[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C03B 37/018

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99110356.4

[43] 授权公告日 2003 年 2 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1101344C

[22] 申请日 1999.7.14 [21] 申请号 99110356.4

[30] 优先权

[32] 1998. 7.14 [33] US [31] 09/115783

[71] 专利权人 卢森特技术有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 P·F·格洛迪斯

C·F·格里德利

D·P·杰布罗诺韦斯基

D·卡利什 K·L·沃克

[56] 参考文献

US5106402 1992.04.21 C03B31/01

审查员 周勇毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

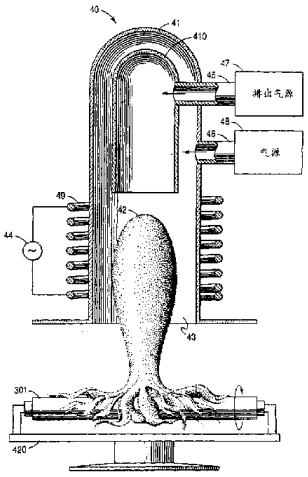
代理人 崔幼平 黄力行

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于单模纤维的大的 MCVD 预型件的制造方法

[57] 摘要

一种通过改性化学蒸汽沉积(MCVD)工艺制造大的光纤预型件(303)及其制造方法。 其包括在一旋转的玻璃管(33)的内表面上沉积出连续的芯核及包覆材料层，该玻璃管的氢氧离子含量小于按重量每百万 0.5 份。 然后使管向内坍塌，形成一芯棒(301)。 在芯棒(301)形成后，对其进行等离子蚀刻，以去除污物，以形成一大预型件。



ISSN1008-4274

1.一种制造单模光纤预型件的方法，其包括如下步骤：

选择一第一圆柱管（33），其具有长度和中心轴线并且由玻璃制成，所述玻璃的氢氧离子（OH^-）含量低于按重量每百万 0.5 份（ppm）；

将所述第一圆柱管（33）布置在一个大致水平的位置，并使该管绕其中心轴线旋转；

在所述第一管的内表面上沿其长度沉积连续的包覆材料层（32）；

在包覆材料上沿其长度沉积连续的芯核材料层（31）；

检测所述第一圆柱管（33）的外径；

在沉积所述芯核材料和包覆材料时改变所述第一圆柱管（33）内的气体压力以控制其外径；

检测所述第一圆柱管（33）的笔直度；

在沉积所述芯核材料和包覆材料时根据所述第一圆柱管的角度位置改变其旋转速度以控制其笔直度；

使所述第一管暴露于沿管长移动的热源（130），来自热源的热使管向内坍塌，形成一芯棒（301），其中所沉积的芯核材料的直径大于大约 5 毫米，所沉积的包覆材料的直径小于 15 毫米；

选择一第二圆柱管（34），其内径略大于所述芯棒的外径，该第二管由氢氧离子（OH^-）含量按重量小于 1.0ppm 的玻璃制成；

将所述芯棒的一基本部分放入所述第二管内；和

将第二管暴露于一热源（520），使它向内坍塌到芯棒上，形成一第一预型件（302）。

2.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括从所述第一预型件（302）拉出光纤的步骤。

3.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括如下步骤：

选择一内径略大于第一预型件（302）的外径的第三圆柱管（35），所述管由氢氧离子（OH^-）含量小于按重量 1.0ppm 的玻璃制成；

将所述第一预型件的一基本部分放入所述第三管；和

将所述第三管暴露于一热源（520），使它向内坍塌在第一预型件上，形成一第二预型件（303）。

4.如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，还包括从所述第二预型件（303）上拉出光纤的步骤。

5.如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述第二圆柱管（34）包括下掺杂玻璃而第三圆柱管（34）包括不掺杂玻璃。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述沉积的芯核材料包括锗。

7.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述沉积的包覆材料包括氟。

8.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括如下的步骤，即通过从芯棒的外表面上去除一层材料以减小其直径一预定量而去除芯棒表面污物的一个显著部分。

9.如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述从芯棒的外表面上去除一层材料的步骤是用一个无氢等离子焰炬进行的。

10.如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，用一个等离子焰炬将芯棒的直径减小 0.5 ± 0.3 毫米。

用于单模纤维的大的MCVD预型件的制造方法

技术领域

本发明总体上涉及采用改性化学蒸汽沉积（MCVD）法的玻璃预型件的制造，特别是一种增加这种MCVD预型件的尺寸的方法。

背景技术

在光纤制造中，将一玻璃预型件垂直地悬挂，并以一控制的速率移动到一炉内。该预型件在炉内软化，一位于一拉伸塔的基部的绞盘从预型件的熔融端自由地拉出一玻璃纤维。本发明涉及这种玻璃预型件的制造，这种玻璃预型件是一固体的圆柱棒，其具有一适合于光导的折射指数曲线。需要说明的是，预型件和拉伸纤维的折射指数曲线（即，折射指数作为离棒的中心线的距离的函数的变化）基本上相同，既使预型件的直径是拉伸纤维的直径的几千倍。可以从一玻璃预型件拉出的纤维量与该预型件的尺寸成正比。使用较大的预型件可以显著地节省成本。

存在着许多有竞争力的玻璃预型件的制造工艺，其中一种公知为改性化学蒸汽沉积（MCVD）法，其通过在一玻璃管（有时称之为基质管）的内壁上沉积玻璃质颗粒（碳黑）来形成预型件的折射指数。碳黑包括一般硅，硅中一般掺有锗，以增加其折射指数。其它常用的制造预型件的工艺包括外侧蒸汽沉积（OVD）和蒸汽轴向沉积（VAD），其中碳黑沉积在一碳黑刚玉上，碳黑刚玉通过一种连续步骤烧结而成。

在 MCVD 预型件的尺寸上显然存在着局限性，这是由于在内沉积工艺中玻璃沉积率较低，沉积出的玻璃量较少。在 MCVD 工艺过程中，碳黑同时沉积并烧结在基质管内表面上的玻璃内。一种典型的 MCVD 热源是往复式氧-氢焰炬，其加热基质管的外表面。这种焰炬每沿管通过一趟，就在基质管的内表面上添加一薄层玻璃。首先沉积多个薄层涂敷材料，然后沉积多个薄层芯核材料。在最简单的单模设计（即，非扩散转移、配合的包覆或凹陷包覆的纤维）中，包覆通常在一个等级上，这种包覆可以通过氟和/或磷涂敷得到，而芯核是在另一个等级上（通常只掺杂锗）。在更复杂的单模设计（例如扩散转移纤维）

