集室和反应容器。硅烷是含硅的源气。在惰性化反应容器后，中空体被加热到 800°C。中空体被加热的长度为 1m。调节硅烷的进气质量流速，以在反应容器内提供浓度为 1%的硅烷。反应容器内的压力为 26.5psia。

多晶硅在中空体上生长，直到中空体的平均直径由 105mm 生长到 115mm。生长周期在 66 小时内得到 2.7kg，平均生长速率为 41.3g/hr。这与在设定为 800°C 的 7mm 细长棒上的多晶硅生长相当，其在 266 小时内生长到 47.5mm，平均生长速率为 10.1g/hr。中空 105-115mm 的中空体与 7-47.5mm 的细长棒的生长速率比为约 4。105-115mm 的中空体与 7-47.5mm 的细长棒的平均表面积比也为约 4: 1。生长速率的差异是由表面积差异造成的。

多晶硅平均直径达到 115mm 后，关闭内部加热器。从中空体的内部开始氮清洗以辅助降温。位于中空体下方的滑阀被打开，暴露于收集器。

当中空体冷却后，因为钼和多晶硅每摄氏度的平均线性热膨胀系数分别为 $4.9 (10^{-6})$ 和 $4.0 (10^{-6})$ ，所以钼中空体的收缩大于多晶硅。多晶硅从钼中空体上分离，并且滑落到收集器或者沿中空体向下滑。

为了从中空体上释放残余的多晶硅，中空体被再次加热到 800°C。因为钼比多晶硅膨胀得更快和更多，所以多晶硅就会破裂并落到收集器中。关闭滑阀，将收集器与反应容器分离。

