

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/16

C03C 25/62



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02825629.8

[43] 公开日 2005 年 4 月 13 日

[11] 公开号 CN 1606708A

[22] 申请日 2002.11.7 [21] 申请号 02825629.8

[30] 优先权

[32] 2001.12.20 [33] US [31] 10/028,838

[86] 国际申请 PCT/US2002/035826 2002.11.7

[87] 国际公布 WO2003/054600 英 2003.7.3

[85] 进入国家阶段日期 2004.6.21

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 J·B·卡彭特 J·P·斯蒂德曼

J·R·白兰德 G·维甘德

N·A·斯塔西 A·W·加蒂卡

D·E·艾尔德

J·F·布里南三世

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

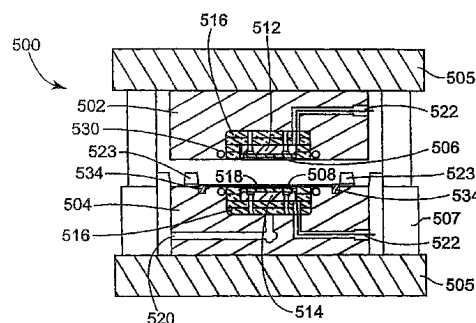
代理人 李家麟

权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 9 页

[54] 发明名称 用于光纤的选择性感光作用的设备

[57] 摘要

一种用于仅将一定长度的光纤的一个经选择的部分暴露到一个氢气气氛的掺氢过程的设备，该设备包括一个至少包封光纤的经选择的部分并且保持氢气气氛的掺氢腔。至少一个加热元件局部加热包围经选择的部分的氢气气氛。该加热元件可将氢气气氛加热到至少 250℃ 的温度。



1. 一种用于仅将一定长度的光纤的一个经选择的部分暴露到一个氢气氛的掺氢过程的设备，该设备包括：
 - (a) 一个至少包封光纤的经选择的部分并且保持氢气氛的掺氢腔；和
 - (b) 至少一个局部加热包围经选择的部分的氢气氛的加热元件。
2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，其中加热元件将氢气氛加热到至少 250℃ 的温度。
3. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，其中掺氢腔是一个能保持一个加压气氛的压力腔。
4. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于，其中该腔被设计成保持直至 3000 psi 的压力。
5. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，其中掺氢腔仅包封连续长度的光纤的经选择的部分。
6. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，其中掺氢腔包括一个仅同轴包围光纤的经选择的部分的第一管。
7. 如权利要求 6 所述的设备，还包括位于第一管两端的气体密封件，该气体密封件保持氢气氛同时允许该长度的光纤通过。
8. 如权利要求 6 所述的设备，还包括附接到光纤的经选择部分的端部的气体密封件。
9. 如权利要求 6 所述的设备，还包括附接到第一管端部的冷却管，其中冷却管限定冷却区域并且包括将冷却区域和掺氢区域分开的密封件。
10. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，其中掺氢腔包括一个包封全部长度的光纤的容器，其中加热部件的位置相邻于光纤的经选择的部分。
11. 如权利要求 10 所述的设备，还包括一个卷轴到卷轴的配置，其中该长度光纤的端部卷绕在侧向分隔的卷轴上，该经选择的部分悬挂在中间。
12. 如权利要求 10 所述的设备，其特征在于，其中该容器是一个能保持高压气氛的钟状压力容器。
13. 如权利要求 1 所述的设备包括一个第一和一个第二夹持容器块，该容器块具有当该容器块被夹持在一起时限定掺氢腔的贮器。
14. 如权利要求 1 所述的设备，还包括冷却光纤的相邻于经选择的的部分的部分

的冷却区域。

15. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括一个冷却区域和一个将光纤从掺氢腔移到冷却区域的机构。

16. 如权利要求 15 所述的设备, 其特征在于, 其中该机构包括一个可移动的磁铁和一个附着到光纤上的磁性体。

17. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括一个冷却区域和一个调节该冷却区域的温度的冷却装置。

18. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括一个能在将氢气氛引进掺氢腔之前加热氢气氛的预加热腔。

19. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于, 其中加热元件包括一个能在将氢气氛引进掺氢腔之前加热氢气氛的预加热腔。

20. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于, 其中加热元件包括一个在掺氢腔内的可控制的加热器, 其中加热元件被置于相邻于光纤的经选择的部分的位置。

21. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括能在掺氢腔中注入和排放氢气氛的气体进口和排放线。

22. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于, 其中至少一个适合于帮助保持掺氢腔中的氢气氛的压力密封件被实体性地附着到光纤上。

23. 如权利要求 22 所述的设备, 其特征在于, 其中压力密封件包括一种可固化的弹性体。

24. 如权利要求 22 所述的设备, 其特征在于, 其中至少一个压力密封件位于光纤的经选择部分和非经选择部分之间的一个分界线上。

25. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括至少一个可重新密闭的密封件, 当掺氢腔中保持氢气氛时, 该密封件和光纤相接触。

26. 如权利要求 25 所述的设备, 其特征在于, 其中该至少一个可重新密闭的密封件位于光纤的经选择部分和非经选择部分之间的一个分界线上。

27. 如权利要求 25 所述的设备, 其特征在于, 其中该至少一个可重新密闭的密封件包括一种弹性体的弹簧夹头。

28. 一种用于在光纤上制造光栅的在线设备, 该设备包括一种使光纤具有感光性的设备, 用于选择性地仅将光纤的经选择的部分暴露到氢气氛的掺氢工艺, 该设备包括:

(a) 一个至少包封光纤的经选择的部分并且保持高温氢气氛的掺氢腔；和
(b) 一个将包围经选择的部分的氢气氛局部加热到至少 250℃的加热区域。

29. 如权利要求 28 所述的设备，还包括一个用于在掺氢完成以后将光纤的经选择部分向前移出掺氢腔的机构。

30. 如权利要求 29 所述的设备，其特征在于，其中向前移动的机构允许在经选择的部分的掺氢完成以后将光纤的一个第二经选择部分向前移进掺氢腔。

用于光纤的选择性感光作用的设备

发明背景

本发明涉及用于选择性地增强光纤的经选择的部分的感光性的设备和方法。更具体地说，本发明包括一种用于快速将氢或氘扩散进二氧化硅玻璃以增强该玻璃材料，具体地说是增强光纤的感光性的设备。在一个具体实施例中，本发明的设备被应用在一个制造布拉格光栅的在线系统中。

光纤和光纤设备广泛用于信号传输和处理的各种用途。以光纤为基础的设备是目前不断发展的高容量光学通讯基础设施中的极其重要的元件。很多这样的设备依赖于光纤布拉格光栅（FBG）进行光的传播。FBG 是在波导的光引导区域中折射率沿其长度有周期性，非周期性或拟周期性变化的光纤。在光纤中产生这种折射率扰动的能力是制造 FBG，进而制造许多光学元件(诸如光学传感器)波长选择光纤以及色散补偿器所必须的。

光栅通常通过感光性的现象被写入光纤。感光性被定义为玻璃的折射率随玻璃结构的光化辐射诱导的改变而发生变化的效应。术语“光化辐射”包括可见光，UV，IR 辐射以及在玻璃中诱导折射率变化的其他形式的辐射。当用同样传播的辐射剂量在其中诱导出更大的折射率变化时，该特定的玻璃就被认为比其他的玻璃更有感光性。

玻璃的感光性水平确定了在玻璃中怎样大的折射率变化可被诱导出来，以及因此而对可以被实际制造出来的光栅设备作出限制。感光性也影响了在玻璃中用给定的辐射强度可以诱导出所需要的折射率变化的速度。通过提高玻璃的感光性，可以在玻璃中以更快的速度诱导更大的折射率扰动。

作为高品质光纤的主要成分的二氧化硅基玻璃的固有感光性不是很高。通常用标准的掺锗光纤只可能有约 10^{-5} 的折射率变化。

但是，已经观察到，通过在用光化辐射照射玻璃前对玻璃掺以分子氢可以明显提高玻璃的感光性。在一定的温度和压力下将掺 Ge 二氧化硅光纤暴露于氢或氘的气氛下可使光纤具有感光性。在经氢处理的二氧化硅光纤中已经显示出 10^{-2} 那样大的折射率变化。

先前的参考材料都强调了对于进行这样的掺氢处理的温度的上限。例如，

美国专利 5235659 和 5287427 讨论了用于将波导的至少一部分在最大 250℃ 的温度下暴露于 H₂ 的方法（部分压力大于 1 大气压（14.7psi）），这样照射可以导致至少 10⁻⁵ 的标准化的折射率变化。作为上述 5235659 专利的部分继续的美国专利 5500031 叙述了在 14-11000psi 范围内的压力以及在 21℃ 到 150℃ 范围内的温度下将玻璃暴露到氢或氘的方法。在这些参考材料中的参数对于向光纤掺氢或许是典型的。

5500031, 5235659 以及 5287427 专利的参考材料指出了对于温度超过 250℃ 或甚至是超过 150℃ 的掺氢方法的问题。在披露的内容中 5235659 专利指出，不谈更高的温度，在高温下“通常的聚合物光纤涂层将被破坏或严重损坏”（第 1 栏，第 51-54 行）。该专利还强调这样的事实，“先有技术的高温灵敏化处理经常要增加光纤的光学损耗和/或可能削弱光纤”（第 1 栏，第 54-56 行）。最后，5235659 专利通过叙述指出其本身和先有技术的不同在于，高温处理包括了“不同于”低温处理包括的“物理机制”。例如，美国专利 5235659 明确地指出应该用“最高 250℃”的温度。

已经观察到，在更高的温度下，在正常环境下保护玻璃免受有害的化学反应的聚合物涂层（通常是丙烯酸酯）将被降解或氧化（燃烧）。已经降解或氧化并失去其保护价值的涂层必须被去除和更换，这是一个困难和昂贵的过程。没有涂覆的光纤易碎，在处理时需特别小心。

当前通过工业生产写入的大部分光栅包括约 5cm（2 英寸或更小）的光纤长度，取决于被写入的光栅的类型。通常，已经被指出的是，将全部长度的光纤放入一个含有在一定温度和压力下的氢或氘气氛的容器中。光栅制造工艺通常具有这样的第一过程，将光纤卷轴放入含氢或氘的容器中，将该容器放入炉子中，使全部光纤涂覆上聚合物的涂层。

为了用常规的氢化方法（约 1ppm）在光纤中达到需要的氢化水平，通常将光纤暴露到氢气气氛中几天，有些情况下要暴露几星期。示范的暴露作为典型的报告有 600 小时（25 天），21℃，738atm 或 13 天，21℃，208atm。很明显，这样长的暴露延长了制造依赖于感光玻璃的光学设备需要的时间。因为传统光纤氢化所需要的长持续时间，在高产量生产环境下就需要几个压力容器以增加产量和避免时间的闲置。这些容器的安全安装代价高昂并产生严重的不测事件的潜在问题，尤其是包括多个带有分离的控制阀和气体提供气罐时更是这样。虽然安装多个容器可提高产量，氢化过程还是妨碍了光栅制