中，折射指数可能跨越包覆和芯核变化。通过改变所用的掺杂物（例如锗）的浓度形成差异。通过基质管壁的热传递和可以沿管向下发送并有效地达到热区域的最大的反应剂的量是有限的，这限制了沉积率。典型的MCVD沉积率在0.2与2.0克/分之间，因玻璃的成分不同。沉积的芯核的直径指明为（d），沉积的包覆层的直径指明为（D）。理想的是，只有芯核材料需要沉积在基质管的内壁上，形成理想的折射指数曲线。在这种情况下，所沉积的包覆/芯核(D/d)的比例为1.00。然而，这对于基质管的纯度的要求太严格。目前，通过MCVD制造预型件产生出的每米预型件长高达250千米（km）纤维。与此形成对比，OVD和VAD工艺的沉积率在5与50克/分之间，通过OVD和VAD预型件制成的每米预型件长超过400千米的纤维。

无论如何,MCVD与上述外沉积工艺相比具有某些优点。因为在MCVD中碳黑沉积和烧结同时发生，所以掺杂剂可以结合到玻璃内，并以一层接一层的基础固定到位。然而，可以用于MCVD的掺杂剂的范围大于外工艺的范围。除了对于所有工艺共用的掺杂剂，例如提高折射指数的锗以外，氟掺杂层可以用于MCVD来显著地降低折射指数。在外工艺中很难掌握氟掺杂，因为在碳黑中的结合基本上是一种扩散工艺。MCVD关于掺杂剂选择的多面性允许直接构成复杂的指数曲线形状。MCVD的另一优点是在整个纤维制造工艺中使用基质管并随后使用外包覆管，以提供大量玻璃，这一优点部分地抵消了沉积率的缺点。

在MCVD工艺中，在长时间暴露于极高温度下的基质管中出现尺寸不稳定性，并形成气泡，在制造大的MCVD预型件时会出现这种情况，因为大量芯核材料需要沉积在基质管内。如果象在沉积率超过每分钟一克的用于多模纤维的MCVD预型件中所作的那样，只增加芯核材料的沉积，则可以消除这种担忧。然而，与使用高含量的GeO_2掺杂材料的多模纤维不同，单模纤维使用较低等级的GeO_2。其差别是很重要的，因为高含量掺杂剂容易使沉积材料的软化点温度（粘性）下降，因此，它们在低温时在基质管的内壁形成一光滑层。所以，在低温下可以进行烧结。此外，多模纤维预型件还包括P_2O_5作为掺杂材料，这进一步降低了沉积材料的软化点温度（见，例如US4339173）。

发明内容

因此，本发明所寻求的是一种单模 MCVD 预型件，其每米长度生产大约 400km 或更长纤维，还寻求一种制造这种预型件的商业上有吸引力的工艺。

根据本发明的一种制造单模光纤预型件的方法，其包括如下步骤：选择一第一圆柱管，其具有长度和中心轴线并且由玻璃制成，所述玻璃的氢氧离子（OH^-）含量低于按重量每百万 0.5 份（ppm）；将所述第一圆柱管布置在一个大致水平的位置，并使该管绕其中心轴线旋转；在所述第一管的内表面上沿其长度沉积连续的包覆材料层；在包覆材料上沿其长度沉积连续的芯核材料层；检测所述第一圆柱管的外径；在沉积所述芯核材料和包覆材料时改变所述第一圆柱管内的气体压力以控制其外径；检测所述第一圆柱管的笔直度；在沉积所述芯核材料和包覆材料时根据所述第一圆柱管的角度位置改变其旋转速度以控制其笔直度；使所述第一管暴露于沿管长移动的热源，来自热源的热使管向内坍塌，形成一芯棒，其中所沉积的芯核材料的直径大于大约 5 毫米，所沉积的包覆材料的直径小于 15 毫米；选择一第二圆柱管，其内径略大于所述芯棒的外径，该第二管由氢氧离子（OH^-）含量按重量小于 1.0ppm 的玻璃制成；将所述芯棒的一基本部分放入所述第二管内；和将第二管暴露于一热源，使它向内坍塌到芯棒上，形成一第一预型件。

本发明通过一种改性化学蒸汽沉积（MCVD）工艺制造一种大的光学预型件，即，在一旋转基质玻璃管的内表面上相继沉积芯核材料层和包覆材料层，所述玻璃管具有按重量小于每百万 0.5 份（ppm）含量的一种氢氧离子（OH^-）。然后使基质管向内坍塌，以形成一芯棒，其中沉积的芯核材料的直径（d）大于大约 5 毫米，而沉积的包覆层材料的外径（D）小于大约 15 毫米。然后在芯棒外包覆一层或多层氢氧离子等级（OH^-）按重量低于 1.0ppm 的玻璃，以形成大的预型件，每米该预型件可以抽出大约 400 千米单模光纤。

在本发明的一优选实施例中采用两层玻璃包覆层（内层和外层）。作为例子，内玻璃包覆层可以是下掺杂的，而外玻璃包覆层不掺杂，所制成的预型件用于制造凹陷包覆的纤维。

同样在本发明的优选实施例中，在沉积芯核/包覆材料过程中以及在基质管坍塌的过程中使用一氧氢焰炬。这种焰炬在芯棒的表面上产生氢氧离子（OH^-）杂质，然后再用等离子体将其蚀刻掉。

优选的是，采用一种机器观察系统来控制在芯核和包覆材料的沉积过程中以及其坍塌过程中基质管的物理尺寸。这种机器观察系统通过调节管内的压力来检测并控制基质管的直径。该机器观察系统还通过使管的旋转速度为其角位置的函数来控制管的直度。

大的预型件对于纤维制造提供了经济上的有利之处。在预型件制造时，对于同样的机器一个劳力的配额，大的预型件增多了每单位时间制出的纤维量。在不增加资本和劳力的情况下可以达到增加的要求。在抽拉纤维时，通过使调整时间占拉伸周期的一个较小的百分比，启动损失占整个预型件长度一个较小的百分比，大的预型件加快了有效拉出的速度和拉伸产量。在预成形和拉伸操作中劳动和负荷的设定成本被扩散到较大的纤维生产中，这导致每米纤维的成本较低。

