



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109923246 B

(45) 授权公告日 2022.02.18

(21) 申请号 201780068754.2

(72) 发明人 彼德·L·凯勒曼

(22) 申请日 2017.08.28

布莱恩·D·柯南

(65) 同一申请的已公布的文献号

菲德梨克·M·卡尔森 孙大伟

申请公布号 CN 109923246 A

大卫·莫雷尔

(43) 申请公布日 2019.06.21

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

(30) 优先权数据

代理人 杨贝贝 臧建明

62/395,732 2016.09.16 US

(51) Int.CI.

15/455,437 2017.03.10 US

C30B 15/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

C30B 29/06 (2006.01)

2019.05.07

H01L 21/02 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/US2017/048848 2017.08.28

US 2010080905 A1, 2010.04.01

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 201244377 Y, 2009.05.27

W02018/052693 EN 2018.03.22

JP S5361577 A, 1978.06.02

(73) 专利权人 瓦里安半导体设备公司

WO 2015148156 A1, 2015.10.01

地址 美国麻萨诸塞州格洛斯特郡都利路35

审查员 王红

号(邮递区号:01930)

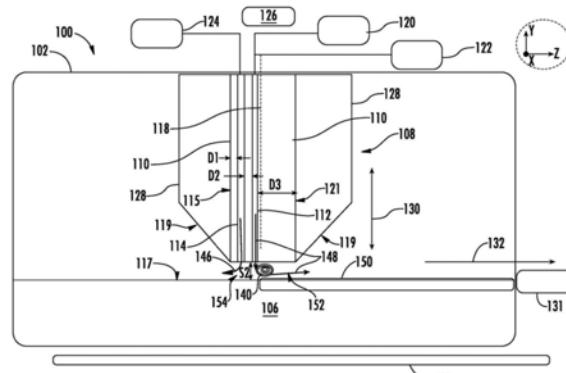
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

形成结晶片的设备及方法

(57) 摘要

一种形成结晶片的设备及方法。所述设备可包括：结晶器，包括第一气体通道及第二气体通道，其中所述第一气体通道及所述第二气体通道穿过所述结晶器延伸到上游边缘与下游边缘之间的所述结晶器的下表面。所述第一气体通道可比所述第二气体通道更靠近所述下游边缘设置。第一气体源可耦合到所述第一气体通道，其中所述第一气体源包含氦气或氢气，且第二气体源可耦合到所述第二气体通道，其中所述第二气体源不含有氢气或氦气。



1.一种形成结晶片的设备,其特征在于,包括:

结晶器,包括第一气体通道及第二气体通道,其中所述第一气体通道及所述第二气体通道穿过所述结晶器延伸到上游边缘与下游边缘之间的所述结晶器的下表面,其中在所述结晶器内所述第二气体通道与所述第一气体通道相隔离,

其中所述第一气体通道比所述第二气体通道更靠近所述下游边缘设置,其中第一气体源耦合到所述第一气体通道,所述第一气体源包含氦气或氢气,且

其中第二气体源耦合到所述第二气体通道,所述第二气体源不含有氢气或氦气,且所述第二气体源含有比氢气或氦气更低的导热率的气体。

2.根据权利要求1所述的形成结晶片的设备,其特征在于,所述第二气体通道与所述上游边缘相隔第一距离,其中所述第一气体通道与所述第二气体通道相隔第二距离,其中所述第一气体通道与所述下游边缘相隔第三距离。

3.根据权利要求2所述的形成结晶片的设备,其特征在于,所述第三距离大于所述第一距离。

4.根据权利要求1所述的形成结晶片的设备,其特征在于,所述结晶器包括:

冷区块,所述冷区块含有所述第一气体通道且具有冷区块温度;以及

第二区块,所述第二区块邻近所述冷区块设置且含有所述第二气体通道,所述第二区块沿所述下表面的一部分具有第二区块温度,所述第二区块温度大于所述冷区块温度。

5.根据权利要求1所述的形成结晶片的设备,其特征在于,更包括:

热隔绝区块,邻近所述结晶器设置;

第三气体源,所述第三气体源不包含氢气或氦气;以及

气体分配总成,所述气体分配总成耦合到所述第三气体源,所述气体分配总成包括多个气体开口且沿所述热隔绝区块的下边缘设置。

6.一种形成结晶片的设备,其特征在于,包括:

壳体,容纳熔体,所述熔体具有熔体温度并界定熔体表面;

结晶器,设置在所述熔体之上且具有上游边缘、下游边缘、及下表面,所述下表面面对所述熔体表面,所述结晶器在所述下表面的至少一部分中产生第一温度,所述第一温度低于所述熔体温度,所述结晶器包括第一气体通道及第二气体通道,所述第一气体通道及所述第二气体通道延伸到所述下表面,其中所述第一气体通道比所述第二气体通道更靠近所述下游边缘设置,其中在所述结晶器内所述第二气体通道与所述第一气体通道相隔离;

第一气体源,耦合到所述第一气体通道,所述第一气体源包含氦气或氢气;以及

第二气体源,耦合到所述第二气体通道,所述第二气体源不含有氢气或氦气,且所述第二气体源含有比氢气或氦气更低的导热率的气体。

7.根据权利要求6所述的形成结晶片的设备,其特征在于,所述第一气体通道与所述第二气体通道不对称地排列在所述结晶器的所述上游边缘与所述下游边缘之间,其中所述结晶器进一步包括中心线,其中所述第一气体通道及所述第二气体通道设置在所述中心线与所述上游边缘之间。

8.根据权利要求6所述的形成结晶片的设备,其特征在于,进一步包括:拉晶机,设置在所述结晶器的下游,所述拉晶机能够沿拉动方向移动。

9.根据权利要求6所述的形成结晶片的设备,其特征在于,所述结晶器包括:

冷区块，所述冷区块具有冷区块温度且含有所述第一气体通道；以及

第二区块，所述第二区块邻近所述冷区块设置且含有所述第二气体通道，所述第二区块沿所述下表面的一部分具有第二区块温度，所述第二区块温度高于所述冷区块温度且低于所述熔体温度。

10. 根据权利要求6所述的形成结晶片的设备，其特征在于，所述第二气体源包括第一惰性气体源，其中所述第一气体通道耦合到所述第一惰性气体源或耦合到与所述第一惰性气体源分开的第二惰性气体源。