造的时间周期，因此新产品以及特殊产品的开发时间可能受到严重损害。

一旦该长度的光纤被掺以氢，涂层要被从光栅将被写入的区域剥离（机械的，化学的或其他的手段）。然后技术人员用光化辐射源个别地写每个光栅。然后光纤通过再次加热而被退火以降低光栅的降解曲线。然后光纤被剥离的部分被重新涂覆。

传统的布拉格光栅的制造过程既慢又不能使其大量生产。传统的掺氢技术需要使全部长度的光纤经受掺氢和加热的周期。需要暴露全部光纤可能在光纤上导致光学效应，并限制了可以被使用的诸如光纤涂层的材料。在高温下掺氢的一个负面效应是可能增加光纤的光学损耗特性。而且高温加热周期可能恶化光纤的涂层。

因此，一直存在着对于工艺的需要且对于实现经得起更高速度的批量制造的考验和减少对光学媒介有害影响的机器设备的需要。

发明概述

本发明致力于用于选择性地只将光纤的经选择的部分暴露于氢气氛的掺氢工艺的设备和方法。该设备包括一个掺氢腔，该掺氢腔至少将光纤的被选择部分包封在内并包含氢气的气氛。掺氢腔包括一个加热元件，该加热元件局部地加热包围经选择的部分的氢气氛。在高温实施例中，加热元件将氢气氛加热到至少 250℃ 的温度。此外，掺氢腔可以是一个压力腔，该压力腔能保持一个经加压的气氛。在一个具体实施例中，掺氢腔被设计成能保持直至 3000psi 的压力。

经选择的部分可以是连续长度的光纤的一个中间部分，掺氢腔仅将连续光纤的经选择的部分包封在内。

在一个示范的实施例中，掺氢腔包括一个管状容器，该管状容器仅将光纤的经选择的部分同轴地包围在内。位于管状容器两端的气体密封件保持管内的氢气氛，同时允许连续长度的光纤通过。气体密封件也可以附接到光纤的经选择部分的端部，因此当光纤就位时管状容器被密封。在另一个实施例中，掺氢腔包括一个包封全部光纤的容器。该容器可以还包括一个卷轴到卷轴的配置，其中连续长度的光纤的端部被绕在侧向隔开的卷轴上，经选择的部分被悬挂在中间。在光纤被保持在卷轴到卷轴的配置的地方，加热区域可以位于光纤的中间部分。

在另一个实施例中，设备包括一个第一和一个第二夹持容器块。该容器块具有当容器块被夹在一起时限定掺氢腔的贮器。光纤位于容器块之间，容器块在将被掺氢的光纤的经选择的部分周围关闭。弹性体的可重新密闭的密封件可被用于夹住经选择部分的两端并且保持气体气氛。或者，至少一个适合于帮助在掺氢腔中保持气体气氛的压力密封件可被实体性地附着到光纤上。

弹性体可以是一种可固化弹性体。压力密封件可以位于光纤的经选择部分和非经选择部分之间的边界线上，和/或在冷却区域的两端。

气体进口以及排气线可以在掺氢腔中注入以及排放氢气氛。预加热腔可以被用来在氢气氛被引入掺氢腔之前加热氢气氛。

具体的实施例包括沿相邻于光纤的经选择部分的部分冷却或散热的冷却区域。一个冷却装置可以调节冷却区域的温度。在一个实施例中，冷却管被附接到掺氢腔管的两端。冷却管可以包括将冷却区域和掺氢腔分开的密封件。一个实施例还包括一个使光纤从掺氢腔移动到冷却区域的机构。在一个具体的实施例中，该机构包括一个可移动的磁铁以及一个附接到光纤上的磁性体。

根据本发明的用于提高光纤的经选择部分的感光性的方法包括至少将光纤的经选择的部分置于含氢气氛中的步骤。本说明书中的术语氢气氛意图包括各种气氛，这些气氛包括 H_2 ， D_2 ，氘，或诸如 HD 的结合氢的这些同位素的分子。大量的直接仅包围光纤的经选择部分的含氢气氛被加热到至少 250°C 的温度。光纤的经选择的部分被暴露到经加热的至少 250°C 温度的大量含氢气氛中一个预先确定的时间。

在该工艺的一个具体实施例中，只有光纤的经选择的部分被置于含氢气氛中。压力密封件可以位于光纤的经选择的部分和非经选择的部分之间的分界线上。压力密封件甚至可以实体附接到光纤上以帮助在掺氢腔中保持气体气氛。在一个具体实施例中，密封件是可重新密闭的密封件，包括一种弹性体的弹簧夹头。

光纤的相邻部分的温度可以通过散热或通过积极的冷却受到控制。

暴露步骤以后，该方法可还包括迅速改变包围在暴露步骤以后的经选择部分的气氛的步骤。这可以通过从掺氢腔排放含氢气氛，或通过从掺氢腔实体移去该经选择部分而实现。

该方法可还包括在预先确定的时间以后迅速冷却光纤的经选择的部分的

步骤。这可以通过例如用冷却的惰性气体代替氢气氛，或通过将经选择部分从掺氢腔实体移进冷却腔实现。

附图简述

图 1 是根据本发明的掺氢设备的第一实施例的侧立视图。

图 2 是根据本发明的掺氢设备的第二实施例的侧立视图。

图 3 是图 1 或 2 描绘的掺氢设备的实施例的冷却剂循环系统的示意图。

图 4 是根据本发明的掺氢设备的第三实施例的侧剖面立视图。

图 5 是根据本发明的掺氢设备的第四实施例的纵向剖面图。

图 6 是图 5 描绘的掺氢设备的加热器块和光纤的平面剖面详图。

图 7 是根据本发明的掺氢设备的第五实施例在打开位置的剖面立视图。

图 8 是图 7 描绘的设备在关闭位置的剖面立视图。

图 9 是图 7 描绘的设备的掺氢腔的详细剖面立视图。

图 10 是图 9 描绘的掺氢腔的端部的剖面立视图。

图 11 是图 7 描绘的掺氢设备的夹持机构的第一实施例的剖面立视图。

图 12 是图 7 描绘的容器的夹持机构的第二实施例的剖面立视图。

图 13 是图 7 描绘的掺氢设备的下容器块的平面顶视图。

图 14 是图 7 描绘的容器的夹持/密封机构的第三实施例的剖面立视图。

图 15 是根据本发明的掺氢设备的第六实施例的侧剖面图。

图 16 是图 15 描绘的设备在关闭位置的侧剖面图。

图 17 是图 15 描绘的弹簧夹头的端视和剖面端视图。

图 18 是提高根据本发明的光纤的感光性的方法的顺序步骤的图示说明。

发明的详细描述

题为“Accelerated Method for Increasing the Photosensitivity of a Glassy Material”，申请于 2000 年 7 月 14 日的共同待批共同转让的美国专利申请 09/960174 叙述了一种在高温环境下向光学媒介掺氢的加速方法，该专利通过引用被结合在本文中。该应用讨论了在氢环境下光纤被暴露的温度将怎样影响包括在氢分子扩散进光纤的时间。通常，温度越高，氢扩散进玻璃材料（例如光纤）的速率越快。

和相似的光纤比较，在优化的条件下，在 60℃ 温度、3 天的情况下掺氢

的典型的光栅品质光纤导致 1×10^{-3} 的折射率变化。在相似的优化条件下，在高温 260°C 、10 分钟下掺氢的同样的光纤显示出 4×10^{-4} 的折射率变化。

但是，在高温下加热全部光纤会有影响光纤的（特别对于具有提升温度时易受损坏的涂层的纤维）物理完整和纤维的光学性能的潜在问题。而且，加热全部纤维也对于纤维处理和温度的提升控制提出了挑战。

本发明仅将氢或氘掺入纤维的光栅将要写入的以及需要更高的感光性的特定部分。在具体的实施例中，掺氢在高温（ $>250^\circ\text{C}$ ）和/或高压下进行，高温和高压加速了掺氢的过程，并允许设备用作在线工艺线中的一级。

纤维的其余部分不加热。纤维的相邻部分甚至可以附接到散热器或散热槽或被冷却以保持一个更冷的温度。这对涂层在高温下会降解的纤维特别有用。

图 1 和 2 说明了选择性掺氢容器的第一实施例 100 和第二实施例 200。选择性掺氢容器包括下列元件：1) 一个受控压力和温度腔，该腔能经受高温（ $>250^\circ\text{C}$ ）和高压，经选择的特定长度的纤维可在此掺以氢或氘；2) 用于容纳高压气体（例如几百大气压的氢气或氘气）的完整结构体；3) 用于引入和排放高压气体的输入和输出口；4) 和用于安全地向容器安装和从容器拆卸纤维的机构。如下文所述，在这些实施例中相似的元件通常用相同的后两位数字表示。

容器 100 和 200 都对称，每个都包括一个中心加热管或有两个第一端和一个第二端的掺氢腔 102 和 202。在所述实施例中，两个管状容器都由标准的高压气体提供管构成。这样的管件都可购买到并由不锈钢 316 制成。

加热管 102 和 202 分别由加热器块 110 和 210 包围。具体的加热器块 110 和 210 由铝或其他传热材料制成。加热器块 110 和 210 被设计成夹在大或小直径的加热管容器 102 和 202 的中心部分的外径上。加热器块 110 和 210 容纳多个电加热器筒 112 和 212，这些加热器通过可编程逻辑控制系统 114 和 214 控制，诸如由 Watlow, of St. Louis, Missouri 设计和制造的自动调整功率控制系统。替代的实施例可包括其他类型的电加热器，箔加热器，热油加热器，感应加热器或其他类型的加热器。

加热器块 110 和 210 可被制成两半，被夹在管上，或被制成夹在管的外直径上的单槽筒夹的结构。在另一个实施例中，加热器块 110 和 210 包括一个穿过加热管周围的同心的套筒。接热块 110 和 210 的长度约 5cm（~2 英寸），

大致为当前被写入的最大的“短”光栅的尺寸，但也可以是任何需要的尺寸。

必须注意，在本掺氢容器 100 和 200 中，分别为 140 和 240 的被掺氢的光纤为一个该段光纤两端之间的连续的长度，被掺氢的全长的中间部分位于掺氢腔 102 和 202 内部。

在某些实施例中，位于高温掺氢区域的两侧的光纤的相邻长度被保持足够冷以防止从掺氢腔传导或辐射的热能降解相邻的涂层。图 1 和 2 所示的实施例分别包括任选的冷却管或冷却腔 104 和 204。冷却管 104 和 204 被连接到各自的中心加热管 102 和 202 的两端的每一端。