本发明人承认，在基质管的光纯度与需要沉积的包覆材料量之间可以进行一个商业上有吸引力的折衷。（随着基质管的纯度增加，沉积包覆材料的需要减少。）此外，发明人还承认，MCVD 的周期需要降得足够低，使得基质管中和 MCVD 沉积材料中的大量的 OH 含量不超过（通过暴露于由 H_2/O_2 焰炬的火焰所引起的 OH 或 H）以低 D/d 率制造低损失纤维的点。以前用于沉积包覆材料的时间现在可以用来沉积附加的芯核材料，这保持了低的周期并使芯棒能够安装在一个较厚的玻璃套内。因此，发明了一种商业上有吸引力的用于制造大的 MCVD 预型件（即，大到足以从每米预型件中抽出大约 400km 光纤）的方法。

附图说明

从下面结合附图所作的详细描述中可以更清楚地了解本发明，其中：

图 1 是一玻璃加工旋床的一透视图，该旋床包括一用于加热一玻璃基质管的焰炬组件和一用于在玻璃管加热后将其准直的机器观测系统；

图 2 是一按照本发明的用于制造一大的 MCVD 预型件的方法的一流程图；

图 3 为一按照本发明的玻璃预型件的横截面，示出与其沉积的芯核和包覆材料有关的尺寸；

图 4 示出一从一芯棒的表面上去除氢氧离子（OH^-）的等离子焰炬；和

图 5 是一设备的透视图，该设备用于使芯棒与一管对正并插入其内，还用于使该管坍塌在棒上。

具体实施方式

首先参见图 2，该图提供了按照本发明的用于制造一大预型件的优选方法的总体一览。这些步骤被单独编号（21-29），在整个说明书中都采用这些编号。

由于在一种改性化学沉积（MCVD）工艺中的制造效率的原因，希望花费较多的时间来沉积芯核材料，较少的时间沉积包覆材料。然而，由于所沉积的包覆材料的厚度减小，对外包覆管中的纯度要求更高，因为例如在基质管 33 中的氢氧离子（OH^-）的杂质造成吸收的损失。这是由于 OH^- 离子是可移动的，并且会向芯核迁移，特别是在纤维拉伸操作期间。更糟糕的是，OH^- 离子可以分解成氢，而氢比 OH^- 本身更容易移动，且还会在纤维拉伸过程中扩散到纤维芯核内。然后，氢与纤维芯核的原子疵点之间会产生反应，使 OH^- 形成。已经发现，OH^- 含量低于每百万 0.5 份（ppm）的基质管适用于本发明。由于取决于所沉积的包覆的厚度，在通常的单模光纤中基质管本身的光能传播量很小，所以，基质管的 OH^- 含量确定了对于一种适当的低损失纤维的沉积的包覆厚度的较低范围。因此，步骤 21 为要求这种纯度的基质管的选择。步骤 22-24 涉及通过一种改性化学蒸汽沉积工艺制取芯棒，下面对此进行讨论：

改性化学蒸汽沉积

参见图 1，该图示出用于加热玻璃基质管 33，以便通过 MCVD 工艺制造一芯棒的设备，该设备总体上以标记 100 表示。MCVD 工艺的具体细节在美国专利 US4217027 和学术出版社有限公司 1988 年 AT&T 和贝尔光纤通讯研究有限公司出版的教科书<<光纤通讯 II>>第 4 章（详见 156－162 页）中予以公开，此两份文件特此引为参考。

设备 100 包括一玻璃加工旋床 120，其具有由一共用轴（未示出）驱动的一头架 13 和一尾架 14，它们用于使玻璃基质管 33 以可转动的

方式被支撑。所需的转速为大约每分钟三十（30）转。基质管 33 定位在旋床上，其一端在头架 13 内，而另一端通过一焊点 318 连接于一排出管 319。排放管 319 支撑在旋床 120 的尾架 14 内。在 MCVD 工艺中，恒定地移动的反应剂（即四氯化硅）和氧流通过基质管 33 的内部。该流体包括掺杂剂，例如锗，以便在完工的光导纤维中形成理想的折射指数。在每次通过的过程中，掺杂反应剂从头架端部进入管内，而废气在尾架端排出。

旋床 120 还包括一托架 110，其安装成沿旋床往复运动。安装在托架 110 上的有一总体上用标记 130 表示的焰炬组件。焰炬组件 130 包括一壳体 132，其由一托座 133 支承，托座 133 又由一柱 135 所支撑，该柱安装在托架 110 上。焰炬组件 110 适合于引起燃烧气体的流动，从而形成指向管 33 的火焰。通过在管的一理想的表面区域上限制燃烧气体的热量，使焰炬组件在一加热区域内提供一反应温度（例如 2000° -2200° ）。焰炬组件 130 在托架 110 上的安装及其相对于管 33 的运动使加热区域沿旋转管的长度方向运动。通过托座 133 的调整，操作员可以在从管 33 或到多个位置中的任何一个的距离的任一范围内围绕管并与其隔开地移动焰炬组件 130。

焰炬组件 130 可以构造成或者一表面混合单元或者一预混单元。在表面混合单元中，两种燃烧气体中的每一种通过焰炬组件 130 喂入，并在焰炬组件与管之间形成的一区域内混合在一起。另一方面，在预混单元中燃烧气体在它们流过焰炬组件之前预混，并进入被限制的管 33 附近。重要的是，对壳体 132 及其喷嘴（未示出）进行冷却，以提供一种清洁的气体，这种气体防止壳体和壁所构成的材料的氧化并导致剥落。在壳体内的管路中供入一种冷却剂，例如冷却水，以提供所需冷却。关于适用的焰炬组件的设计的细节在共悬未决的美国专利申请 09/092380 中做了公开。该专利题为“采用独立的受控热源进行改性化学蒸汽沉积，该申请于 1998 年 6 月 5 日提交（Marszalek 等 1-6-77-2-23）。