11. 根据权利要求6所述的形成结晶片的设备，其特征在于，进一步包括：

热隔绝区块，邻近所述结晶器设置；

第三气体源，所述第三气体源不包含氢气或氦气；以及

气体分配总成，所述气体分配总成耦合到所述第三气体源，所述气体分配总成包括多个气体开口且沿所述热隔绝区块的下边缘设置。

12. 一种形成结晶片的方法，其特征在于，包括：

在沿熔体的熔体表面对结晶片进行结晶的同时，将不对称的气体流从结晶器引导至所述熔体表面，其中所述引导包括：

经由穿过所述结晶器的第一气体通道沿第一方向引导第一气体流，所述第一气体流包含氦气或氢气；以及

经由穿过所述结晶器的第二气体通道沿所述第一方向引导第二气体流，所述第二气体通道设置在所述第一气体通道的上游，所述第二气体流不含有氢气或氦气，其中在所述结晶器内所述第二气体通道与所述第一气体通道相隔离，且所述第二气体流含有比氢气或氦气更低的导热率的气体。

13. 根据权利要求12所述的形成结晶片的方法，其特征在于，所述结晶片沿所述熔体表面形成在位于所述结晶器下方的第一区中，其中在所述结晶器与所述结晶片之间的所述第一区中形成气体涡流，且其中在第二区中在所述结晶器与所述熔体表面之间不形成气体涡流，所述第二区设置在所述第一区的上游。

14. 根据权利要求12所述的形成结晶片的方法，其特征在于，所述引导所述第一气体流邻近所述第一气体通道形成所述结晶片，所述方法进一步包括：使用设置在所述结晶器的下游的拉晶机在拉动方向上沿所述熔体的所述熔体表面拉动所述结晶片。

15. 根据权利要求12所述的形成结晶片的方法，其特征在于，所述第一方向垂直于所述熔体表面，所述方法进一步包括：

当所述结晶器相对于所述熔体沿所述第一方向设置在第一间距处时，穿过所述结晶器引导第一惰性气体流；

相对于所述熔体沿所述第一方向将所述结晶器移动至第二间距，其中所述第二间距小于所述第一间距；以及

当所述结晶器设置在所述第二间距处时，在经由所述第二气体通道引导作为第二惰性气体流的所述第二气体流的同时，经由所述第一气体通道引导作为氦气气体流或氢气气体流的所述第一气体流。

## 形成结晶片的设备及方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请主张在2016年9月16日提出申请的名称为“结晶片成长的系统以及方法 (System and Method for Crystalline Sheet Growth)”、且全文并入本案供参考的美国临时专利申请第62/395,732号的优先权。

### 技术领域

[0003] 本实施例涉及结晶材料从熔体的成长，且更具体来说，涉及将熔体冷却的系统及方法。

### 背景技术

[0004] 硅晶片或硅片可用于例如集成电路或太阳能电池产业中。对太阳能电池的需求随着对可再生能源的需求增加而继续增加。太阳能电池产业中的一个主要成本是用于制作太阳能电池的晶片或片。晶片或片的成本降低可降低太阳能电池的成本且使这种可再生能源技术更加普及。已研究出的用于降低太阳能电池的材料成本的一种方法是从熔体水平拉动被冷却且固化成结晶片的薄的硅带 (silicon ribbons)，这种方法在本文中被称为水平片成长。

[0005] 在通过被称为浮硅法 (Floating Silicon Method, FSM) 的水平片成长方法来生产硅结晶片时，有用的组件是冷却装置，所述冷却装置通过使冷却气体 (例如，氦气) 在带表面上进行撞击来从硅结晶片排出潜热 (latent heat)。冷却装置可被配置成长的狭缝或通道，冷却气体经由所述通道流动并被引导至带表面上。冷却装置在成长期间位于结晶片的表面上方几毫米处，且在带 (结晶片) 不成长时可被从表面移除。所述带在狭缝下面成长，并以恒定速率被拉到一侧，以便成长连续长度的带。

[0006] 具体来说，在硅的水平片成长期间，冷却装置可采用冷区块，所述冷区块可用于使水平片从硅熔体结晶。由于硅的结晶结构，因此单结晶片 (有时被称为“单晶体带”或“硅带”) 的前边缘 (leading edge) 由 (111) 刻面 (facet) 来界定。以快速速率 (>1mm/s) 成长这种带刻面的前边缘需要在单晶体带的前边缘处在非常窄的区内使用强的排热 (heat removal)，其中峰值排热可大大超过  $100\text{W/cm}^2$ 。为了产生这种高冷却速率，在相对热的单晶体带表面与冷却装置之间产生涡流是有用的。这种涡流可通过使气体以快速速率从冷却装置 (例如，冷区块) 中的通道或通路朝硅熔体 (熔融Si) 的熔体表面流动来生成。这种涡流可能也会不利地将 SiO 从熔融 Si 携带到使 SiO 冷凝的冷却装置的冷表面，从而形成 SiO<sub>x</sub> 微粒。因此，硅的结晶片的成长可能需要在维持从固化的硅带到冷却装置的高热传递，而同时避免 SiO<sub>x</sub> 沉积之间保持平衡。

[0007] 与硅水平片成长相关的另一个挑战是需要避免在片成长之前在熔炉中形成 SiO<sub>x</sub>。为形成硅熔体，可在从硅熔体形成结晶片之前采用 Si 熔化工艺 (Si melt-in process)。在 Si 熔化工艺期间，可将冷却装置从熔体表面升高到距离熔体表面例如大于 1cm 的间距。在这种熔化时间期间，SiO 的浓度可能会因在熔化期间采用的高温 (大大高于 Si 熔体温度) 以及

硅原料在硅的大的有效表面区域上具有 $\text{SiO}_2$ 的可能性而为高的。即使将冷却装置设置在熔体上方大于1cm的距离处时，防止这种 $\text{SiO}$ 在冷却装置的所有“冷”表面(其中在硅带成长的上下文中可出于说明目的而将“冷表面”定义为具有小于1250°C的温度的表面)上冷凝仍特别有用。应注意，在包括水冷却冷区块的冷却装置中，在水冷却冷区块(提供排热)的表面与冷却装置的外壁之间存在固有的温度梯度，其中外壁被加热到高于 $\text{Si}$ 熔体温度(1412°C)。这种温度梯度将导致冷却装置的构成这种“冷”表面的被暴露区域处于低于1250°C的温度下，且因此易于进行 $\text{SiO}$ 冷凝。因此，需要防止周围熔炉气体到达这些“冷”表面。

[0008] 在水平片成长中遇到的另一个挑战是操作者或照相机对由冷却装置生成的冷却区(cooling zone)下面的区域中的水平片/熔体界面的可见性受限。应注意，为使硅片恰当地成长，冷却装置的下表面可维持在距离 $\text{Si}$ 熔体表面小于~3mm的距离处，以便使冷却最大化，从而使得难以看见带的前边缘。