在图 1 所示的实施例中，未被掺氢的该长度的光纤不置于高温氢气氛中，而是被一个低温气氛包围。在替代的实施例中，气体密封件可区分掺氢腔和冷却腔。可以将诸如氮气之类的可被冷却的惰性气体注入冷却管，以防止有机聚合物涂层燃烧。

容器 100 和 200 基本相似，其差异为加热管和冷却管的直径。容器 100 有小直径的加热管 102 和大直径的冷却管 104。容器 200 有大直径的加热管 202 和小直径的冷却管 204。

加热管 102 和 202 分别通过连接器附件 106 和 206 连接到冷却管 104 和 204。连接器附件 106 和 206 都可购买到，并且也用 316 不锈钢制成。整个容器 100 的长度约为 107cm (~42 英寸)。之所以选该长度是因为传统的光栅被写在 1 米长的光纤上。替代的实施例可以做得更长或更短，这取决于所需要的暴露区域，所需要光栅的类型以及被使用的光纤。

封闭附件 108 和 208 被置于冷却管 104 和 204 的外端。或者，封闭附件也可以置于加热管 102 和 202 的端部。封闭附件之一包括气体进口 120 和 220，用于将掺氢气体引入容器。另一封闭附件包括气体排气或出口 122 和 222，用于排放掺氢气体。封闭附件 108 和 208 被连接到受控针阀以允许氢气和惰性气体引入容器和从容器的排气端排出。通向任何这样的系统的管线也可以包括高压喷气碟（作为安全装置），其被设置成高于操作时所需最高压力 10% 到 20%。

掺氢过程由用氮气 3 到 5 次清洗容器，然后引入高压氢气 (~2000psi) 构成。容器可以安装由 PLC 系统控制的电磁阀，用于自动的气体传输和排放。

虽然不是在所有的实施例中必须这样，但本示范的实施例 100 和 200 可以分别包括冷却块 130 和 230。冷却块 130 和 230 位于管状容器的加热部分和

容器的端部之间，在容器的加热部分的两侧。冷却块的确切的长度和精确的位置可以变化以适合于工艺过程。冷却块 130 和 230 用铝或其他热传导材料制成并被设计成夹在冷却管 104 和 204 的外部的外径上。夹持机构的设计相似于用于加热器块 112 和 212 的设计。冷却块 130 和 230 可有助于在线生产的应用，在这样的应用中加热循环频繁重复，残余的热量将提高全部容器的温度。

冷却块 130 和 230 包含一系列孔或通道 132 和 232，使冷却液被泵压而通过这些通道。液体压力和温度可通过可编程逻辑控制系统 114 和 214 控制。冷却块 130 和 230 为同心的套筒或块，夹在或滑在氢容器冷却腔 104 和 204 上。在替代的实施例，冷却块可以做成两半并夹在管 104 和 204 上，或做成夹在冷却管的外直径上的单槽筒夹的结构。在本实施例中，每个冷却块 130 和 230 的长度为 7.6cm (~3 英寸)，但只要能防止光纤涂层燃烧或降解，也能是不同的长度。

为了最大限度地减小光纤的选择性掺氢部分外面的光纤涂层的损坏，图 3 显示了在加热区域附近产生冷却区域的常规的配件。示范图将参考图 1 显示的本发明的第一实施例而显示，但同样的原理可方便地应用到本文揭示的任何实施例。光纤节段 140 (未显示) 被封闭在包括冷却管 104 之间的中心加热管 102 的管中。氢气被引入装有光纤的管中并且冷却管 104 的外端用封闭附件 108 密封。加热器块 110 被夹在加热管 102 周围以形成加热区域。沿管在加热器块的每侧附接一个在其块体内封闭一个或多的冷却液体通道 132 的冷却块 130。冷却液体通道 132 可通过外部管道设备连接到商业水冷却器或其他液体冷却装置 145。一种示范的冷却液体再循环系统是 Polyscience5005 型的微型冷却器，该冷却器是一种商业可购买的全能系统，该系统能在 -5°C 到 +50°C 之间的可编程温度设定范围内将温度调整到 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 的精度。冷却器的冷却液出口 146 最好连接到最靠近加热器块 110 的冷却液通道 132 的终端。冷却液通道 132 的另一端连接到冷却器 145 的热液体进口 147。这样的安排使最冷的冷却液流到最靠近加热器块的地方。这样就在加热器块和冷却块之间沿封闭将被掺氢的光纤的管 104/102 产生陡峭的温度梯度。该陡峭的温度梯度有利于保护光纤掺氢区域外的涂层。可编程逻辑控制器 114 能通过控制加热器块 110 的温度，冷却块中通过冷却器的冷却液的温度和压力，以及通过加阀的端盖 108 的氢气和清洗气体的输入和排放协调全部掺氢过程。

容器 100 和 200 允许一个长度的光纤 140 和 240 插入冷却和加热管，同时提供额外的空间以移动已经在管状容器内的光纤 140 和 240。在该实施例中，不长于容器长度的光纤维段通过移去位于管状容器端部的一个附件被插入和从容器移去，这样光纤或多个光纤被允许插入该容器或从容器取出。

和目标光纤长度（例如 90cm）比较，管状容器的额外长度（例如 105cm）使光纤被移进管的热影响区域中一个大于管的加热长度的距离（在该情况下为 5cm），在光纤内提供一个从热到冷的快速温度迁移。从加热区域到冷却区域的迅速迁移减慢了当掺氢气体压力被释放时氢向光纤外的扩散。

各种变化的机构可被实施来实现该运动。在图 1 所示的实施例中，诸如一个磁铁或铁圈的磁体 116 被附接到光纤 140 的一个部分。通过沿管的外面在管的轴向转移有充分磁力的磁铁 118 而在管内移动光纤。另一种方法包括将一个配重 216 附接到光纤的端部并且倾斜该管，这将使配重以及附接的光纤因为重力而移向管的低端。

下文是对可利用来用容器 100 将氢掺入光纤的示范过程的叙述。本叙述中的术语氢气氛意图包括 H_2 ， D_2 ，氚，或诸如结合这些氢同位素的 HD 分子的气氛。第一过程包括将光纤 140 插入（穿过无夹持管）容器 100 以及密封容器 100 的步骤。通过气体进口 120 引入和通过气体排出口 122 排放的氮气的几个循环对容器 100 进行清洗保证环境空气从容器 100 抽空。氢在诸如在 1000psi 和 2000+psi 之间的示范高压下引入。

最好在完全的压力达到以后，加热器块再被通电。可编程逻辑控制系统 114 通过控制加热器块而控制腔中的温度。在相当多的热量可能转移到光纤的其他部分的情况中，冷却块 130 也可以通电。

对于高温掺氢过程，在一个示范的过程中，光纤 140 的将要掺氢的部分在插入容器 100 之前先剥去其涂层。在另一个实施例中，光纤包括一个适合于抵抗掺氢温度的抗高温可渗透氢的涂层。

在另一个替代的方法中，涂层可经过选择，这样它在掺氢高温下或低于该温度下解聚为气体产物。为了避免氧化/燃烧过程，氢气氛最好经过选择而使其不包括氧。结果的气体排放到含有经加热的氢的腔体外。这使掺氢和涂层剥离在一个步骤中进行。有关解聚涂层的还的细节可在题为“Process for Preparation of Optical Fiber Device Using Optical Fibers with Thermally Removable Coatings”的共同转让的美国专利 5939136 和题为“Radiation Curable

Coating Composition and Coated Optical Fiber”的共同转让的美国专利 5596669 中找到，该两个专利通过引用被结合在本文中。

当氢气氛达到需要的温度时，一个定时器被启动以跟踪光纤 140 被暴露于加热的氢气氛的时间。通过引用而结合在本文中的共同转让的美国专利 6311524 叙述了高速，高温掺氢的暴露和温度设定。美国专利 5235659 和 5287427 提供了其他掺氢参数的实例。

达到需要的暴露时间以后，加热器块被断电。取决于诸如掺氢要求或光纤的涂层的热敏感度光纤可以被立即移到冷却管 104。氢气压可以被释放，使氮气或其他惰性气体进入容器 100 中。容器 100 被打开，光纤 140 被取出。

接着可通过将经选择的部分曝光到形成图形的光化辐射下而写入光栅。然后该经选择的部分被退火。如果用经涂覆的光纤，随着分段的掺氢，只有光栅被写入的同一个部分的经掺氢的部分将需要重新涂覆。随着分段的掺氢，不需要如整体掺氢的光纤那样的将氢烘烤除去，因为退火的过程步骤将氢从掺氢的区域去除。

在根据本发明的方法中，上述步骤可以在一个在线工艺步骤中进行。光纤可以悬挂在一个卷轴到卷轴的配件中穿过任选的涂层去除站，掺氢站，光栅写入站，退火站和任选的重新涂覆站。

第二示范过程与此相似，但在一点上不同。该方法再次包括将光纤 140 插入容器 100 的步骤以及密封容器 100 的步骤。使几个循环的氮气通过容器，保证环境空气从容器 100 中清除。加热器块 110（如果需要还有冷却块 130）被通电以达到所需要的温度。在氮气氛达到需要的温度以后，氮气由以诸如 1000psi 和 2000+psi 之间的高压引入的氢气替换。因为被通入的氢的质量相对于容器的质量非常小，氢将很快地达到需要的温度。

在另一个第三示范过程中，在被引入“管”型容器之前，氢在一个第二压力容器中被预先加热。该预先加热腔甚至可以用于在氢气氛被引入一个没有加热元件的掺氢腔之前加热该氢气氛。氢可被预先加热到相同的需要温度以处理任何“加热滞后”问题。或者，氢可以被预先加热到一个较低的温度（以减少加热时间，当需要的温度较高时易于处理），或甚至预先加热到一个较高的温度以补偿插入光纤时预期的热损耗。

当达到需要的压力和/或温度时，定时器跟踪光纤 140 暴露到氢气氛的时间。该预先确定的时间达到以后，加热器块断电。如果需要，光纤 140 可再

次立即移到冷却管 104。甚至在光纤 140 被移到其新的位置的同时，氢的压力可被释放，使氮或其他惰性气氛进入容器 100 替代和清楚遗留的氢气。清洗之后，容器 100 被打开，光纤 140 被取出。在替代的工艺流程中，如果安全和设备允许，在掺氢过程终结以后光纤甚至可以立即取出（例如对于由低温和小量氢气的应用场合）。

