

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C03B 11/00 (2006.01)

C03B 11/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510006759.1

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1331787C

[22] 申请日 2005.2.4

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

[21] 申请号 200510006759.1

代理人 刘晓峰

[30] 优先权

[32] 2004. 2. 12 [33] JP [31] 2004 - 034504

[73] 专利权人 HOYA 株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 米田靖弘

[56] 参考文献

JP8 - 325023A 1996.12.10

JP6 - 9228A 1994.1.18

JP8 - 245224A 1996.9.24

JP11 - 236226A 1999.8.31

审查员 俞可嘉

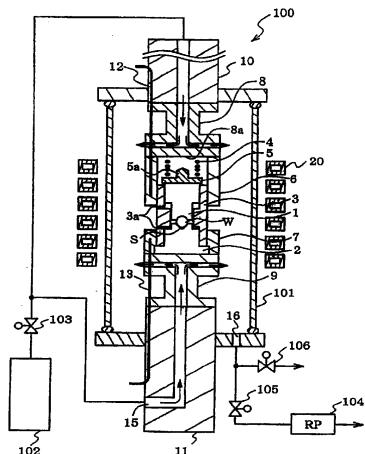
权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 4 页

[54] 发明名称

制造玻璃光学元件的装置和方法及由此制造的玻璃光学元件

[57] 摘要

在通过使用包括至少之一可以移动的上、下模的成形模在室中通过挤压成形玻璃材料而制造玻璃光学元件的方法中，当上、下模与玻璃材料相接触时，被围绕的空间被形成在玻璃材料和上模和下模至少之一之间，室内的压力在放置在成形模的玻璃材料被加热到挤压成形温度之前减小室内的压力。在密封当玻璃材料和上、下模的至少一个的成形表面相接触时所形成的空间之后，气体被引入到室中。玻璃材料在气体中被加热，然后在挤压载荷之下挤压成形。



1. 一种用于通过在挤压载荷下挤压成形玻璃材料而制造玻璃光学元件的装置，所述装置包括：

成形模，所述成形模包括上模和下模，所述上模和下模至少之一可以移动；

载荷施加装置，所述载荷施加装置包括弹簧部件，用于将载荷施加到上模和下模至少之一上，以将上、下模的成形表面与玻璃材料通过所述弹簧部件相接触，所述载荷小于挤压载荷，并通过将挤压载荷施加到上模或者下模而挤压成形所述玻璃材料；

用于密闭成形模的室；

用于加热成形模的加热器；

用于从室抽吸气体的抽吸装置；以及

用于将气体供给到室中的气体供给器。

2. 根据权利要求1所述的装置，其特征在于，还包括：

盖部件，所述盖部件设置在上模和上模支撑部件之间并设有形成在上端上的突起并适合于与上模支撑部件相点接触。

3. 根据权利要求1或者2所述的装置，其特征在于：

通过弹簧部件所施加的载荷等于挤压载荷的 $1/1000$ 至 $1/50$ 。

4. 根据权利要求1或者2所述的装置，其特征在于：

在所述室中的气体通过抽吸装置而减小压力的状态下，载荷施加装置将上模和下模的成形表面与玻璃材料相接触，所述载荷小于挤压载荷。

制造玻璃光学元件的装置和方法及由此制造的玻璃光学元件

技术领域

本发明涉及制造诸如透镜的、由光学玻璃制造的光学元件的方法和装置，特别是涉及用于通过使用与光学元件的所需形状相一致精确成形的成形模挤压成形或者加压模制被加热和软化的玻璃材料而产生玻璃光学元件的方法和装置。此发明也涉及通过所述方法和装置所制造的玻璃光学元件。

背景技术

为了制造光学元件，诸如光学玻璃透镜，以使用在诸如照相机和光学拾起元件的光学装置中，最近已经提出了多种方法，其中被加热和软化的玻璃材料通过由金属或者陶瓷所制造的成形模而被挤压成形或者加压模制。在此情况下，玻璃材料可能被形成不同的形状（即，预成形预先成形的），诸如球形形状、杆形形状和扁平球形形状。在这些形状的玻璃材料被用于形成光学元件时，可能将引起将被描述的问题。参照图1，根据玻璃材料W的形状和成形模的形状之间的关系，即将被成形的光学元件的形状（例如，如果玻璃材料W的曲率半径大于成形模的成形表面的近轴曲率半径），空间S有时形成在下模2和玻璃材料W之间。如果挤压成形在被捕获（trapped）在空间S的气体没有被释放的状态下执行，通过挤压成形（press-forming）所获得的光学元件的玻璃表面将不利地具有形成在对应气体保持被捕获的空间S的部分上的凹陷，称为气体捕获痕迹（gas trap mark）。结果，通过挤压成形所获得的光学性能和表面质量受到负面影响。