[0009] 针对这些及其他考虑，提供本改良形式。

## 发明内容

[0010] 在一个实施例中，一种形成结晶片的设备可包括结晶器，所述结晶器包括第一气体通道及第二气体通道。所述第一气体通道及所述第二气体通道可穿过所述结晶器延伸到上游边缘与下游边缘之间的所述结晶器的下表面。所述第一气体通道可比所述第二气体通道更靠近所述下游边缘设置。第一气体源可耦合到所述第一气体通道，其中所述第一气体源包含氦气或氢气，且第二气体源可耦合到所述第二气体通道，其中所述第二气体源不含有氢气或氦气。

[0011] 在另一个实施例中，一种设备可包括用于容纳熔体的壳体，其中所述熔体具有熔体温度并界定熔体表面。所述设备可进一步包括结晶器，所述结晶器设置在所述熔体之上且具有上游边缘、下游边缘、及下表面，其中所述下表面面对所述熔体表面，且其中所述结晶器在所述下表面的至少一部分中产生低于所述熔体温度的第一温度。所述结晶器可包括第一气体通道及第二气体通道，其中所述第一气体通道及所述第二气体通道延伸到所述下表面，且其中所述第一气体通道比所述第二气体通道更靠近所述下游边缘设置。所述设备还可包括：第一气体源，耦合到所述第一气体通道，所述第一气体源含有氦气或氢气；以及第二气体源，耦合到所述第二气体通道，所述第二气体源不含有氢气或氦气。

[0012] 在另一个实施例中，一种方法可包括在沿熔体的熔体表面对结晶片进行结晶的同时，将不对称的气体流从结晶器引导至所述熔体表面。所述引导所述不对称的气体流可包括经由穿过所述结晶器的第一气体通道沿第一方向引导第一气体流，其中所述第一气体流含有氦气或氢气。所述引导所述不对称的气体流还可包括经由穿过所述结晶器的第二气体通道沿所述第一方向引导第二气体流，其中所述第二气体通道设置在所述第一气体通道的上游，且所述第二气体流不含有氢气或氦气。

## 附图说明

[0013] 图1A示出根据本发明实施例的设备的侧面剖视图。

[0014] 图1B及图1C分别示出图1A所示设备的第一情景及第二情景的侧面剖视图。

[0015] 图2示出根据本发明其他实施例的另一个设备的侧面剖视图。

[0016] 图3示出根据本发明实施例的邻近结晶器及熔体的气体流的模拟。

[0017] 图4示出示例性工艺流程。

## 具体实施方式

[0018] 本实施例提供用于使用水平成长来从熔体成长例如硅等半导体材料的连续的结晶片的设备及技术。具体来说，本文所公开的设备被配置成在熔体表面上起始并保持硅的连续的结晶片或结晶带的成长，以使得所形成的片是单晶体(单晶)的、宽的、具有均匀厚度、且以快速速率(例如，大于每秒1毫米的速度)从熔体拉制的。在各种实施例中，提供一种具有多个通道的新颖结晶器，其中结晶器邻近例如硅等熔体的以前的熔体表面提供不对称的气体流。在各种实施例中，提供一种包括结晶器的设备，在所述结晶器中从硅熔体表面排热的峰值速率超过 $100\text{W/cm}^2$ ，同时会抑制或消除在设备内的表面上 $\text{SiO}$ 的形成及 $\text{SiO}$ 的冷凝。

[0019] 在以下阐述的各种实施例中，新颖结晶器的不同通道构成用于在抑制 $\text{SiO}$ 形成的同时提高结晶片的结晶度的不同的非对称构型。在各种实施例中，第一通道比第二通道更靠近结晶器的下游侧，此意味着更靠近拉制结晶片的一侧。可向将高导热气体引导至熔体表面的第一通道供应氦气或氢气、或者两者的混合物，同时向第二通道提供具有低导热率的气体(不包含氦气或氢气)。如以下详细阐述，向熔体表面提供的气体类型随着沿结晶器的位置而变化的这种不对称可有利于控制熔体表面的气体流，以使可在下游侧上促成涡流形成，而在上游侧上促成涡流气流。同样如以下所阐述，在一些实施例中，第一通道与第二通道可另外地不对称地位于结晶器中，其中第一通道与结晶器的下游边缘分隔开比第二通道与上游边缘之间的距离大的距离。

[0020] 图1A示出根据本实施例的使结晶片从熔体水平生长的设备100的侧视图。如以下详细阐述，设备100解决了使用已知设备进行水平片生长所表现出的若干问题。

[0021] 如图中所示，设备100包括壳体102以及加热器104，其中壳体102可为坩埚，加热器104可用于产生熔体106。此外，在本图及以下其他图中，各种组件可不相对于彼此或相对于不同方向按比例呈现。壳体102可为例如熔炉的外壁且可包括坩埚(例如，石英坩埚)来形成壳体的至少一部分。为形成熔体106，加热器104(在一些实施例中包括多个加热器)可向壳体102中产生热流以产生超过形成熔体106的材料(例如硅)的熔融温度的温度。

[0022] 设备100可进一步包括结晶器108，其中结晶器108至少部分地设置在壳体102内。结晶器108可例如至少沿方向130为能够移动的，方向130平行于图中所示笛卡尔坐标系(Cartesian coordinate system)的Y轴。

[0023] 结晶器108可如图中所示包括第一气体通道112及第二气体通道114。尽管图1A中未示出，然而在各种实施例中，结晶器108可由冷区块110及第二区块形成，其中冷区块110含有第一气体通道112，且第二区块邻近冷区块110设置并含有第二气体通道。第二区块可例如由石英材料形成，其中石英材料具有低导热率。在其他实施例中，结晶器108可为单一区块。

[0024] 如图1A所示，第一气体通道112及第二气体通道114可穿过结晶器108(即，沿Y轴)垂直延伸，其中第一气体通道112及第二气体通道114延伸到区块下表面109。在各种实施例中，可由流体(例如，冷却的水)来冷却结晶器108的至少一部分。在结晶器108的至少一部分

内可设置有冷却通道(图中未示出),因此当使水流经冷却通道时,冷区块110的冷区块温度可比熔体106的温度低得多。举例来说,至少在一些区中,区块下表面109的温度可大约为100°C,而熔体106的温度一般可处于1415°C至1430°C的范围中。各实施例并不仅限于此上下文。