图 4 是卷筒到卷筒的生产组件 300 的示意图。生产掺氢组件 300 包括一个由和容器 100 和 200 相似特征的中间掺氢容器 301。组件 300 还包括一个光纤展开卷轴 354 和一个光纤卷绕卷轴 352。每个卷筒都包括一个卷轴，分别是展开卷轴和卷绕卷轴。卷绕卷轴或两个卷轴的转动由卷轴电机促动，诸如伺服电机 358。可编程逻辑控制器（PLC）360 可以电子方式连接到电机 358 以控制全部过程。

用组件 300 向光纤掺氢的过程包括将一个长度的光纤 340 装载到展开卷筒 350。光纤 340 被穿过管状容器 301 并附接到卷绕卷筒 352。掺氢过程相似于上述过程；增加的部分是，通过经编程的预先确定的方法或由 PLC360 监视的输入自动进行时间控制和精确的光纤推进。通过这样的设备，可以向更长的连续长度的光纤的多个分段部分掺氢，减少了劳动量，提高了掺氢过程的协调性。如果需要，组件 300 可以还包括标记站，该标记站通过诸如可视标记，不同的涂层和/或机器可读的代码识别被掺氢的区域。如果需要，然后光栅可被写入在被掺氢的区域。

图 5 说明了高温掺氢容器的第四实施例 400。图 5 显示了通过容器 400 的中心轴线剖切得到的剖面图（容器为圆柱形）。容器 400 包括一个能承受高温和内部压力的圆柱的钟形体 402。通过容器夹持件 406 紧固到钟形体 402 的容器帽 404 关闭了钟形体 402 的开口端。容器帽 404 包括四个穿通口 408 用于气体进口/排气口 410，以及用于电气控制口 414。电气控制口连接到可编程加热器控制系统，可用于控制几个在掺氢容器中的电加热器筒。容器 400 的底部包括一个热电偶口 412。

用耐高温，快速传热的诸如铝制成的光纤卷轴组件 416 被置于钟形体 402 内部。本实施例的铝光纤卷轴组件 416 包括若干光纤接纳站 418。本实施例保持约 10 个接纳站，将使 10 个光纤节段被感光化。每个站包括保持一个光纤节段 422 的两个个别的光纤卷筒 420。光纤被绕在每个卷筒 420 的外径周围并且用从卷筒的直径向外延伸的凸缘保持在适当的位置。一个精确的曲槽被铣

在凸缘中（在顶和底两个卷筒上），这些凸缘位于被定位在靠近铝光纤卷轴的中心的凸缘上，并允许光纤 422 离开储存卷轴直径按规定路线发送。

每个站也包括一个位于每个光纤节段 422 的大约中间部分的加热器块 424。光纤被按规定路线发送出上储存卷筒并回到下储存卷筒。在两个储存卷筒之间，光纤被定位成平行于铝光纤卷轴的轴线并通过位于卷轴中心的加热器块。

铝光纤卷轴组件 416 被附接到电线通过口 414 被定位在其上的容器帽 404。这样的附接易于卷轴组件 416 的插入和取出，并向电线提供导线弯曲保护。热电偶 428 穿过热电偶口 412 并监视卷轴组件的温度。

图 6a 显示了通过一个被切进加热器块 424 的 U 形的通道的光纤 422 的剖面图（从顶朝底看）。在本实施例中，加热器块 424 保持一个电阻加热器筒 426，其处约 60 度的加热器体被暴露在 U 形通道的底部。加热器筒 426 的被暴露部分向密切包围在 U 形通道中的光纤 422 的气氛提供极其快速的温度提升倾斜度。

图 6b 显示了具有全埋入加热器块 424 中的加热器筒 426 的加热器块 424 的第二种设计。加热器块 424 的外部有几个被铣入块内的肋部 427 以更有效率的方式散发热量。除了热电偶 428 以外，接触加热器 426 的个别的热电偶监视了每个加热器块 424 的温度，为提供加热器 426 的精确温度调节的 PLC 提供温度信号。另外的热电偶可添加到铝卷轴，定位成监视氢温度的取向。

下面是可以利用来用容器 400 将氢掺入到光纤的示范的过程。首先包括将一个长度的光纤 422 安装到铝光纤卷轴组件 416，将卷轴组件 416（其被附接到帽 404）插入到容器体 402，以及密封容器 400 的步骤。再有，在高温过程中，光纤 422 可以被预先剥离或包括高温的或可气体解聚的涂层。

通过气体进口/排气口 410 通入几个循环的氮气进行清洗以保证空气从容器 400 抽除。对于高压方法，氢在 1000psi 和 2000+psi 之间的高压下引入。取决于所用光纤的类型以及所写入的光栅的类型，可以用在 500psi 和 2100psi 之间的压力。更高的压力（~ 3000psi）将使更多的氢扩散进光纤，对某些用途将是理想的。加热器 426 最好在全部压力达到以后被通电。当围绕光纤的氢气氛达到需要的温度时（如通过热电偶测量），一个定时器跟踪光纤 422 的被选择部分暴露到高温氢气氛的时间。

经选择的时间达到以后，加热器 426 断电，使光纤 422 的被暴露的部分冷却。氢气压力被释放，使氮气或其他适当的气体进入容器。在一个示范的

实施例中，使经冷却的氮气进入容器以冷却光纤和涂层，减少氢因氢压力的释放扩散出光纤的速率。然后容器 400 被打开，取出铝光纤卷轴组件 416，光纤节段 422 从光纤卷轴组件 416 取出。

在某些实施例中，诸如共同待批和共同转让的题为“Filament Organizer”的美国申请系列号 09/804781，题为“Carrier for Coiled Filament”的美国申请系列号 09/841015，或题为“An Apparatus for Holding and Protecting Several Precision Aligned Optical Fibers”的美国申请系列号 09/907406 中叙述的那样，光纤接收站是筒状的，这些申请均通过引用而结合在本文中。在这些实施例中，全部筒从光纤卷轴组件 416 取出。

第二示范过程相似于第一示范过程，但在一点上有差别。其再次包括将光纤节段 422（或光纤保持筒）安装在光纤卷轴组件 416 上，将卷轴组件 416 插进容器体 402 以及密封容器 400。容器 400 由几循环的氮气清洗以保证环境空气被抽除。当包围光纤节段 422 的氮气氛达到需要的温度时，氮气被清楚，代之以氢气。必须理解，在该实例和其他实例中，术语氢意为 H_2 ， D_2 ，或氢的其他同位素分子和/或一种或多种含有 H_2 和/或其他同位素氢种类的气体，最好是惰性气体。最好避免使用氧气以避免氧化/燃烧反应。

作为示范，氢以 1000psi 和 2000+psi 之间的高压引入。还有，在替代的实施例中，氢可以预先加热。定时器跟踪了光纤节段 422 暴露到高温高压的氢气氛中的时间。因为其相对于加热器块的低质量，氢几乎是立即达到需要的掺氢温度。当预先确定的暴露时间达到以后，加热器断电。暴露时间可以用美国专利 6311524 中的方程式计算。

氢气可以被释放，使氮气或其他惰性气体进入容器。还有，该清洗气体可以被冷却。一旦氢压力被释放，氢就开始扩散出光纤。扩散的速率是温度的函数。然后容器被打开，光纤卷轴组件 416 被取出，光纤节段 422（或光纤筒）从光纤卷轴组件 416 取出。

图 7-13 说明了高温掺氢容器的第五实施例。容器 500 用一个独特的分裂的容器结构，其中在高温下保持高压氢的腔体由两半构成。

图 7 显示了容器 500 的打开位置，图 8 显示其关闭位置。原始的容器两半为上容器块 502 和下容器块 504。在该实施例中，块 502 和 504 由软系列的不锈钢制成，并在机械加工后进行退火。块 502 和 504 在其中心区域分别有上贮器 506 和下贮器 508。在关闭时，如图 11 所示，贮器形成掺氢腔 510。

在该实施例中，块 502 和 504 被紧固在一个精密层叠级预装载滚珠轴承的精密模具组 505 中以保证在运作中块的精密对准和平行度。模具组 505 被紧固成一个液压机 507，当容器 500 内的氢气加压时，该液压机产生足够大的压力保持块 502 和 504 保持密封，同时也可将容器块打开得足够宽以易于在一个循环之间插入和取出光纤 526。

图 9 和 10 显示了掺氢腔 510 的放大的剖面图。放大的视图以更详尽的方式显示了掺氢腔 510 的小容积。每个由陶瓷绝缘 516 包围的加热器块 512 和 514 分别被置于容器块 502，504 中的一个贮器 506 和 508 中。绝缘 516 有助于将热掺氢区域和光纤的其他部分分开，以减小光纤的聚合物涂层损坏的可能性。每个加热器块 512 和 514 包括一个或多个加热器 518，诸如电加热器筒。光纤跨越掺氢腔 510 的中心部分，并在掺氢腔中被轴向定位在两个加热器筒 518 之间。如图 10 所示，加热器筒 518 紧密接近于光纤 526 并对周围的气体和光纤 526 提供快速的加热。在该实施例中，加热器筒 518 位于每个加热器块 512 和 514 中，因此加热器筒 518 的大约 60 度的圆周暴露到掺氢腔 510 的气氛中。

容器块 502 和 504 包括一个气体进口/排气口 520，用于向掺氢腔供气和排气。气体进口/排气口 520 也可以用作导线通道以设置控制和数据连接线路的走向。或者，可以用第二组接线口 522 使电气和热电偶导线通到掺氢腔中的加热器 518 以及一个或多个热电偶 528。如图 11 中更清楚可见，上下块 502 和 504 的互相接触的相对面具有刻在 x 轴中心线上的径向槽 524，用于定位和在周围封闭将被感光化的光纤 526。在两个块 502 和 504 合在一起进行密封时，两个匹配相对的容器块中的开口的引导销 523 提供对两个块 502 和 504 的精密的最后对准。

在某些情况下，诸如在非常高热量的应用中，或容器的重复应用导致热量积聚（即处在在线应用中），容器块 502 和 504 可以包括液体冷却线 530。冷却线 530 靠近中心贮器 506 和 508 的顶边缘沿 y 轴定位，用于在掺氢期间保持光纤聚合物涂层冷却。冷却线有助于将危险降低到最小程度，将光纤 526 的非掺氢部分的聚合物涂层保持在引起降解或氧化的温度之下。

几个光纤引导板 532 被紧固在下容器块的左右侧面以为光纤进入径向密封槽提供引导。可以在容器块接触面上应用任选的弹性体面密封件 534 以减小掺氢期间气体泄漏的可能性。

图 11 和 12 说明了两个当光纤 526 进出掺氢腔 510 时在周围密封光纤的

替代的方法。光纤 526 在包围其玻璃的中心部分 529 的周围有一个涂层 527。在图 11 显示的称为“钢对钢夹持方法”的实施例中，一对精密机械加工的径向槽 524 越过块 502 和 504 的 x 轴中心线。槽 524 的半径稍许小于光纤 526 的涂层 527 的半径（例如几十微米）。槽 524 和光纤 526 之间的静配合使容器的两半合上时涂层 527 稍许受压，在光纤 526 和开槽的容器表面之间产生紧密的密封作用。光纤 526 的玻璃部分 529 保持不受损坏。涂层 527 的外表面可以因施加的压力而受压，但是不会引起光学性能的问题。