在沉积过程中，焰炬组件 130 慢慢地从旋床 120 的头架端 13 向其尾架端 14 移动，通过旋转的管 33 的长度，然后迅速回到头架端。需要说明的是，反应剂气体在头架端喂入一入口 311，并从尾架端处的出口 312 排出。但是，为了在管 33 内保存一适当的压力，以不使

其直径扩大或缩小，将氧供入排出孔 312，虽然流过管的气体的纯流是从头架端到尾架端。焰炬组件每通过管一趟都引起一单层二氧化硅和掺杂物熔化到管的内壁上。各层的组分由反应剂的组分所决定，并可以使其变化，以获得折射指数的一梯度，从而得到一理想曲线。

需要说明的是，本发明要求在一基质管内沉积的芯核材料比以前沉积得明显地多。增加芯核材料沉积率的一项优选的技术在 1998 年 7 月 8 日提交的题为”制造光纤预型件的高效率的 MCVD 法“的共悬未决的美国专利申请 09/112069 中做了公开。

（Glodis 等 6-5-1-22）。无论如何，既使芯核材料的沉积率增加，基质管 33 在高温下的时间也比以前多很多，因此，更容易无意中使其形变。为此，设备 100 包括一安装在托架 100 上的机器观测系统，用于使基质管 33 具有一直线的中心纵轴线 310-310，并用于测量和控制基质管的外径。

该机器观测系统包括一激光源 140 和一位于管 33 的相对侧的探测器 150。探测器 150 包括一线性阵列的通过管检测投影的发光二极管 151。控制器 160 响应于来自探测器 150 的电信号，控制管的旋转速度，并控制管内的气压。激光源 140 与探测器 150 的定位使其能够检测刚刚被加热的管部分。优选的是，激光源 140 和探测器 150 在沉积过程中位于焰炬组件 130 和头架 13 之间，而在坍塌过程中位于焰炬组件 130 与尾架 14 之间。如果管 33 不完全是直的，则其影子在光探测器 151 阵列上上下颤动。控制器 160 响应于这种颤动，根据管 33 的角位置变化其旋转速度。输出 162 提供一用于控制旋转速度的电信号。例如人们可能希望，当管的角位置使其上弯时，将其旋转速度放慢；而当管的角位置使其向下弯曲时，将其旋转速度加快。因此，利用重力校直该管。这说明，在进行管的这种校直时对公知的技术做了明显的改进。（例如美国专利 US4477273 公开了采用定位在管下的碳滚柱，激光源 140 和探测器 150 此时围绕那里定位。如果必要的话，碳滚柱与管的底部接合，以便使其保持笔直。）。探测器 150 也检测管 33 的直径。在直径小于理想直径的情况下，控制器 160 响应于输出 161，增加流入入口 312 的氧流的压力。在直径大于理想直径的情况下，控制器 160 响应于输出 161，降低流入入口 312 的氧流的压力。

在这两种情况下，经过管 33 的气体的纯流的方向仍然是从头架 13 流向尾架 14。

在沉积芯核和包覆材料之后，按照步骤 24（见图 2），基质管 33 坍塌，以便通过将其加热到一较高温度，在沉积过程中形成一实心芯棒。管 33 的壁在尾架端附近绞在一起，防止在坍塌的过程中水份或其它污物进入管内。在坍塌过程中，焰炬组件 130 从尾架到头架通过若干次。在每通过一次的结束时，托架 110 迅速回到尾架，开始另一循环。虽然焰炬组件 130 在其坍塌模式的操作状态下的移动方向优选与在沉积模式下相反，但其可以相同。在这种情况下，管 33 在尾架端并不完全绞在一起，以便使气体能够排出。否则会在管内发生不希望的压力构成。

对于单模预型件，坍塌过程通常以一系列在沉积时相同方向上的收缩通过开始。激光器 140 和探测器 150 跟随焰炬组件 130 定位。当管 33 的孔眼足够小时，进行一个或多个蚀刻通过，以便从内表面去掉少量材料。这些材料在前面的收缩通过过程中已经将锗耗尽，如果让其结合到最后的坍塌的棒中，会在折射指数曲线中引起一个中心下沉。C_2F_6 是与 O_2 和 Cl_2 一起使用的蚀刻剂，并且蚀刻通过还是在起初沉积的方向上进行。（这一蚀刻步骤是不能沉积之后简单地封闭管 33 的尾架端和预型件从尾到头进行坍塌的原因。）在蚀刻通过后进行若干更为收缩的通过。在尾架端将管 33 密封，然后将激光源 140 和探测器 150 转移到焰炬组件 130 的相对侧，使激光源 140 和探测器 150 仍然跟随焰炬组件 130 在从尾到头的方向上通过管一次或多次，从而完成坍塌。

在这一点上需要说明的是，从数学上讲，一个长 1 米、直径 5.2 毫米（mm）的圆筒可以被拉长形成一长度为 400 千米（km），直径为 8.2 微米的圆柱，该直径对应于单模光纤的载光区域的直径。因此，沉积的芯核直径为大约 5mm 的 1 米预型件可以用来拉出大约 400km 光纤。进一步需要说明的是，在坍塌棒上，所沉积的包覆材料的外径小于 15mm。这意味着，在沉积棒上所沉积的包覆材料的厚度小于 5mm。沉积的包覆材料的这种薄层实际不含 OH^-，它用作 OH^- 含量可能高达 0.5ppm 的基质管的一种缓冲。无论如何，本发明足以包括首次商业上

适用的采用 MCVD 工艺来制造预型件的技术，通过该技术，可以从每米预型件拉出多于大约 400 千米的光纤。

在首次坍塌模式的通过之前或在其过程中，激光源 140 和探测器 150 移动到焰炬组件 130 的相对侧。这可以手动或自动进行。激光 140 和探测器 150 需要定位在焰炬组件的管被软化的一侧，这样更易于成形。

芯棒蚀刻

步骤 25 是芯棒的蚀刻，优选用无氢等离子焰炬进行。图 4 示出一设备，用于对芯棒 20 进行等离子蚀刻，以便去除存在于棒的表面上的基本的 OH^- 离子部分。关于等离子蚀刻的详细信息可在美国专利 US5000771 中获得，该专利是 1991 年 3 月 19 日授权的，特此引为参考。下面对等离子蚀刻工艺进行简单的讨论，虽然可以理解，其它蚀刻技术也可以用来有效地从棒表面上去除 OH^-。这些其它的技术包括但不限于机械磨削和化学蚀刻。