关闭滑阀以分离收集器的步骤结束了批处理过程。反应器可立即重新开始另一个沉积周期。

鉴于本发明的原理可被应用至许多可能地实施方案，应当指出，示例的实施方案仅是本发明的优选实施例，而不应该被认为限定本发

明范围。实际上，本发明的范围由所附的权利要求书限定。所以，申请人主张所有落入这些权利要求范围和主旨的技术方案均是本发明的内容。

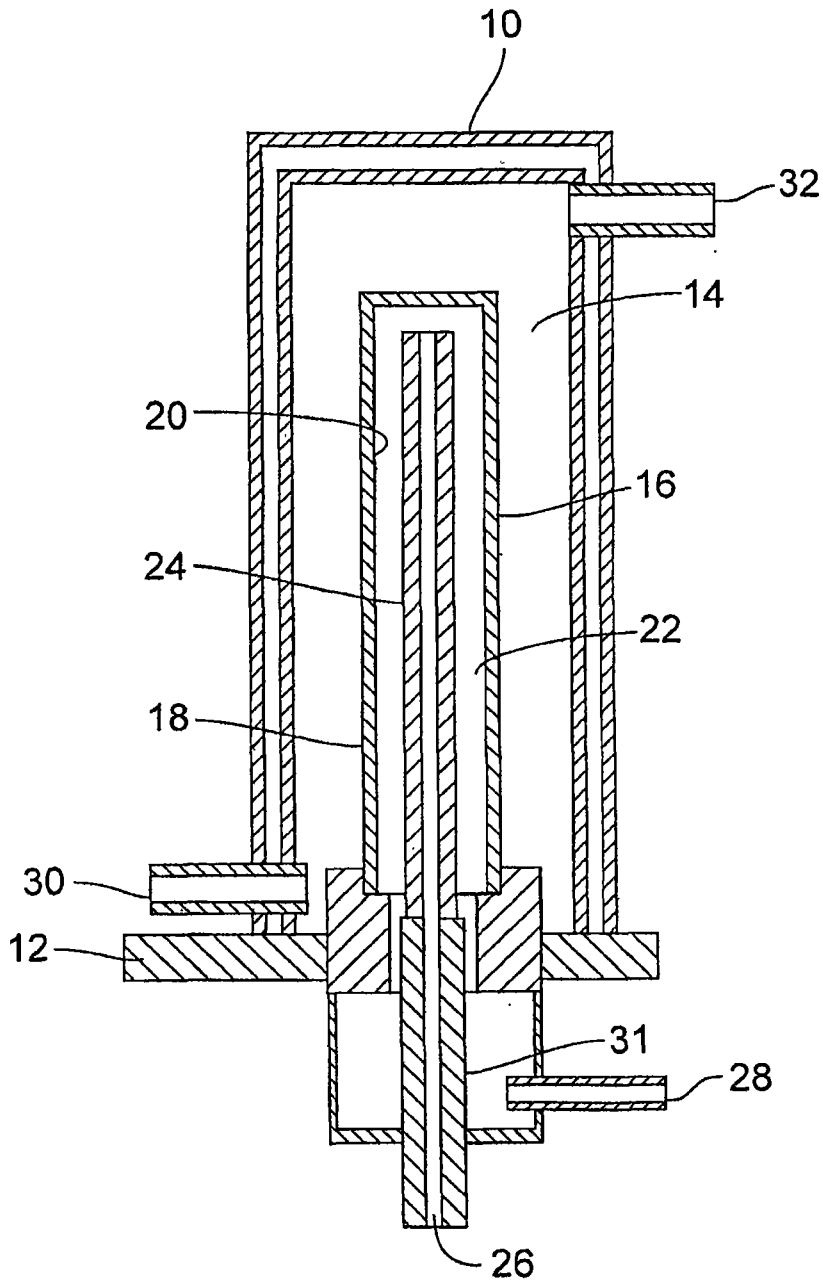


图1

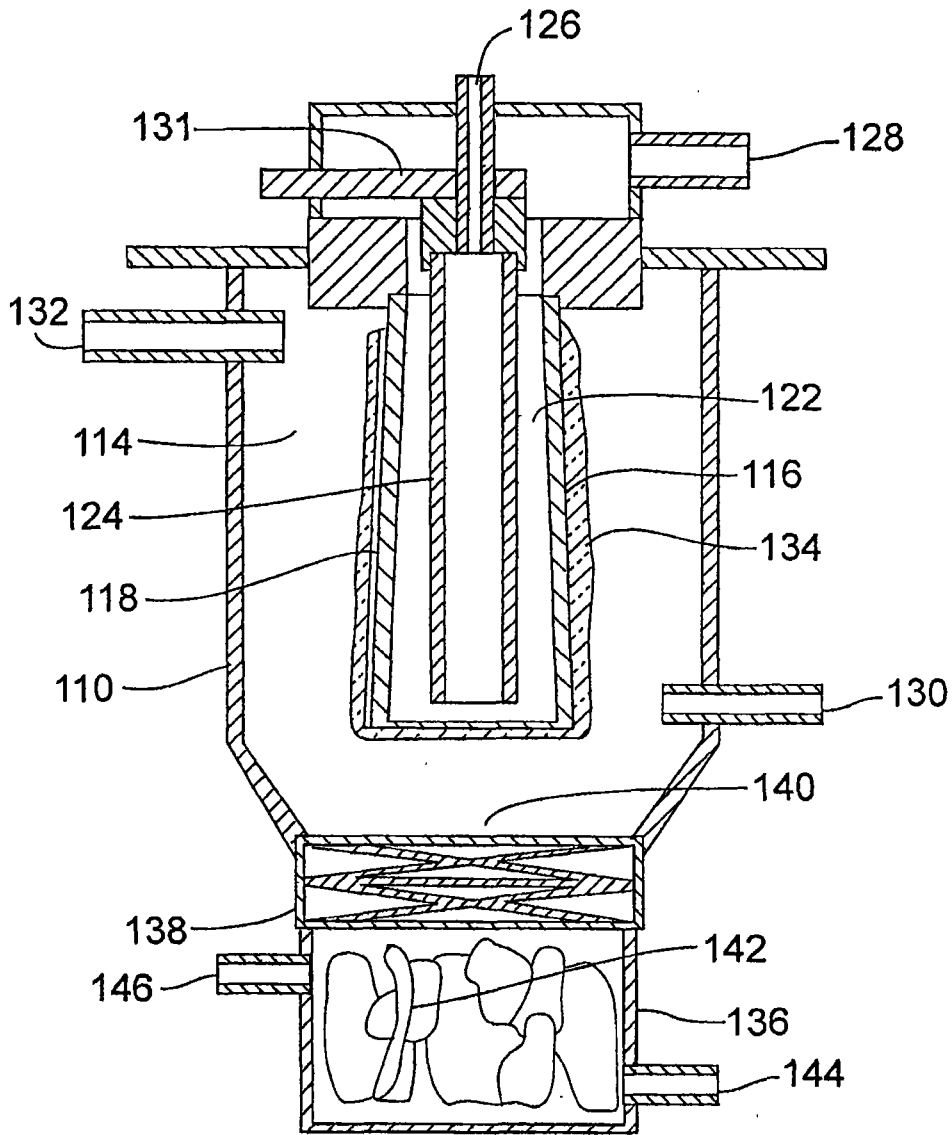


图2