图 12 说明了“密封对密封夹持方法”。该方法可以用于涂覆的光纤，也可以用于没有聚合物外涂层的裸露的玻璃光纤。该实施例包括安装进两个容器块 502，504 的容器面的弹性体密封件 534（弹性体密封件的剖面不必按比例画出）。当容器面杂液压力下合上时，弹性体材料压在光纤涂层的周围产生紧密的密封。为了在施加液压力时沿光纤 526 的侧面和上下弹性体密封件 534 相遇的线获得更好的密封，弹性体密封件的顶表面可以预先模制成有一个适合于配合光纤的槽，相似于图 11 中的 524 显示的槽。

图 13 是下容器块 504 的顶视平面图。该视图更清楚地显示了在容器块中心 x 轴上表面上的光纤通道。块边缘外侧的光纤引导 532 提供了光纤 526 到机械加工在容器块 504 的上表面的径向槽 524 的粗对准。带有周围的陶瓷绝缘 516 的加热器块 514 处于容器块 504 的中心，在两个轴线上都居中。冷却线 530 被机械加工在 y 轴上非常靠近光纤和掺氢腔 510 相交的点。两个引导销 523 位于块 504 的相对的角上，在包围光纤 526 的夹持发生前提供容器块 502 和 504 的精密的最后对准。弹性体密封件 534 的定位最大程度地减小或消除了掺氢过程中气体的泄漏。

图 14 显示了图 7 描绘的容器的夹持/密封机构的第三实施例的剖面立视图。光纤 526 的将被掺氢的部分被置于注塑模具 536 中，该模具典型地形成一对模腔 538。这些模腔和上下容器块 502 和 504 中适合于接纳如图 13 所示的弹性体密封件 534 的腔匹配。然后一种可固化的密封材料（通常是一种弹性体）被注入模腔并在光纤周围固化，在光纤 526 上形成模制的密封件 540。然后光纤从注塑模具中取出并定位在下容器块 504 上，光纤上的注塑密封件适配进适合于接纳弹性体密封件 534 的腔，如图 13 所示。然后使上容器块 502 和下容器块 504 接触，经加压在光纤 526 和注塑密封件 540 周围形成密封，准备进行光纤的掺氢。或者，注塑密封件 540 可以将上下容器块 502，504 用

作注塑模具，再用固化的密封材料原地形成在适当的位置。固化可以在高压被施加在掺氢腔 510 之前预先加热掺氢腔期间完成。如图 13 所示，用于保持弹性体密封件 534 和 540 的腔可以由掺氢腔 510 和陶瓷绝缘 516 与加热器块 514 分开，它们由液体冷却线 530 冷却，因此在掺氢循环期间弹性体不会因掺氢腔 510 很高的温度而损坏。

下面是可以利用来用该容器 500 将氢掺入光纤 526 的不同的示范过程。第一过程是将光纤 526 放入下容器块 504 的表面上的光纤通道/槽 524 的步骤。然后块 502 和 504 通过诸如液压被夹住。几个循环的氮气可用来清洗掺氢腔以抽除环境空气。

然后引入氢。还有，容器 500 被设计成能处理高压。取决于光纤的类型，在引入的掺氢气氛中的氢或氘的浓度，需要的折射率的变化，实验性地应用~500psi 和~2200psi 之间的压力。腔被设计成耐受直至 3000psi 的压力。取决于容器的设计和制造可以用更高的压力。本示范方法用 1000psi 和 2000+psi 之间的压力。当全部压力达到以后，加热器 518 通电。当光纤 526 周围氢气氛达到需要的温度时，定时器跟踪光纤 526 暴露到高温氢气氛的时间。需要时间的暴露之后加热器 518 断电。氢压力可被释放，使氮气或其他适当的惰性气体（冷却的或未冷却的）进入掺氢腔 510，容器 500 打开，光纤 526 取出。另一种光纤的取出循环的选项是时间一到以后在容器还在压力下即打开容器 500，进行即刻的氢气排气，冷却光纤，这样能保证光纤中有最大的氢容量。容器的容积是这样小，以致在合理的安全预防措施下，诸如包围容器的较小的保护装置，这样的程序就是安全的。

实验性的掺氢腔的容积，如所显示的实例，为 0.3125 平方英寸（2.02cm²），不包括钻在块上的气体馈送孔或块外的管道。经优化的单光纤掺氢站的全部气体容积可以为 0.15 平方英寸（0.97cm²）那样低。容器的最后结构将规定全部的气体容积。

用来使电加热器筒达到温度设定点（275℃）的平均时间为 45 秒，+/-3 秒。使氢气达到需要的设定点（260℃）的时间取决于所用的压力。在 1400psi 和 2000psi 之间的压力，该时间在 1.5 分钟到 2 分钟之间。在 1100psi 和 1400psi 之间的压力，该时间在 3 分钟到 4 分钟之间。

在任何实验性的运行过程中都未发生涂层的分层剥离。因为在两件型的容器中的分段的加压区域的缘故，整体的分层剥离不会发生。

在第二示范过程中，除了氢被引入预先加热的掺氢腔 510 外，总体上遵循相同的步骤。和加热块的质量相比，虽然腔 510 的气体容量的小质量将导致迅速的加热，但在替代的实施例，氢甚至还可能要预先加热到或接近达到需要的温度。

如果光纤被掺氢以后立即写入光栅，将不需要冷储存。任何掺氢的光纤，不管是用什么掺氢方法，在室温下随着时间都将缓慢地向光纤外扩散氢。和整体掺氢相比，光纤的分段掺氢的优点取决于被掺氢的数量。对于高温分段掺氢的速度，只能对在一个特定的时间周期中将被写入的正确数量的光纤掺氢。对于整体掺氢的长时间周期，这是更难以做到的。

图 15-17 显示了高温掺氢容器的第六实施例。该容器采用了独特的管形容器设计，具有相适应的位于该管两端的弹簧夹头，该弹簧夹头密封管的端头以及密封通过该管的光纤的周围。当弹簧夹头密封管端以及密封光纤周围时，该管将在高温下保持高压氢气，使氢能扩散进通过该管的光纤。

图 15 显示了容器的打开位置，图 16 显示了关闭位置。原始的容器是圆柱形的不锈钢管 602，在每端包含一个精确的倒角面 603，在靠近管端有气体进口（620）和排气口（622）。管由一个包围其的加热套 610，可以用电加热，或用热液体或气体加热。带有加热器套组件的管被包容在一个安装在基础板 638 上的主基础块 638 中。

在该实施例中，一个弹性的弹簧夹头 660 被安装到弹簧夹头促动器板 665 上，该促动器使弹簧夹头板组件作线性运动。弹簧夹头的形状是一个截顶的圆锥，其中圆锥角匹配管中的倒角 603。弹簧夹头促动器板组件的线性运动使弹簧夹头 660 进入管 602 的端头，使弹簧夹头 660 的角面和管 602 中的倒角 603 的角面抵靠而密封。促动器也使弹簧夹头 660 从管 602 收回。弹簧夹头促动器板 665 的运动用附接到该板的液压缸完成。这些缸未显示，但可以通过几种手段附接，包括螺栓，销等，在几种结构中，液压缸可以是推的或拉的。可用汽缸代替，也可用电的或机械的促动器。

图 17 的端视图和剖面端视图中显示的弹性弹簧夹头 660 在中心有一个小孔 661，该孔比将掺氢的经涂覆的光纤的外径大 10%到 20%。绕中心孔径向取向有八个间隔 45 度的矩形不锈钢肋 662。因为弹簧夹头 660 被压进管 602，弹簧夹头肋 662 的角面将接触管 602 端头的倒角 603 的角面，将该力传输到包围光纤 626 的弹性体材料，产生弹性体和光纤之间的密封。当弹簧夹头 660

从管 602 收回时，弹性体材料回到其无应力状态，使孔 661 打开到其初始的尺寸，使光纤 626 松开。这样，弹簧夹头围绕光纤提供了可重新关闭的密封，有助于在掺氢过程期间保持氢气氛。该可重新关闭的密封可重新打开以取出光纤以及任选地向前移动光纤，重新密封，然后对同一个光纤的第二个选择部分掺氢。（图 7，11 和 12 的密封机构也可以考虑为可重新关闭的密封。）

缠绕卷筒（656），（由可编程电动机/编码器或伺服系统驱动），其中电机的转动受到精确控制，在需要的时间内向将被传送通过腔 602 的光纤提供精确的线性长度。还有一个可以和离合制动装置结合使用的退缠绕卷筒（654），（该制动装置可用空气，磁，电，液体等促动），在光纤被传送进腔 602 或传送出腔 602 时在光纤上提供精确的张力。循环过程将包括下面的步骤：

- *将未掺氢的光纤传送进管到所需要的间隔。

- *弹簧夹头促动器板将弹簧夹头定位进管的端头，密封容器，在光纤周围产生密封。

- *用氮气或其他适当的气体清洗容器。

- *用氢气向容器加压（加热器已经发热）。

- *光纤被在压力中保持需要数量的时间。

- *释放氢气，容器用氮气清洗。

- *弹簧夹头促动器板收回。

- *光纤被向前移动。

- *任选地，光纤的新掺氢的部分可以进行布拉格光栅的写入，光栅可任选地进行退火。

- *如果光纤的掺氢部分的涂层因掺氢过程的高温被剥离，在其达到缠绕卷筒之前可任选地重新涂覆。

图 18 显示了根据本发明提高光纤的感光度以及在光纤上写入一个或多个光栅的方法的相继步骤的图示。该图相应于图 1 的题为“Incremental Method of Producing Multiple UV-induced Gratings on a Single Optical Fiber”的共同转让美国专利 6272886B1，该专利通过引用被结合在本文中。本发明的具有可重新关闭的卷筒的实施例，诸如图 7 或 15 所示，可以用来替代美国专利 8272886B1 中显示的光纤光栅制造设备和工艺中的涂层去除站 20。该掺氢和（任选的）涂层去除站 720 从张力控制的展卷卷轴 714 和对准带轮 716 接纳光纤 712。当