[0025] 在上述情形中,为从熔体106进行水平片成长,可在与区块下表面109邻近的区中从熔体106的熔体表面117快速地排出热量。在将区块下表面109维持为相对低的温度下的同时,可经由第一气体通道112向熔体表面117引导快速气体流。如图1A进一步示出,设备100可包括耦合到第一气体通道112的第一气体源120,其中第一气体源120含有例如氦气或氢气等第一气体。可经由第一气体通道112来以相对高的流动速率(例如,高于1升/(分钟·厘米,沿X轴的宽度))提供这种氦气气体或氢气气体。这些气体可提供高传导率且可在位于邻近第一气体通道112的熔体116上方的区中促成涡流形成。

[0026] 另外,第二气体源124可耦合到第二气体通道,其中第二气体源124含有第二气体,其中第二气体不含有氢气且不含有氦气。第二气体可例如为惰性气体,例如,氩气、氖气、氪气、或氙气。

[0027] 在一些实施例中,除了耦合到第一气体源120之外,第一气体通道112可另外地耦合到惰性气体源(除了氦气之外)。在图1A中具体示出的实施例中,第一气体通道112耦合到气体源122,其中气体源122表示与第二气体源124分开的惰性气体源(除了氦气之外)。在其他实施例中,可将第二气体源124耦合到第一气体通道112及第二气体通道114,而非提供气体源122,其中第二气体源提供氩气气体或另一种非氦气惰性气体。

[0028] 设备100可进一步包括将气体流引导至结晶器108的不同部分的气体流控制器126。举例来说,在某些条件下,可引导氩气气体流经第一气体通道112及第二气体通道114。在其他条件下,可引导氩气气体仅流经第二气体通道114,同时引导氦气气体仅流经第一气体通道112。

[0029] 如图1A进一步示出,可相对于结晶器108的中心线118来界定结晶器108的各个通道,其中中心线118平行于Y轴前进。换句话说,可相对于结晶器108的上游边缘115及下游边缘121来界定结晶器108的各个通道,其中中心线118设置在上游边缘115与下游边缘121之间。在各种实施例中,第一气体通道112与第二气体通道114不对称地排列在上游边缘115与下游边缘121之间,且具体来说,与第二气体通道114相对于下游边缘121的靠近度相比,第一气体通道112更靠近上游边缘115。

[0030] 如以下详细阐述,可有益地采用通道的位置上的这种不对称来帮助仅在邻近第一气体通道112的下游侧的区中产生冷却旋流,同时有利地防止在邻近第一气体通道112的上游侧设置的区中形成冷却涡流。如在图1A所示实例及各种实施例中所表明,第一气体通道112可相对于中心线118设置在上游,而第二气体通道114设置在第一气体通道112的上游。在其他实施例中,第一气体通道112不需要设置在中心线118的上游,尽管如此与第一气体通道112相对于下游边缘121的靠近度相比,第二气体通道114仍然更靠近上游边缘115。

[0031] 具体来说,第二气体通道114可配置在距离结晶器108的上游边缘115的距离D1处,而第二气体通道114配置在距离第一气体通道112的距离D2处。另外,第一气体通道112配置在距离结晶器108的下游边缘121的距离D3处,其中如图中所示距离D3大于距离D1。以下会针对图1C来论述这些距离的意义。

[0032] 如图1A进一步示出,设备100可包括热隔绝区块128,热隔绝区块128邻近结晶器108设置或者如在已知结晶器中般形成结晶器108的外侧部分。

[0033] 如图1A进一步示出,设备100可包括设置在结晶器108的下游的拉晶机131,其中拉晶机131能够沿拉动方向132移动。利用这一约定,第二气体通道114可被视为设置在第一气体通道112的上游。

[0034] 根据一些实施例,第一气体通道112可沿拉动方向132而具有为50 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 的通道长度W1,且第二气体通道114可沿拉动方向132而具有为200 $\mu\text{m}$ 至2000 $\mu\text{m}$ 的通道长度W2。各实施例并不仅限于此上下文。在不同的实施例中,第一气体通道112的通道长度可被配置成小于第二气体通道114的通道长度。这种配置可导致经由第二气体通道114引导的气体与经由第一气体通道112引导的气体相比较低的流动速率。

[0035] 在具体的实施例中,第一气体源120可被配置成为经由第一气体通道112的氦气提供第一气体流动速率,在这种情况下第二气体源124被配置成为经由第二气体通道114的氩气提供第二气体流动速率,其中第二气体流动速率对第一气体流动速率的比率介于0.05与0.5之间。经由第二气体通道114的氩气的气体流动速率较低与经由第一气体通道112的气体流动速率较高的这种配置与第一气体通道112和第二气体通道114相对于中心线118的不对称配置的组合可导致向熔体106引导的气体具有有利的气体流模式,如以下所论述。

[0036] 尽管图1A中未示出,然而在针对图2论述的再一些实施例中,与设备100相似的设备可包括第三气体源且可进一步包括耦合到第三气体源的气体分配总成,其中第三气体源不包含氢气或氦气。这种气体分配总成可具有多个气体开口,且可沿热隔绝区块128的下边缘119设置。

[0037] 现转至图1B,其示出根据本发明实施例的设备100的运行的第一情景。在这种情景中,结晶器108可设置在相对于熔体106的第一间距S1处,举例来说,第一间距S1可为一厘米或大于一厘米。在这种情景中,可经由结晶器108向熔体106引导第一惰性气体流,其中惰性气体流可包含经由第二气体通道114的气流142及经由第一气体通道112的气流144。举例来说,气体源122可向第一气体通道112提供氩气,而第二气体源124可向第二气体通道114提供氩气。被提供到熔体表面117的氩气流可用于在材料熔融期间帮助将SiO形成维持为低水平例如以形成熔体106,且维持设备100内的表面不会发生SiO冷凝。

[0038] 现转至图1C,其示出在相对于熔体106将结晶器108移动至第二间距S2之后的第二情景,其中第二间距S2小于第一间距S1。举例来说,第二间距S2可为3mm、2mm、或相似距离。在这种间距下,结晶器108可提供足以如图中所示使结晶片150开始结晶的快速排热。此外,拉晶机131可用于沿拉动方向132拉动结晶片150,其中结晶片150是连续地形成且从邻近结晶器108的区被拉动。如图1C进一步示出,经由第一气体通道112引导被示出为气流148的第一气体流,同时经由第二气体通道114引导包含第二惰性气体流且被示出为气流146的第二气体流。在这个实例中,气流146可例如由氩气气体形成,而气流148是氦气气体流或氢气气体流。如图1A所示,气流148包括涡流140,其中涡流140形成在第一区152中,其中第一区152位于结晶器108的第一部分与结晶片150的表面之间,其中第一部分邻近第一气体通道112设置。形成涡流140有助于能够从熔体106排出热量,且因此会增大拉动结晶片150的拉动速率,同时仍会获得具有目标片厚度的稳定片(stable sheet)。