为了迅速地从玻璃棒的外表面去除（蚀刻）硅石和硅酸盐玻璃，可以适用一种等温等离子体。通过一等温等离子焰炬，材料去除的主要机理是高温等离子体造成的蒸发，在等离子体的中心一般可以获得大于 9000° 的等级。导电火球与耐火的电绝缘表面的接触有效地向该表面传递了能量，并将表面温度提高到其上的电绝缘材料的蒸发点之上。

图 4 示出等离子体蚀刻的一设备的例子。一焰炬 40 包括一熔融硅石罩壳 41，该罩壳分别通过管 46 连接于一气体源 48 和管 45 连接于一气体源 47。气体源 47 输送将等离子体排放到罩壳 41 内并通过屏蔽 410 所需的气体。等离子火球 42 由一 RF（射频）线圈 49 和一 RF 发生器 44 激发。气体源一般用于提供一种可离子化的气体，等离子火球主要包含在焰炬的一限定区域内。通过向可离子化的排放气体添加高离子化的阈值气体，可以将大部分等离子体火球推出该限定区域。所添加的气体由气体源 48 提供，并限定在由屏蔽 410 所限定的焰炬的外部区域，在限定区域的上部形成一区域，在那里需要更高的能量，以便将 RF（射频）能量结合到气体中，从而形成一等离子体。焰炬外的火球部分一般不到 50%，因为保持一稳定的等离子体一般需要使等离子体中心保持在焰炬内，以便从 RF 源获得结合到等离子体

内的足够的能量。此外，使火球向焰炬外部延伸其体积的大约 30％至50％的操作一般比使火球向焰炬外部延伸 30％以下的操作对 RF 源的能量需求和该工艺所涉及的气流速率的要求更高。通过将等离子体中心推向焰炬出口，可以使等离子体火球很容易接触芯棒 301。进而，如果等离子体火球推得更向焰炬的外部，则这种接触更容易进行。

芯棒 301 可旋转地安装在在旋床 420 上。对于熟悉本领域的人员来说，用于安装和旋转这种棒的装置一般是公知的。均匀地旋转圆柱形芯棒，同时使等离子焰炬适当地沿棒移动，这使材料基本上在整个表面上被去除，因此，芯棒 301 保持其横截面形状。更重要的是，这种特殊的蚀刻技术能够从棒表面上去除 OH 离子。在本发明的优选实施例中选择了一条 0.25±0.15mm 的蚀刻深度。因此，一个在等离子蚀刻前直径大约为 20mm 的芯棒在蚀刻后直径大约为 19.5mm。

目前优选的气体或者为 O_2 或者为 O_2/Ar，其气体流入等离子体焰炬的速率一般在 1.0 至 100 升/分之间。RF（射频）发生器一般提供例如大约 20 至 40kW 的 3MHz 的输出能量，通过该发生器提供的等离子火球一般以 0.01 至 100cm/sec 的速度通过芯棒大约 1 米。芯棒的旋转速度一般为 0.1 至 200 转/分。这些条件可以产生的蚀刻速度一般在 0.01 克/分至超过 10 克/分之间。

通过采用较大的外包覆管可以降低整个纤维成本。优选的是，该管包括一合成硅石，这种合成硅石以其高纯度、低衰减和高拉伸强度而公知。第一外包覆管 34（见图 3）的纯度决定了它可以离芯核多近。步骤 26 表示对芯核外包覆以 OH^- 含量低于 1.0ppm 的玻璃管。在本发明的优选实施例中，第一外包覆管 34 的大致尺寸为：长度＝1 米；O.D.＝3.3mm；I.D.＝20mm。

管中棒

图 2 中的步骤 27 表示一第一玻璃管 34 坍塌在芯棒 301 上，形成一第一预型件 302，步骤 29 表示一第二玻璃管 35 坍塌在第一预型件 302 上，形成一第二预型件 303。在本发明的优选实施例中，第二外包覆管 35 的尺寸为：长度＝1 米；O.D.＝90mm；I.D.＝33mm。现在参见图 5 讨论步骤 27，该步骤与步骤 29 相似。装置 500 用于将芯棒 301 装入空心玻璃管 34，并将该管坍塌在棒上。如图 5 所示，玻璃管 34 安装成使其纵向轴线 310 垂直延伸。而且管 34 安装在万向节式卡盘 52

内，而卡盘 52 安装在一保持件 53 上，该保持件支撑在垂直的旋床架 510 的下臂 55 上，它被铰接，可以绕其基底在任何方向上枢轴运动。下卡盘 52 还提供一种与管 40 的外表面的密封。棒 301 悬挂在上卡盘 51 上，并与管对正。卡盘 51 悬挂在一上臂 56 上，上臂 56 是从旋床架 510 上伸出的悬臂梁。然后，分别建立下和上臂 55 和 56 之间的关系，并从而建立管与棒之间的关系，使得棒长的一主要部分设置在管内。

对在任何一点上棒 301 的外表面与管 34 的内表面之间的间隙进行控制。例如一个外径为 20mm 的棒可以与一内径为 21.5mm 的管一齐使用，从而获得一大约为 0.75mm 的均匀的间隙。虽然在开始时优选将棒对中在管内，但在插入后并不总是达到这一目标，棒有时在坍塌之前就接触管或者不与其同心。如果出现了预坍塌接触或不同心情况（偏心），则所制成的外包覆预型件的中心就会偏离棒的中心。无论如何，为了减小这种偏心，可以通过在旋床架 510 的基底处的允许任何方向上的枢轴运动的万向节使管子适当地移动。