光纤 712 的经选择部分定位在掺氢（和任选的涂层去除）站 720 时该光纤被停止。然后进行如上所述的掺氢过程。然后光纤 712 的经掺氢的选择部分 722 由主动轮 718 镶嵌移动到光栅写入站 724，该处在写入过程期间光纤被夹在夹子 726 和 728 之间。光栅被写入选择部分 722 以后，现在包含光栅的该部分被向前移动到任选的退火单元 730，该处光栅被加热以稳定其反射性。如果涂层被从选择的部分去除，该部分可以被向前移动到任选的重新涂覆材料施加或包装站 740，然后到任选的重新涂覆固化站 750。然后光纤 722 的包含光栅的经选择部分可通过任选的驱动主动轮 718 和对准带轮 760 的手段向前移动到接收卷轴 762 使处理和运输更便利。当光纤 722 的一个选择部分向前移动通过该系统时，该光纤的下一个第二部分也可以逐步向前移动，以装配线的形式通过该系统。如果沿单个光纤的光栅之间的间隔必须改变，则任选的未缠绕光纤积聚站可以位于各个加工站之间。

本发明具有显著的优点。选择性的掺氢使只有光纤的需要气态掺氢的部分才被暴露。对常规的聚合物涂覆的光纤进行 $>250^{\circ}\text{C}$ 的高温掺氢可能使传统的涂层发生燃烧或部分破坏性的解聚合。如果光纤用传统的整体掺氢的方法进行掺氢，全部光纤就需要重新涂覆。而用分段掺氢，只有被掺氢的部分，也就是光栅将被写入的部分才需要再涂覆。

用分段掺氢不需要整体掺氢那样的将氢烘烤出去的过程步骤。而是光纤的光栅将被写入的长度以及被分段掺氢的区域大致是同一个长度，退火的过程步骤将氢从被掺的区域去除。

含有氢的光纤不能被熔接。当暴露到电弧时氢造成玻璃的变形，使达到可应用的拼接变得不可能。用分段掺氢的方法，将氢从光纤去除之前在光栅外的任何区域都可以进行熔接。这在写入光栅或最后的包装步骤期间检测光栅时可以是很有用的。制造过程中在任何点进行熔接的能力提高了工艺过程和被制造产品的灵活性。

通过精确控制氢的温度和压力以及光纤暴露到该气氛的时间，对光纤的分段掺氢还在制造光纤时满足每个光纤的感光性的要求。当容器打开时，光纤迅速冷却（ <5 秒）使光纤保持全部容量的氢。如果光纤被立即使用，则精确的感光性的程度可以是已知的。这样的精确控制使制造光纤时能通过改变温度，压力和/或暴露的时间变化每个光纤中氢的容量。然后光纤的感光性可被用于满足光栅的激光写入次数的要求。也可以被用于均衡完全不同的光纤

的感光性，因此同样的写入条件可以方便地用于不同的光纤。

和低温条件下掺氢的光纤比较，高温条件下掺氢的光纤对光纤的折射率只产生较少的改变。当光纤布拉格光栅被退火时，光纤中的氢被扩散出，改变了和稳定了光纤的折射率。该过程经常导致减少对低温掺氢的光纤 50% 的 UV 诱导折射率变化。高温掺氢方法使折射率变化低至 15%。在退火过程中减少的折射率变化具有减少写入光栅所需要的时间和/或激光功率的优点。

虽然本发明通过参考示范的实施例进行了叙述，本发明还可以以其他的具体形式实施而不背离本发明的范围。因此，应该理解的是，本文所叙述和说明的实施例仅是示范性的不应被认为是对本发明的范围的限制。根据本发明的范围可以作出其他各种变化和修改。