[0039] 如图1C进一步示出,有利的是,由气流146表示的惰性气体流(例如,氩气流)会在

位于结晶器108的第二部分与熔体表面117之间的第二区154中形成层流(laminar flow)，其中第二部分邻近第二气体通道114。如图1C所示，涡流形成在第二区154中(具体来说，在熔体表面117上方)得到防止。这样防止涡流形成有助于减少在熔体106中形成的SiO向设备100的不期望区(例如，结晶器108的SiO原本可能会冷凝从而形成SiO<sub>x</sub>微粒的冷表面)移动。

[0040] 为确保在第一气体通道112的下游侧(即，第一区152中)形成涡流，且为确保在第一气体通道112的上游侧(即，第二区154中)不形成涡流，可以以下方式来配置距离D1、距离D2、及距离D3。举例来说，距离D1可小于S2，距离D2可小于第二间距S2，且距离D3可大于第二间距S2。当由距离D2表示的第一气体通道112与第二气体通道114之间的水平间距小于第二间距S2时，将不可能在通道之间的区中形成涡流。相似地，当结晶器108的第二气体通道114与上游边缘115之间的水平间距小于第二间距S2时，将不可能在第二气体通道114与上游边缘115之间的区中形成涡流。当结晶器108的第一气体通道112与下游边缘121之间的距离大于第二间距S2时，会促成涡流形成，尤其是在高速氦气离开第一气体通道112时。

[0041] 图2示出根据本发明其他实施例的被示出为设备200的另一个设备的侧面剖视图。设备200可与设备100共享特征，其中相同的特征被标记为相同的。设备200可如图中所示包括结晶器208。结晶器208可包括冷区块210及第二区块212，其中第二区块212邻近冷区块210设置。如图中所示，第二区块212包括通道211，而冷区块210包括通道209，其中通道211可与第二气体通道114相似，而通道209与第一气体通道112相似。大体来说，在形成结晶片(示出为结晶片250)期间，可经由通道209来引导氦气气体或氢气气体。在结晶片结晶之前的熔体形成期间，可经由通道209引导例如氩气等气体。此外，在结晶片形成期间，可经由通道211将氩气或其他惰性气体(除了氦气之外)引导至熔体106。

[0042] 在一些实施例中，第二区块212可由例如熔融石英、熔融二氧化硅或类似材料等石英材料形成。第二区块212在一些实施例中可能无法有效冷却，其中沿第二区块212的与熔体106邻近的下表面的第二区块温度可为300℃、400℃或类似温度。因此，在相对温热的温度下，氩气或其他惰性气体可从通道211逸出。另外，由于氩气具有比氦气低的导热率，因此举例来说，第二区块212下方的区260中的熔体106的冷却速率可低于冷区块210下方的区262中的冷却速率。

[0043] 在各种实施例中，气流264可为具有为气流266的流动速率的大约5%至50%的流动速率的低速Ar射流，其中气流266可为高速氦气射流或氢气射流。在一些实施例中，气流264可具有为气流266的流动速率的近似10%的流动速率。各实施例并不仅限于此上下文。在气流264中提供的氩气的相对低的流动速率可用于降低熔体表面117中的扰动，这种降低可生成结晶片250的较平坦的固体表面。

[0044] 根据本发明的实施例，由He射流(例如，气流266)提供的冷却可通过将冷区块210的下表面配置成平坦的且大致与通道209的仅下游侧222的结晶片的表面平行(换句话说，与X-Z平面平行)来得到增强。由冷区块210与结晶片250的外侧表面生成的这一通道区可有助于在He流中生成涡流(示出为涡流235)，其中涡流235在氦气已从结晶片250将热量提取出来之后循环地冷却氦气。同时，如图2所示，朝结晶器208的上游侧220流动的任意He流均被最小化，且如图中所示，在区260中未形成涡流。在图2中，从通道211逸出的氩气流实际上可为层状的。由在上游侧220上流动的Ar的第二气体射流提供的这种层流阻碍He在熔体表

面117之上流动。由于氩气的导热率低于氦气的导热率且氩气的所需速度较低,因此氩气流不会显著地冷却熔体表面117因而使熔体106在区260下方保持熔融形式,即,在熔体106的正上方不形成涡流。

[0045] 根据各种实施例,结晶器208内的通道209、通道211的相对定位可与以上针对图1C论述的距离D1、距离D2、距离D3及第二间距S2的准则一致。以这种方式,仅在通道209的下游侧促成涡流235的形成,而在通道209的上游侧抑制或防止涡流形成。

[0046] 有利的是,氩气从通道211的流动也会有助于防止一氧化硅烟雾夹杂在由从通道209逸出的气流266形成的He射流中。这样防止一氧化硅烟雾会维持涡流235中不存在一氧化硅,因此也可保持冷区块210的被暴露表面不存在冷凝的一氧化硅。通过维持冷区块210不存在SiO沉积物,在拉动结晶片期间会保持高冷却速率达较长的时间周期。如前面大体论述,第二区块212可为不能进行水冷却或以其他方式进行有效冷却的低导热率材料,因此氩气在离开通道211时相对温热。另外,由于Ar具有比He低的传导率,因此Ar会撞击在熔体106上。

[0047] 如图2进一步示出,设备200可包括热隔绝区块以及加热器总成228,所述热隔绝区块包括第一区段230及第二区段232,如图中所示。热隔绝区块及加热器总成228防止被结晶器208环绕的等温区域的冷却。热隔绝区块可包括下表面,其中热隔绝区块的下表面包括第一下表面236,其中第一下表面236靠近冷区块210设置,且第二下表面238邻近第二区块212设置。第一下表面236可相对于熔体表面117形成第一角度,且其中第二下表面238相对于熔体表面117形成第二角度,其中第二角度大于第一角度。在一些实施例中,第二角度可为近似45度。具体来说,设备200可包括观察站246,由于由第二下表面238形成的角度更陡,因此从设备上的观察孔可更容易地观察结晶片形成的过程。另外,由于第二角度可能相对陡,且由于第二下表面238可能非常接近通道211,因而由上游侧220上的第二下表面238提供的结晶器208的当前倾斜以及较低的Ar流动速率及气流264的速度会在区260中进一步防止涡流形成并确保层流。