一例如可以是一氧-氢焰炬的环形焰炬 520 包围着第一外包覆 34 的整个周边。随着管 34 和芯棒 301 绕其纵轴线旋转，焰炬 520 将管 34 加热到足以允许管重新定位并在焰炬停留处形成一偏移，从而使管能够与棒对中。事实上，通过在一特定位置加热管 34 使其应力释放，并能够与棒 301 对正。对于一预定的停留时间，焰炬 520 保持在管的顶端 341 或其附近，从而使其与棒 301 在此点上密封。这时，带有一通过臂 55 和保持件 53 延伸并连接于管的下端的真空设备 530 使管内的压力相对于管外的压力降低。结果，管的顶端部与棒的密封通过一种真空辅助作用得以实现。举例来说，管内的压力大约为 0.2 大气压。在停留时间后，向下移动焰炬 520，通过管的长度。当焰炬通过管 34 的长度移动时保持真空，使加热区域出现连续的管长的增长，并引起管 34 以较高的速度坍塌在棒 301 上，形成一预型件，该预型件的横截面如图 3 所示。这一工艺的更详细的细节参见 1989 年 4 月 11 日授权的美国专利 US4820322，该专利特此引为参考。也可以采用一种等离子焰炬使玻璃管坍塌在芯棒上，以便进一步减少 OH^- 污染，正如在 1996 年 11 月 26 日所授权的美国专利 US5578106 中所讨论的那样。一

般不必从外包覆管的外表面上去除在外包覆工艺过程中形成的污物，因为它们离芯核足够远。

现在简要地参见图 3 来说明按照本发明的一大预型件的实际尺寸：1 米（长）；90mm（第二预型件 303 的外径）；32mm（第一预型件 302 的外径）；19.5mm（芯棒 301 的外径）；13mm（沉积的包覆的外径）；7mm（沉积的芯核 31 的直径）。一具有这种尺寸的预型件适合于拉出大约 520km 单模光纤。

虽然前面已经示出并描述了不同的特定实施例，但应理解，在本发明的范围内可以作出各种改进。

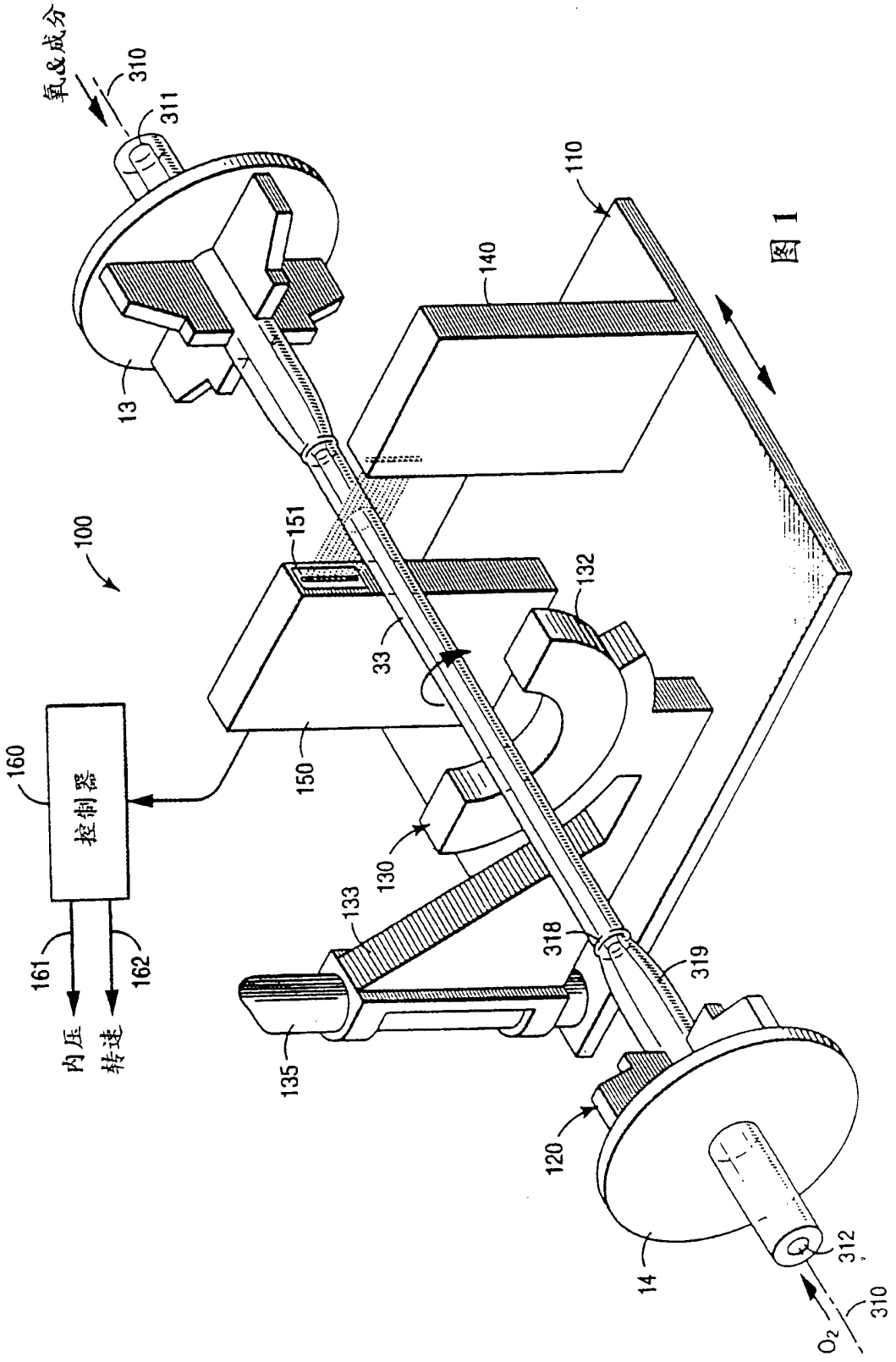

氧&成分
310
311
110
140
13
100
151
132
33
160
控制器
150
130
133
318
319
161
162
内压
转速
135
120
14
312
310
O_2