为了移除上述问题，已经提出了不同的传统的技术。

日本未审查专利申请出版物（JP—A）No. H6-9228（参考文件1）公开了一种包括如下步骤的成形方法：在加热的过程中，通过用至少一次减小

或者释放的挤压压力加热和挤压材料来成形总变形量的大致一半，此后通过冷却和挤压所述材料而挤压成形剩余部分的总变形量。

日本未审查专利申请出版物 (JP-A) No. H8-325023 (参考文件2) 公开了一种方法，其中在挤压成形扁平的玻璃材料时，出现在成形表面和玻璃材料之间的气体被允许通过形成在成形表面的外周的最顶部部分上所形成的突起或者槽而逃逸到外部。

日本未审查专利申请出版物 (JP-A) No. H11-236226 (参考文件3) 公开了一种方法，其中成形室在挤压步骤中被排空。

日本未审查专利申请出版物 (JP-A) No. H8-245224 (参考文件3) 公开了一种方法，其中紧随被加热和软化玻璃材料被挤压成形之前，围绕玻璃材料的空间压力被减小。

但是，上述方法的缺点在于下述方面。

在参考文件1所公开的方法中，挤压压力在加热的过程中被减小或者释放，这样捕获在所述空间中的空气回到普通的压力状态下。但是，在此方法中，根据所述空间的形状或者体积，气体趋于保持捕获在所述空间中。为了完全释放所述气体，挤压压力必须反复增加和减小。此外，在挤压成形温度上的模具释放可能导致玻璃熔接或者通过挤压成形所获得的光学元件的缺陷的出现。

在参考文件2所公开的方法中，槽或者突起被形成在成形表面的外周的最上部分上移允许出现在成形表面和玻璃材料之间的气体向外逃逸。但是，在此方法中，槽或者突起的形状被传输到通过挤压成形所获得光学元件上。结果，光学元件在将被连接到光学装置的连接部分上例如具有被变形部分。在一些情况下，需要移除被变形部分的后处理步骤。

在参考文件3中所公开的方法中，在排空成形室移释放捕获在所述空间中的气体之后，执行加热。但是，在此方法中，不可能利用通过成形室中的空气作为介质的热传导以加热成形模和预成形件，因为成形室被排空为真空。结果，热效率不足。此外，将模具和预成形件达到均匀的温度的均热是比较困难的，并且温度控制是不稳定的。

在参考文件4中所公开的方法中，玻璃材料被加热到不低于软化点的温度并且此后通过传输部件传输到上、下模之间的位置。在围绕玻璃材料

的空间压力被减小之后，玻璃材料被挤压成形。在此方法中，在玻璃材料被加热到适于挤压成形之后玻璃材料被传输到上下模具之间的位置。结果，玻璃材料具有较低的粘性（viscosity）并不可避免地变形以在玻璃材料被传输之后在玻璃材料和下模之间捕获气体。因此，气体不能被清除或者移除，即使此后执行压力减小。

这样，在上述的参考文件1—4所描述的传统的方法中，不可能完全从成形模和预成形件之间的空间中排除气体。

同时，在与用于记录和/或者再现信息的光学信息记录介质一起使用的光学拾起件中，具有更高的分辨率的物镜的记录密度需要增加。因此，在光学拾起件中，需要使用具有较短的波长的光源和具有较大的数值孔径（NA）的物镜。同样，作为光通讯的耦合透镜，需要较大的NA透镜以提高耦合效率。

但是，在较高的NA透镜中，表面倾斜角（形成在垂直于透镜表面和光轴之间的角度）在其周边趋于较大。例如，表面倾斜角度可能超过40度，有时可能达到50度到63度。此外，可作为高NA透镜的透镜区域具有较小的近轴曲率半径。此外，为了保证制造公差或者为了减小波像差（wavefront aberration），较高NA的透镜在中心厚度上可以增加。结果，玻璃材料体积增加。

例如，在作为玻璃材料的预成形件具有球形形状的情况下，RM/RL大于1，并具有值在 $1.0 < RM/RL \leq 1.6$ 的范围内，特别是 $1.1 \leq RM/RL \leq 1.6$ ，RM表示玻璃材料的曲率半径，RL表示透镜的近轴曲率半径（成形模的成形表面的近轴曲率半径）。这样，玻璃材料在玻璃材料的外径不超过透镜的外径的范围之内体积增加。如果这样形状的透镜被形成，在成形表面和玻璃材料之间不可避免地形成空间。