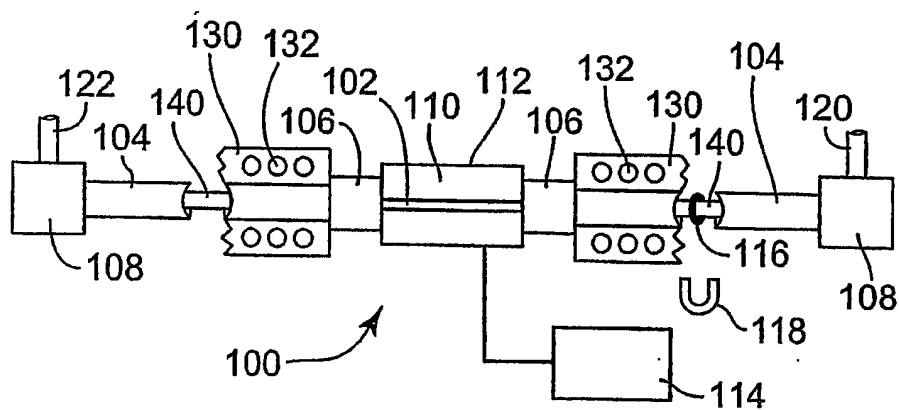


图 1

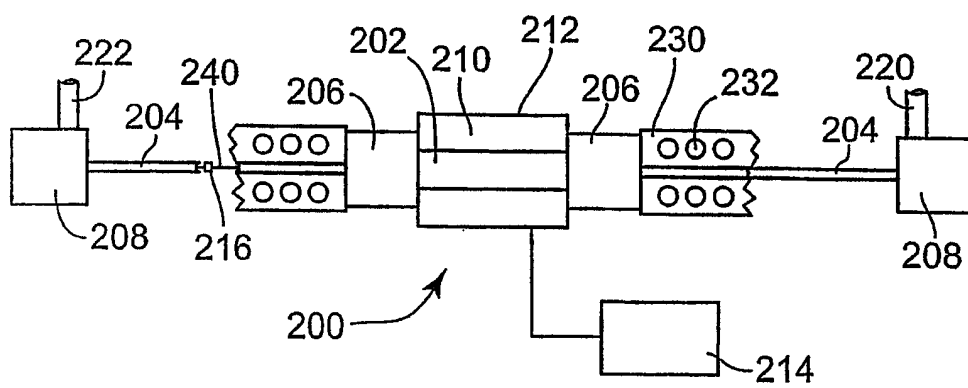


图 2

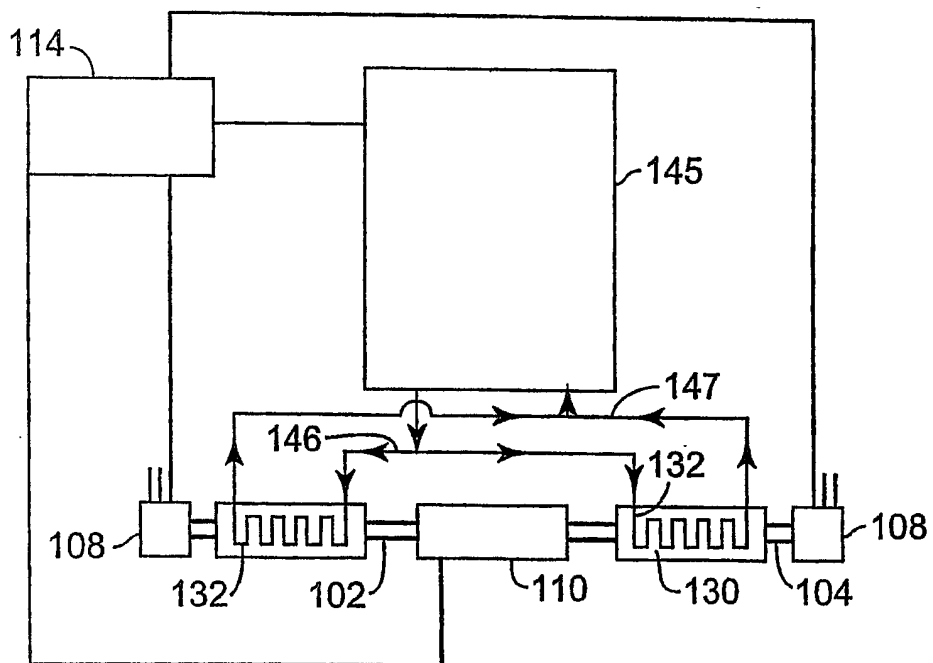


图 3

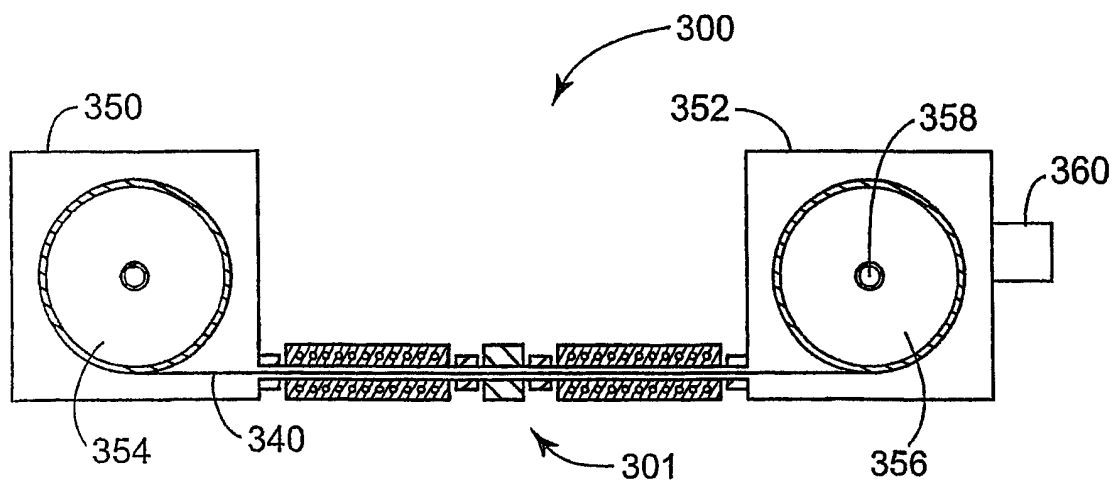


图 4

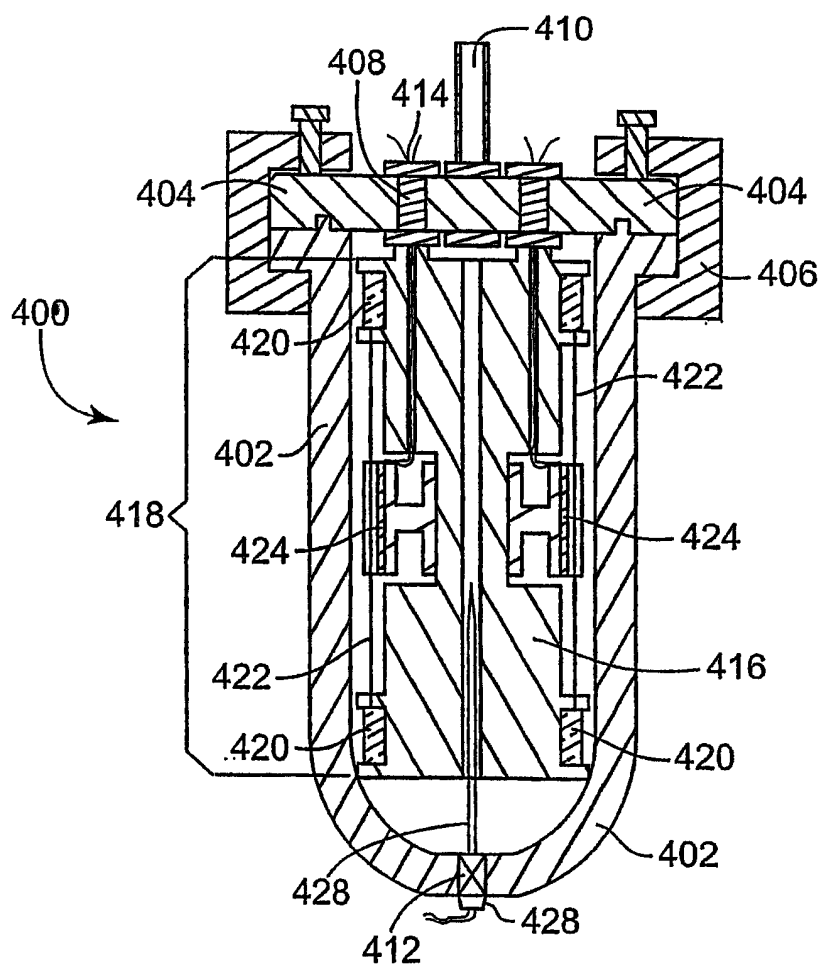


图 5

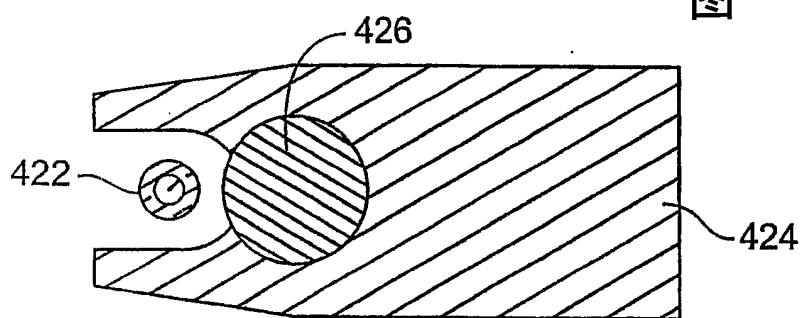


图 6a

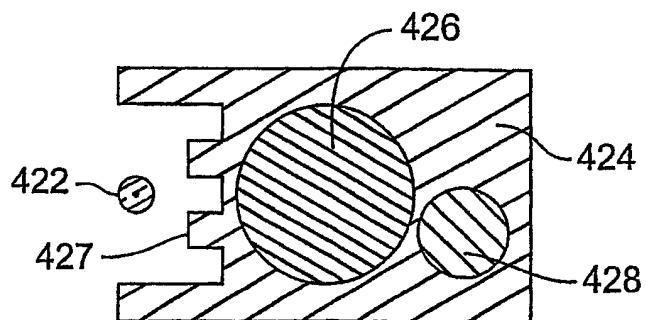


图 6b

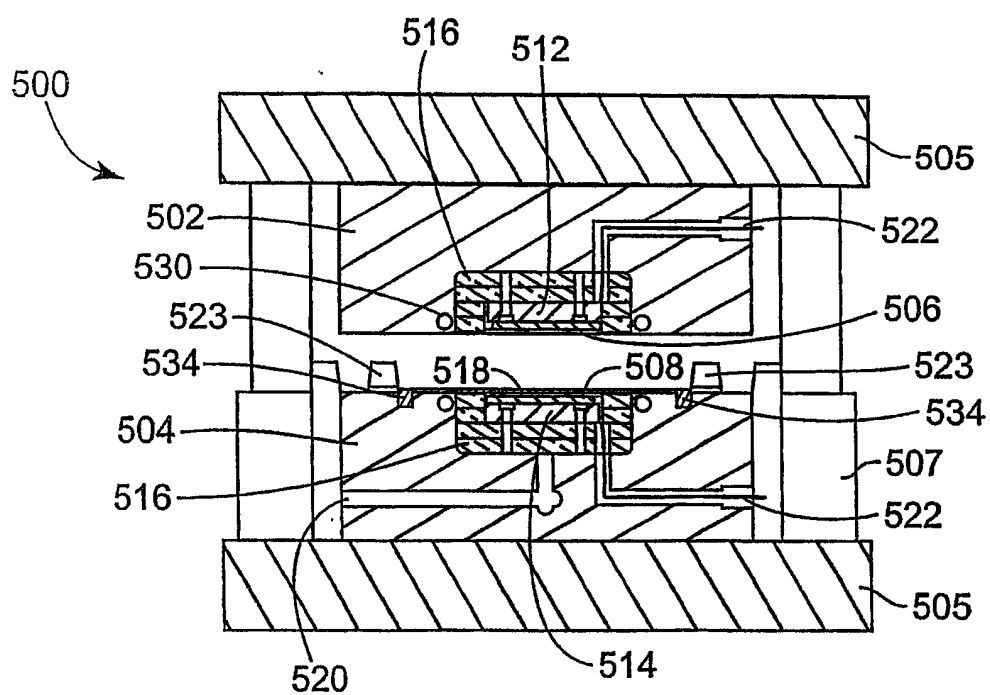


图 7

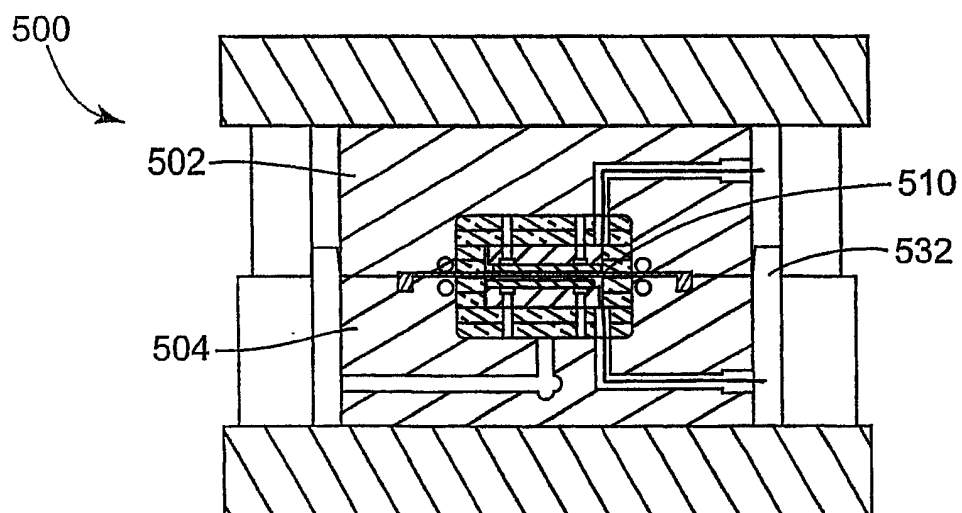


图 8

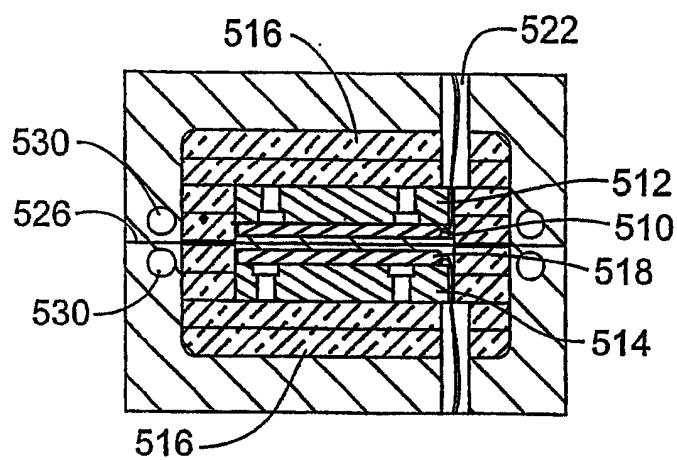


图 9

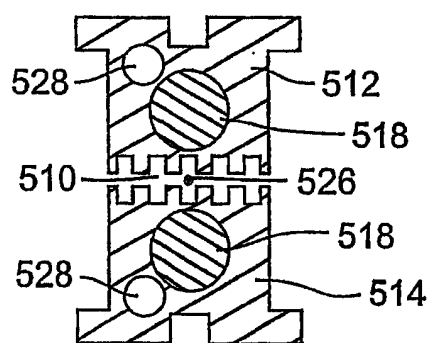


图 10

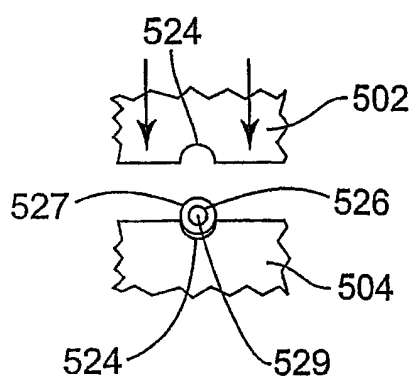


图 11a

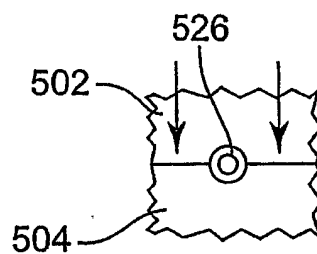


图 11b