图 1

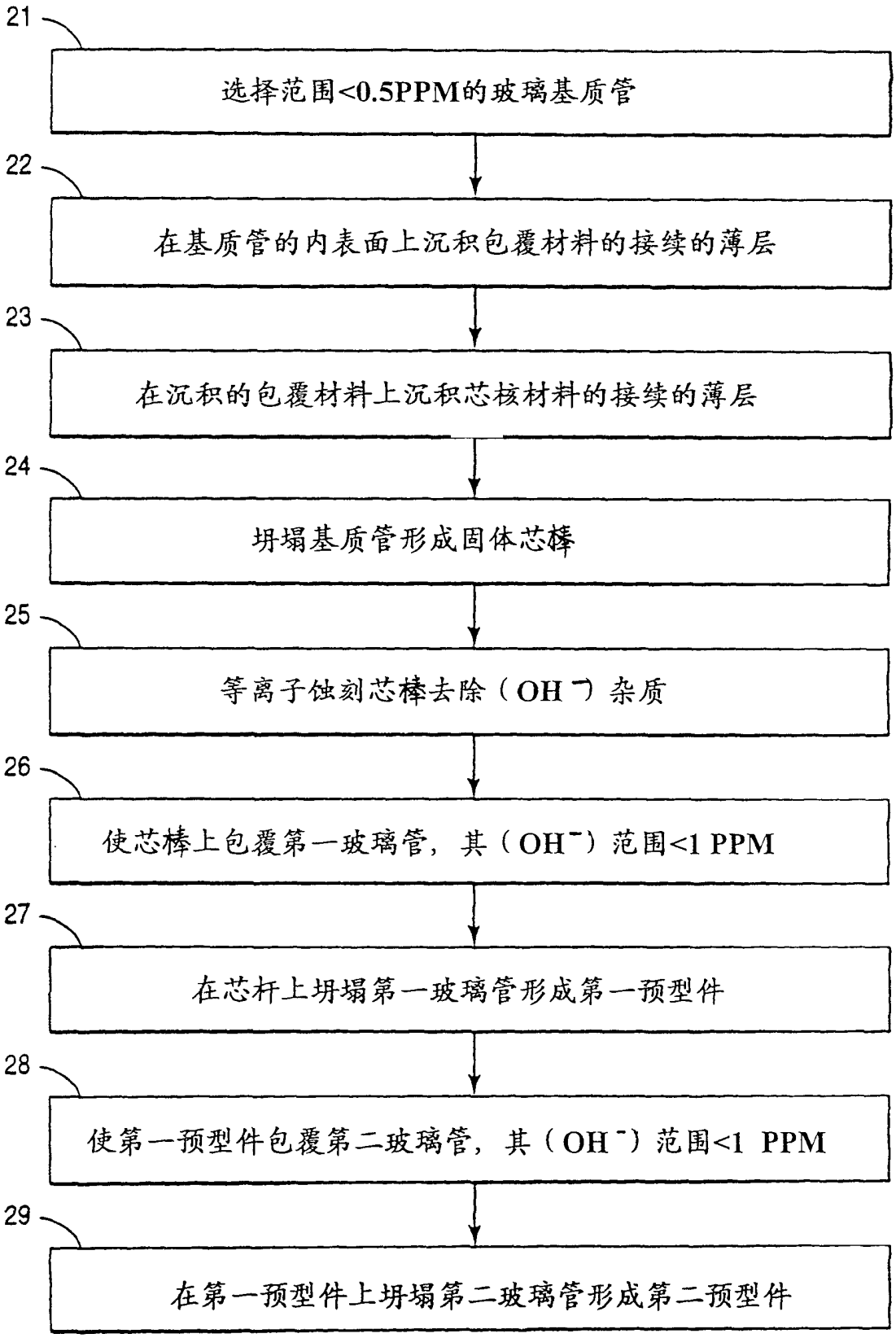

21
选择范围<0.5PPM的玻璃基质管
22
在基质管的内表面上沉积包覆材料的接续的薄层
23
在沉积的包覆材料上沉积芯核材料的接续的薄层
24
坍塌基质管形成固体芯棒
25
等离子蚀刻芯棒去除（OH⁻）杂质
26
使芯棒上包覆第一玻璃管，其（OH⁻）范围<1 PPM
27
在芯杆上坍塌第一玻璃管形成第一预型件
28
使第一预型件包覆第二玻璃管，其（OH⁻）范围<1 PPM
29
在第一预型件上坍塌第二玻璃管形成第二预型件