[0048] 如图2进一步示出,设备200可包括第三气体源223,其中第三气体源223不包含氢气或氦气,且在一些实施例中可为氩气气体源。第三气体源223可耦合到设置在设备200中的气体分配总成234,其中气体分配总成234可如图中所示包括多个开口,且其中气体分配总成234可沿绝缘体区块的下表面设置。在各种实施例中,气体分配总成234中的各开口之间的间隔可为近似1mm、2mm、或3mm。各实施例并不仅限于此上下文。在图2所示实例中,第一气体通道224及第二气体通道226可耦合到第三气体源223,以向气体分配总成234提供气体流。各实施例并不仅限于此上下文。

[0049] 气体分配总成234可有助于防止在绝缘体区块的底表面(即,第一下表面236及第二下表面238)上累积一氧化硅。气体分配总成可被配置成在绝缘体区块的上游侧220上提供低速氩气242,且在绝缘体区块的下游侧222上提供低速氩气240,如图中所示。形成气体分配总成234的喷头材料可由例如经碳化硅涂布的石墨(silicon carbide-coated graphite)等惰性材料制成,这种材料有助于密封绝缘体区块并防止绝缘体区块污染成长区域(所述污染是由于绝缘体的颗粒原理上会造成成核杂质(impurity-nucleated)多晶成长)。第一气体通道224及第二气体通道226可紧靠加热器总成228设置,以使熔体106及结晶片250不会被流动的氩气显著地冷却。在结晶器208的上游侧220上,通道211附近,涡流的不

存在会防止一氧化硅向结晶器208的较冷的表面传输。

[0050] 图3示出根据本发明实施例的结晶器设备的计算流动动力学 (computational flow dynamic, CFD) 模型化的结果, 其示出从结晶器装置300流动的气体。如图中所示, 提供熔体302, 同时示出向熔体302引导氦气的第一气体通道308, 除此之外, 还示出同时向熔体302引导氩气的第二气体通道310。Ar流为He流的近似10% (以体积计)。因此与He的速度相比, Ar速度低。第二气体通道310的宽度可大于第一气体通道308的宽度, 从而进一步确保与氦气的速度相比, 氩气的速度相对低。Ar射流的低速度会减少熔体302的液体表面中的扰动, 从而生成在结晶器装置300下方形成的结晶片320的较平坦的固体表面。计算流动动力学模型清楚地示出在He侧上形成涡流314, 而在Ar侧上不存在涡流, 只存在层流312, 即使少量的He泄露至上游侧 (Ar侧)。具体来说, 在靠近第二气体通道310设置且位于第二气体通道310上游的区322中未形成涡流, 而在靠近第一气体通道308设置且大体位于第一气体通道308下游的区324中, 形成强的涡流。这种气体流的不对称提供以下优点: 仅在SiO产生最小的固体区 (结晶片320) 之上放置涡流气流, 同时仅在可产生SiO的液体区 (熔体302) 之上提供层流。因此, 在液体区之上产生的任意SiO被夹杂在涡流中且分布至不期望的表面中的可能性可较小。应注意, 可通过按照需要来增加流经第二气体通道310的Ar流来减少去往流体侧的He流的量。

[0051] 应注意, 尽管上述实施例中的一些实施例示出其中第一通道及第二通道位于结晶器的中心线的上游侧的构型, 但是, 在其他实施例中, 第一通道不需要位于结晶器的上游侧。具体来说, 第一通道不需要位于结晶器的上游侧上, 只要在结晶期间, 距离D1及距离D2大体小于以上定义的第二间距S2即可。

[0052] 图4示出示例性工艺流程400。在方块402处, 当结晶器相对于熔体设置在第一间距处时, 穿过结晶器引导第一惰性气体流。结晶器可包括第一气体通道及第二气体通道。根据各种实施例, 熔体可为硅熔体且结晶器可至少部分地包括由例如镍等材料形成的冷区块。在区块404处, 相对于熔体将结晶器移动至第二间距, 其中第二间距小于第一间距。在一些实施例中, 第一间距可为一厘米或大于一厘米, 而第二间距小于五毫米, 例如三毫米。

[0053] 在区块406处, 当结晶器设置在第二间距处时, 在经由第二气体通道引导第二惰性气体流的同时, 经由第一气体通道引导包括氦气气体流或氢气气体流的第一气体流。

[0054] 因此, 上述实施例有助于减少许多问题。第一个优点在于, 尽管已知的结晶器装置可在结晶器装置的上游侧及下游侧生成涡流, 然而根据本发明实施例配置的设备仅形成位于下游侧上的一个涡流。这种单涡流形成避免了双涡流装置的以下问题: 为一氧化硅从Si熔体表面传输到水冷却区块 (例如, 镍区块) 提供机会, 在这种情况下SiO冷凝并成长为膜或晶须结块。最终, 这种冷凝物可达到使一氧化硅可与熔体接触的厚度或长度, 或者冷凝的材料可能会剥落并落入熔体中。落入熔体中的任何物质均可能造成硅的树枝状晶粒 (dendritic grains) 的成核, 从而生成不合适的材料。本发明实施例提供了包括以下优点在内的其他优点: 防止当一氧化硅积聚在结晶器设备的下表面上时造成的冷却速率的降低, 同时还允许对结晶片进行更好的工艺监测。本发明实施例还提供了防止除了由氦气引起的冷却之外来使熔体或结晶片冷却的热损失的优点。

[0055] 本发明的范围不受本文所述具体实施例限制。实际上, 通过阅读以上说明及附图, 对所属领域中的普通技术人员来说, 除本文所述实施例及润饰以外的本发明其他各种实施

例及对本发明的各种润饰也将显而易见。因此，这些其他实施例及润饰都旨在落于本发明的范围内。此外，尽管本文已出于特定目的在特定环境中在特定实施方案的上下文中阐述了本发明，然而，所属领域的普通技术人员将认识到，效用并不仅限于此，且可出于任何数目个目的在任何数目种环境中有益地实施本发明。因此，应鉴于本文所述的本发明的完整范围及精神来解释以上所述的权利要求。