但是，即使在RM/RL如上所述较大时，需要形成光学性能和表面质量优良的透镜。

发明内容

本发明的目的时提供一种能够制造没有残余气体痕迹（此后成为气体捕获痕迹）的表面质量优良的玻璃光学元件的装置和方法，即使允许残余

气体出现的空间可以形成在成形模和玻璃材料（预成形件）之间。

根据本发明的一方面，提供了一种用于通过在挤压载荷下挤压成形玻璃材料而制造玻璃光学元件的装置，所述装置包括：成形模，所述成形模包括上模和下模，所述上模和下模至少之一可以移动；载荷施加装置，所述载荷施加装置包括弹簧部件，用于将载荷施加到上模和下模至少之一上，以将上、下模的成形表面与玻璃材料通过所述弹簧部件相接触，所述载荷小于挤压载荷并通过将挤压载荷施加到上模或者下模而挤压成形所述玻璃材料；用于密闭成形模的室；用于加热成形模的加热器；用于从室抽吸气体的抽吸装置；以及用于将气体供给到室中的气体供给器。

为了实现上述目的，此发明提供了一种用于通过在挤压载荷下挤压成形玻璃材料而制造玻璃光学元件的装置，所述装置包括：成形模，所述成形模包括上模和下模，所述上模和下模至少之一可以移动；用于将载荷施加到上模和下模至少之一上的载荷施加装置，以将上、下模的成形表面与玻璃材料相接触，所述载荷小于挤压载荷；用于密闭成形模的室；用于加热成形模的加热器；用于从室抽吸气体的抽吸装置；以及用于将气体供给到室中的气体供给器。

优选地，载荷施加装置包括弹簧部件。例如，当上模使用小于挤压载荷的载荷与玻璃材料相接触时，可以使用设置在上模和上模支撑部件之间的弹簧部件。优选地，所述装置具有设置在上模和上模支撑部件之间的盖部件并在其上端上设有突起并适于与上模支撑部件点接触。

使用具有上述结构的装置，即使由于成形模和玻璃材料的形状的关系，在它们相接触时在成形模和玻璃材料之间形成空间，可以在空间的压力被减小时通过在挤压模上施加载荷来密封所述空间，此后供给空气，并在存在气体的情况下执行加热或者均热，并挤压成形。这样通过使用简单的装置，就可能在没有气体捕获痕迹的情况下以很高的精度制造光学元件。

当挤压载荷被施加时，优选地，上模通过设有形成在其上端具有突起的盖部件而被挤压。因此，就可以获得偏心率精度优良的光学元件。

根据本发明，也提供了一种通过使用包括至少之一可以移动的上、下

模的成形模、在室中通过挤压成形玻璃材料而制造玻璃光学元件的方法，当上、下模与玻璃材料相接触时，被围绕的空间被形成在玻璃材料和上模和下模至少之一之间，所述方法包括：在成形模中放置玻璃材料；在放置在成形模的玻璃材料被加热到挤压成形温度之前减小室内的压力；密封当玻璃材料和上、下模的至少一个的成形表面相接触时所形成的空间；将气体引入到室内；在气体中加热玻璃材料；以及在挤压载荷之下挤压成形所述玻璃材料。

安置玻璃材料指的是将其安置在下模上。在此阶段，上模可以或者不与玻璃材料相接触。在室内减小压力可以在空间被形成在上模和下模至少之一和玻璃材料之间时被执行，这样所述空间中的气体被释放。在此方面，在空间被形成在上模和玻璃材料之间的情况下，减小室内的压力可以在上模和玻璃材料被接触以形成空间时而被执行，这样气体从所述空间被排放，或者也可以在它们没有接触时而被执行。

优选地，上述方法还包括：在减小压力之前，将玻璃材料加热到低于挤压成形温度的预定温度。

在上述的方法中，密封所述空间包括通过成形模将小于挤压载荷的载荷施加到玻璃材料上。

根据本发明的挤压成形温度是适于将玻璃材料变形到光学元件的形状的温度。这样的温度可以根据玻璃的成分或者光学元件的所需的形状而选择。

优选地，挤压成形的温度对应于不小于 $10^6 \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 和小于 $10^{8.5} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 范围之内的玻璃粘性。