图 2

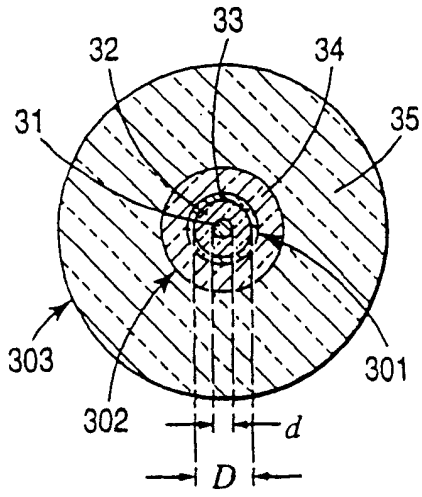

33
32
34
31
35
303
301
302
d
D

图 3

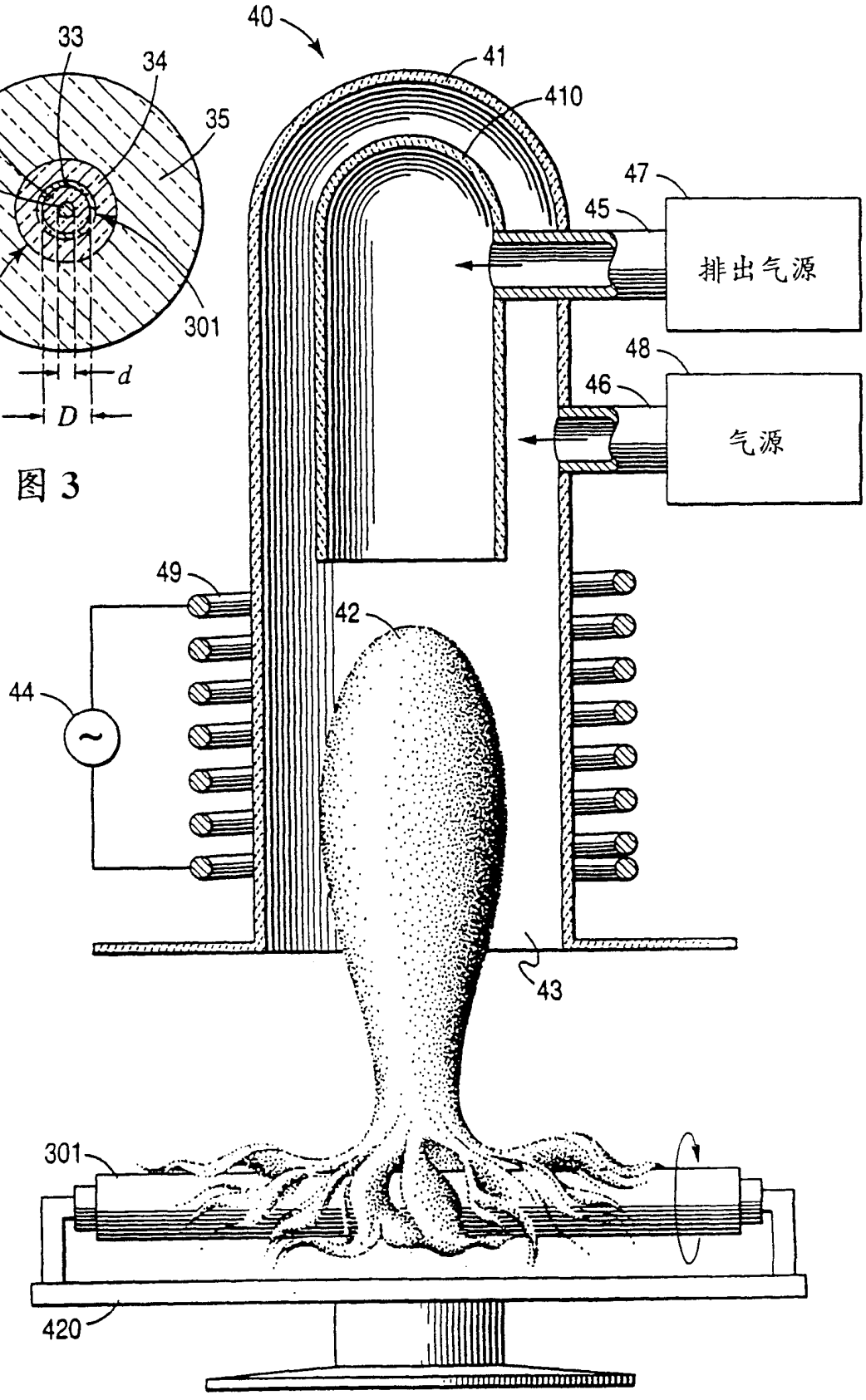

40
41
410
47
45
排出气源
48
46
气源
49
42
44
43
301
420

图 4

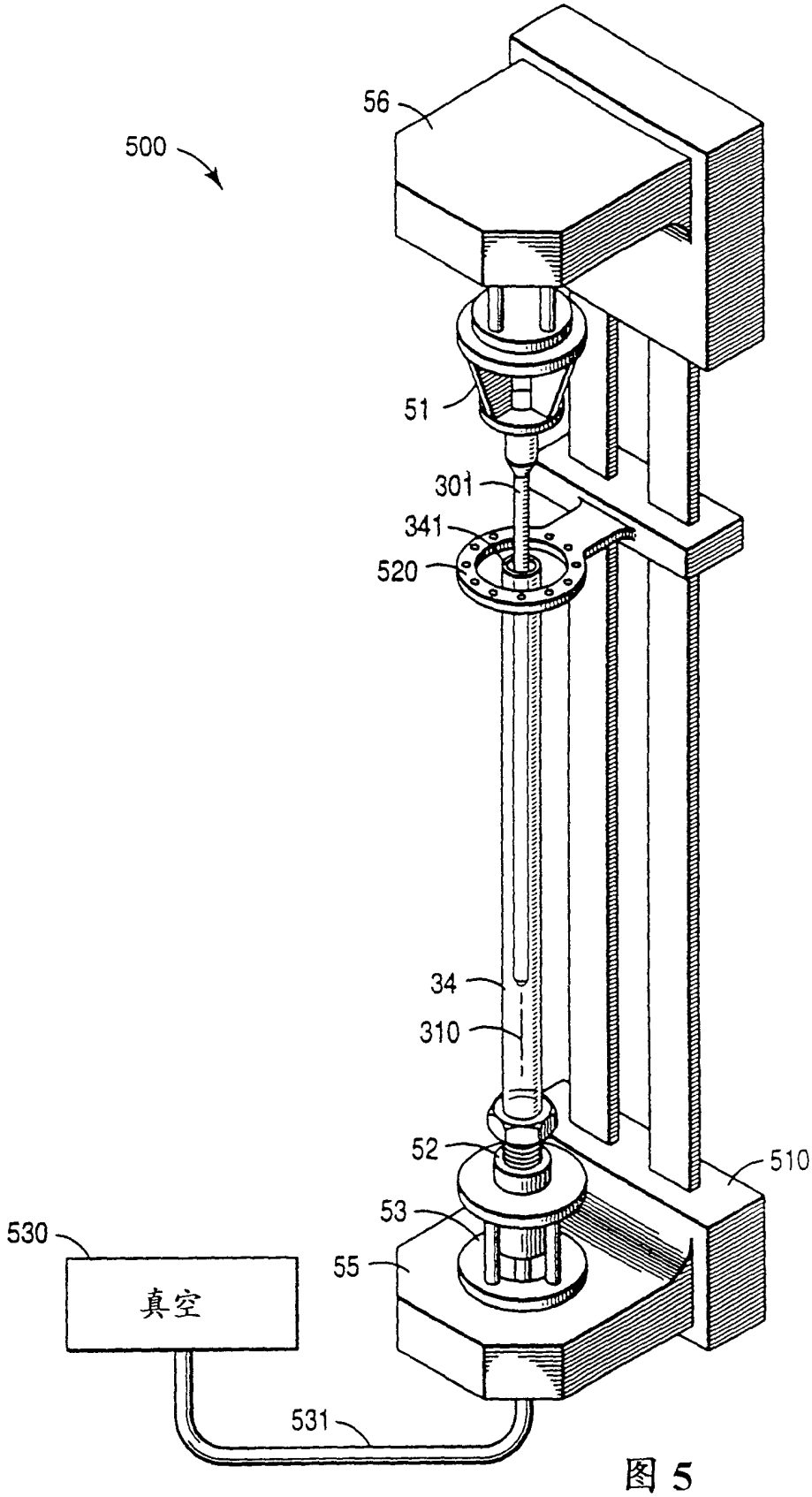


图 5