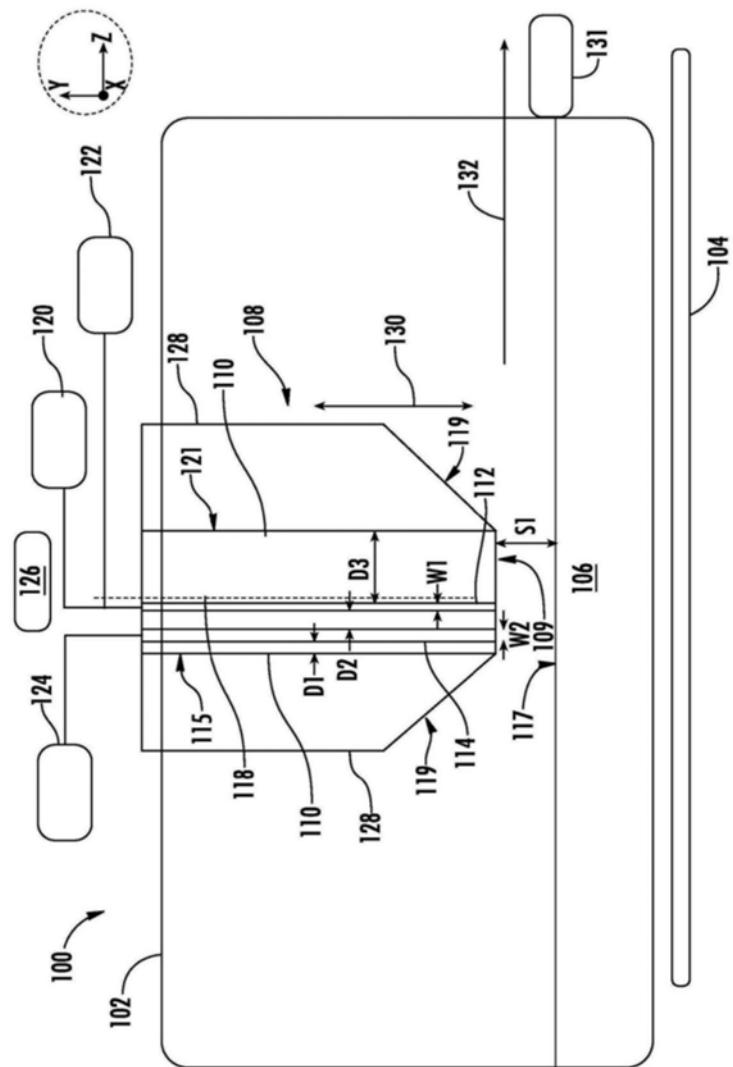


图1A

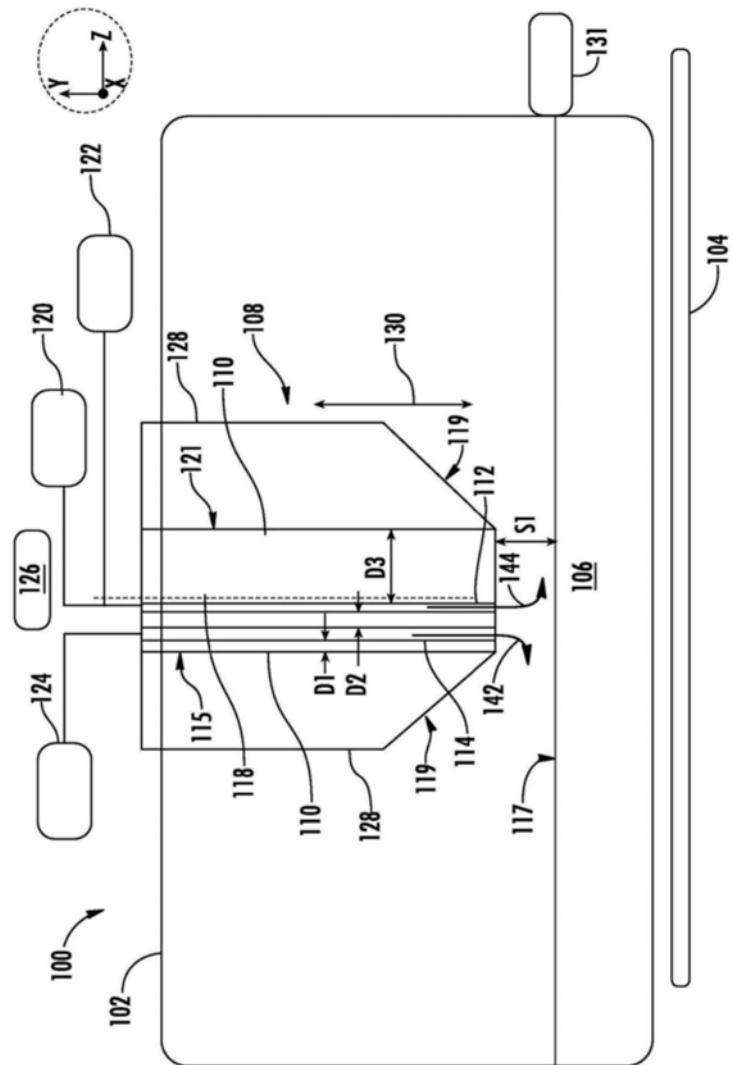


图1B

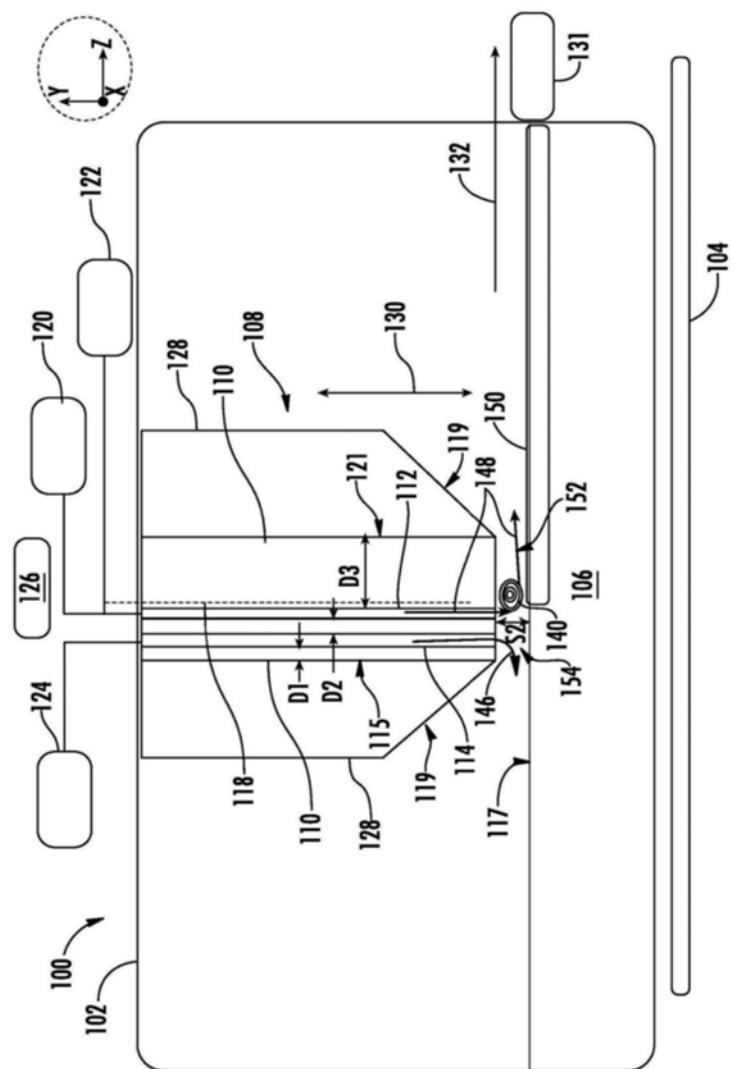