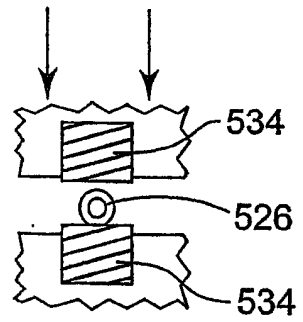


图 12a

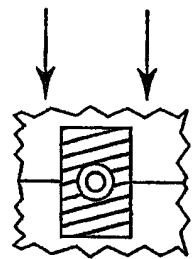


图 12b

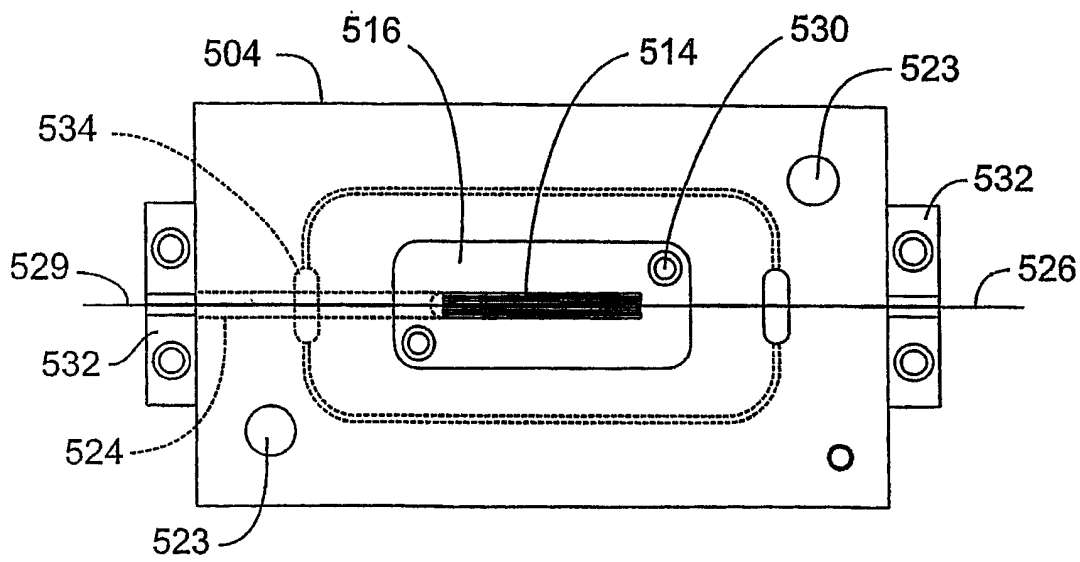


图 13



图 14a

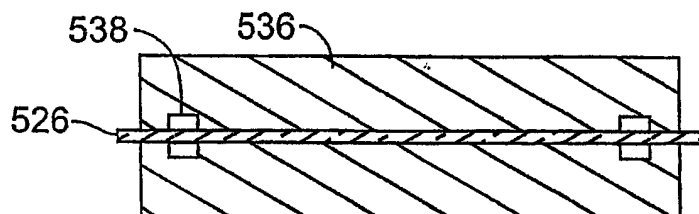


图 14b

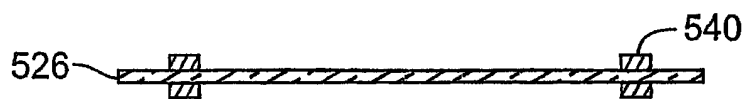


图 14c

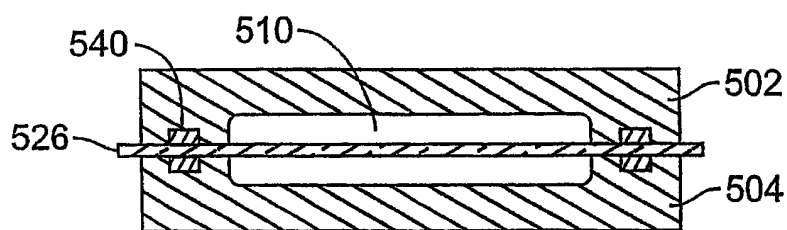


图 14d

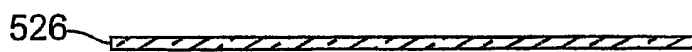


图 14e

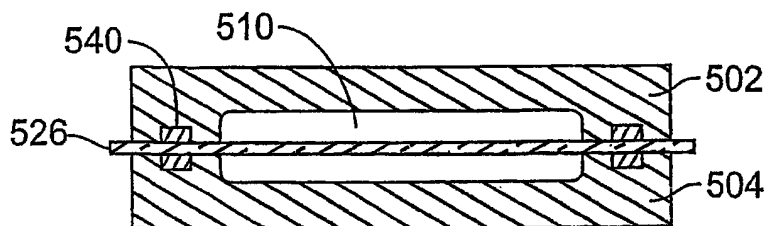


图 14f

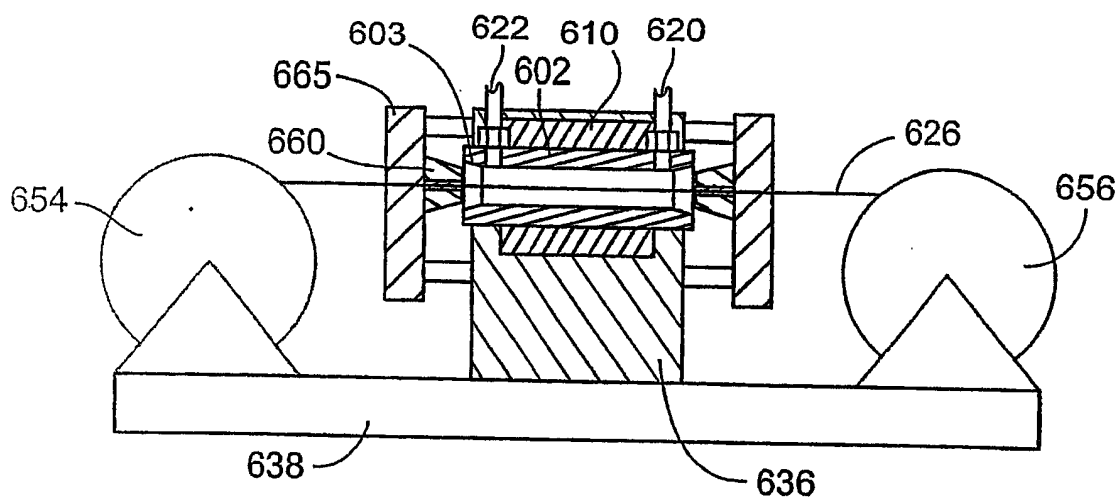


图 15

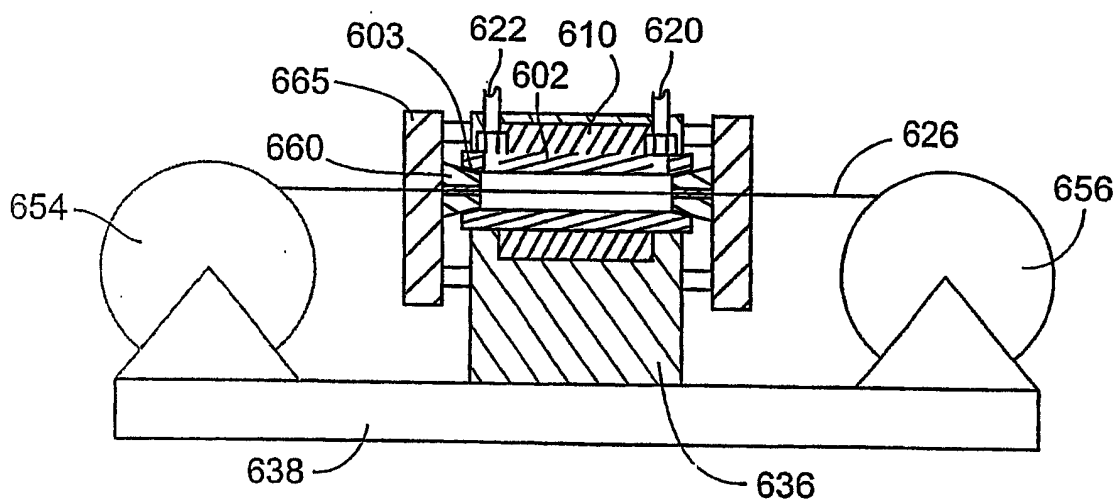


图 16

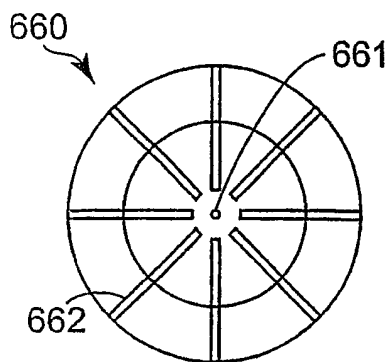


图 17a

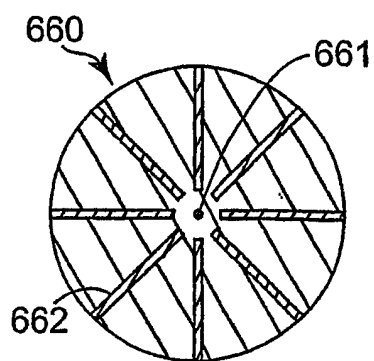


图 17b

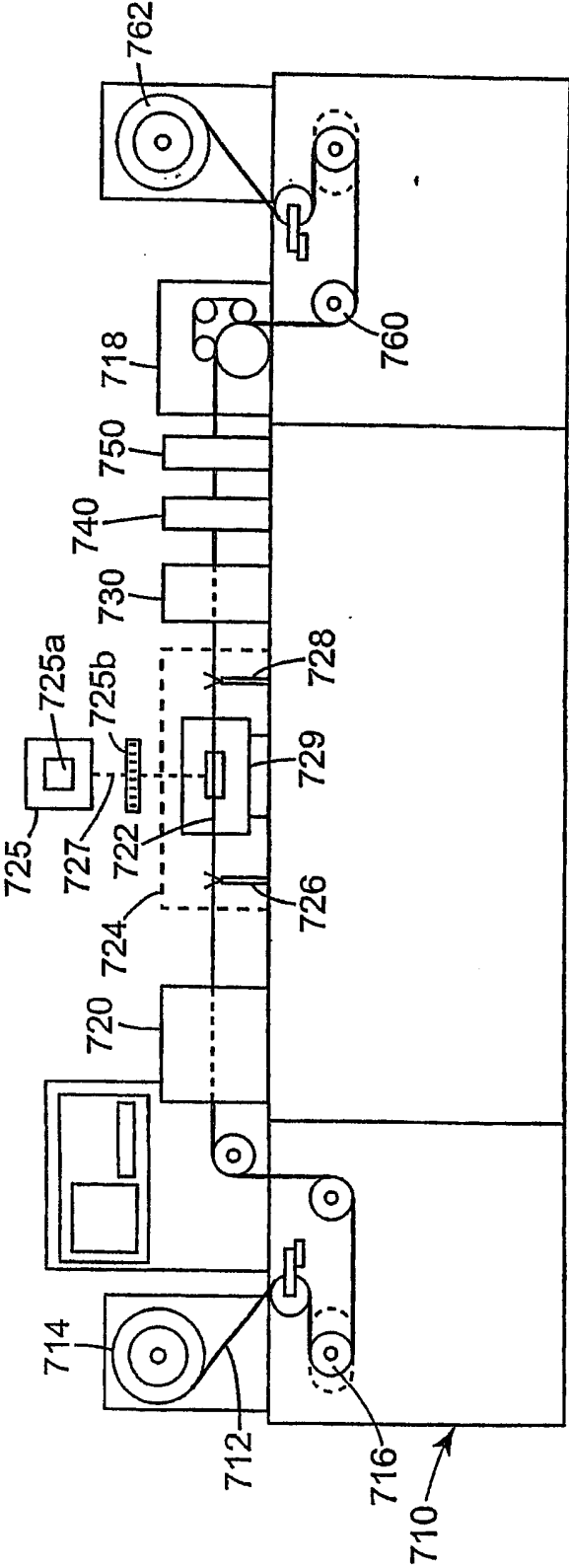


图 18