图1C

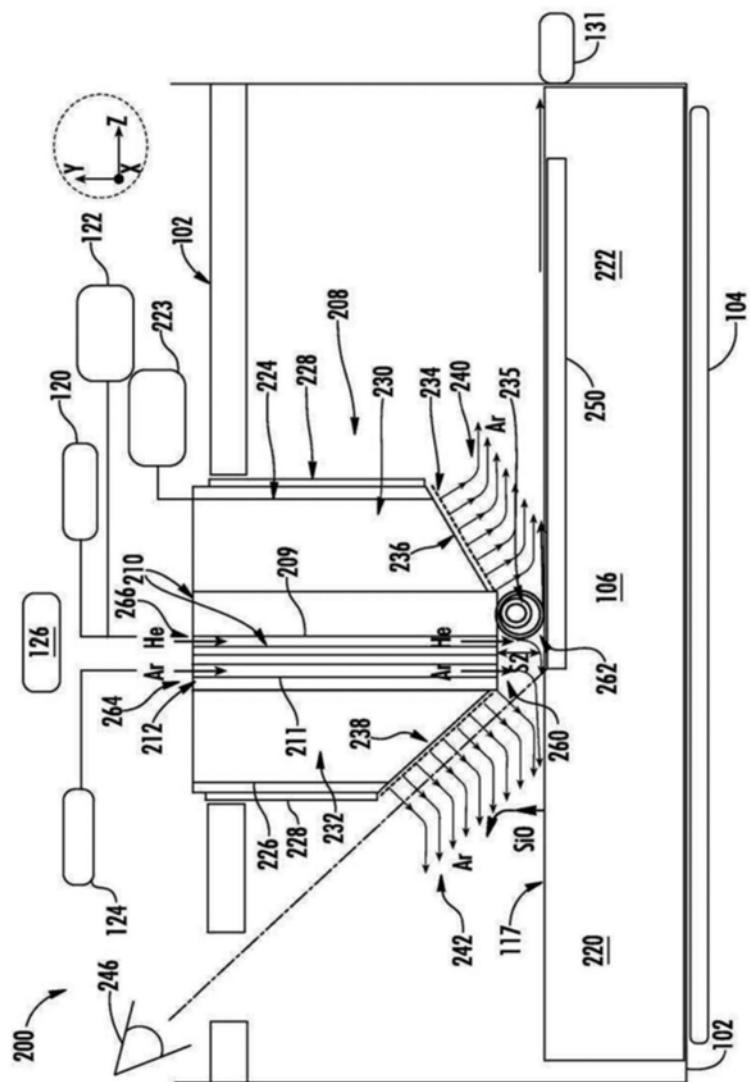


图2

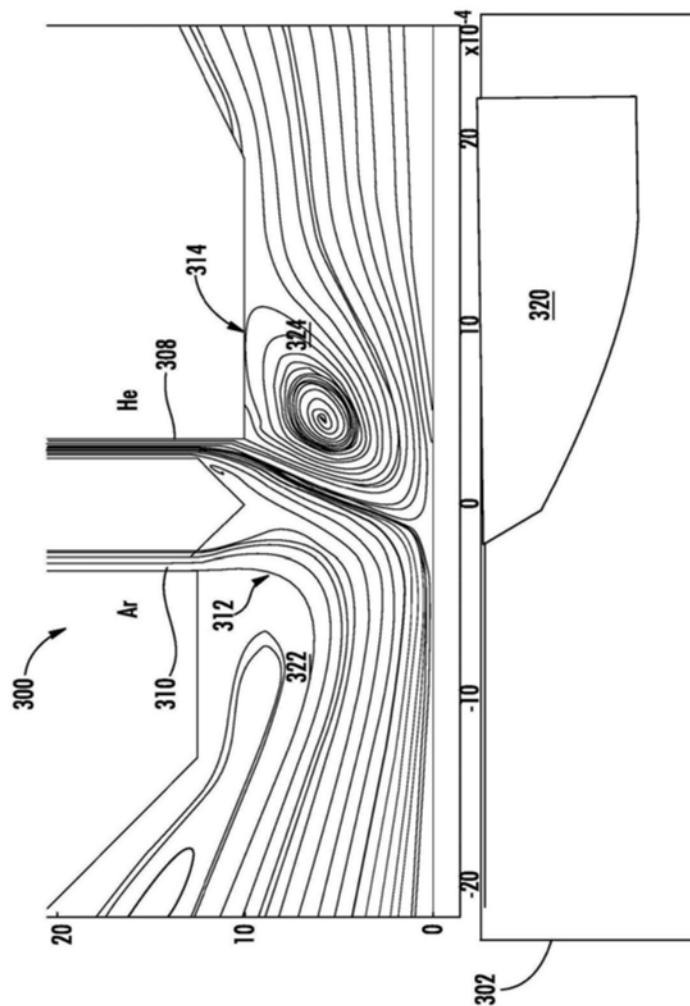


图3

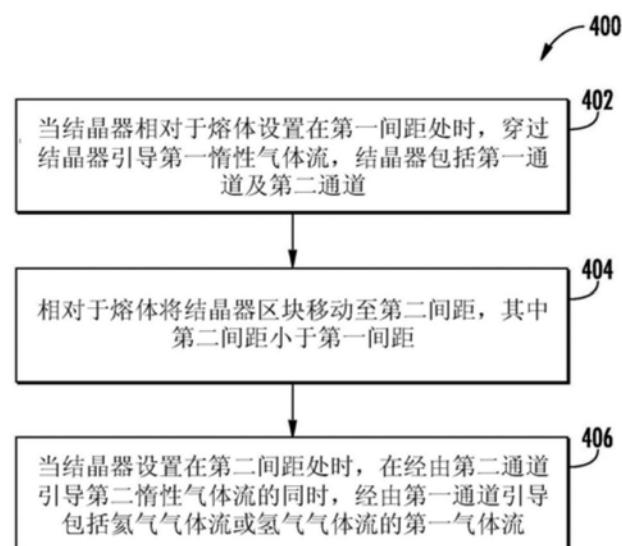


图4