同时，在气体中加热所述玻璃材料包括均热所述玻璃材料以让所述玻璃材料达到均匀的温度。

优选地，密封所述空间包括从当玻璃材料和上、下模的至少一个的成形表面相接触时所形成的空间释放气体。

当 $RM/RL > 1.0$ 的关系被满足时，本发明的效果特别显著，RM表示玻璃材料的曲率半径，RL表示玻璃光学元件表面之一的近轴曲率半径。

使用上述的方法，就可以可靠地在没有气体捕获痕迹的情况下用较高的精度制造光学元件。

一种根据本发明的玻璃光学元件可以是具有数值孔径NA为0.7或者更大、以及在380—450nm的可用波长上具有总的波像差WFE为0.06 λ_{rms} 的物镜。

根据本发明，提供了一种具有作为弯曲表面的第一表面和第二表面的玻璃光学元件，玻璃光学元件具有体积V并满足 $RM'/RL > 1.0$ 的关系，RL表示第一或者第二表面的近轴曲率半径， RM' 表示满足 $(4/3) \pi (RM')^3 = V$ 的值，其中可以形成在玻璃光学元件的表面的附近的气体捕获痕迹直径不大于200 μm 。

上述玻璃光学元件不具有降低光学性能的气体捕获痕迹，并且由此可以作为与用于记录或者再现信息的光学信息记录介质一起使用的高精度物镜。

如上所述，通过根据本发明的制造玻璃光学元件的方法，就可以从形成在玻璃材料和形成形模之间的空间排放被捕获的气体并密封地密封所述空间，而没有负面影响玻璃光学元件的形状。此外，可以有效地加热和均热空气中的玻璃材料。

附图说明

图1是显示玻璃材料和成形模之间形成空间的状态下的示意图；

图2是根据本发明的第一实施例的制造玻璃光学元件的装置的示意横截面视图；

图3是其中玻璃光学元件通过图2所示的装置所制造的第一示例中的挤压过程的视图；

图4是用于根据本发明的第二实施例制造玻璃光学元件的示意横截面视图；以及

图5是其中玻璃光学元件通过图4所示的装置制造的第二示例中的挤压过程的视图。

具体实施方式

现在将参照附图对本发明的优选实施例进行说明。

参照图2，根据本发明的第一实施例制造玻璃光学元件的装置包括成

形模，所述成形模包括上模1和下模2以及保持上模1和下模2的衬套(sleeve)3。上模1和衬套3的上部容纳在上模加热部件6中以相对彼此可移动。下模2和衬套3的下部被固定在下模加热部件7中。衬套3设有多个窄孔3a以从形成在上下模1、2之间的衬套3内以及玻璃材料W和下模2之间的空间S将捕获的空气清除到衬套3的外部。

压缩弹簧4被设置在上模1和上模支撑部件8的下表面8a之间。盖部件5被设置在压缩弹簧4和各上模1和衬套3的上端表面之间。在上模1和上模支撑部件8的下表面8a之间，间隙被形成以防止压缩弹簧4挤压上模1，同时成形没有被执行。

盖部件5具有处理为具有宽度适于与上模1和衬套3的上端表面相接触的扁平形状的下表面。盖部件5具有形成在其上端的突起5a并适于与上模支撑部件8的下表面8a相点接触。

上模加热部件6被固定到上模支撑部件8。上模支撑部件8被固定到上模轴10。这样上模支撑部件8通过上模加热部件6支撑上模1和衬套3。另一方面，下模加热部件7被固定到下模支撑部件9。下模支撑部件9通过可移动下模轴11被连接到电机(未示出)并通过电机所驱动以在垂直方向上下移动。当上、下模1、2被加热时，上模和下模加热部件6和7被安置在上模和下模加热部件6和7分别覆盖上、下模1、2的位置上。

当下模2通过下模轴11向上推动时，上模1在上模加热部件6内向上移动。直到盖部件5与上模支撑部件8的下表面8a相对接，玻璃材料W通过上模1承受较弱的载荷，因为压缩弹簧4被推动并压缩。通过压缩弹簧4所施加的较弱载荷是小于挤压载荷的载荷。挤压载荷是足以使得玻璃材料变形为所需的光学元件形状的玻璃材料的载荷，其根据所述材料的组成和光学元件的形状来选择。上述小于挤压载荷的载荷不损坏成形模或者分离膜，即使玻璃材料W在其被加热到适于挤压成形的温度之前或者在其被均热或者到达均匀的温度之前具有相对较高的粘性。优选地，通过压缩弹簧4所施加的较弱的载荷大约等于挤压载荷的 $1/1000-1/50$ 。压缩弹簧4理想地具有被确定的弹簧常数，这样压缩弹簧4的压缩量通过位置传感器(未示出)所检测，上模1的移动距离很容易被控制。

当下模2被进一步升高，且上模1在上模加热部件6内向上移动，盖部件5的突起5a与上模支撑部件8的下表面8a相接触。当下模2仍然升高，盖部件5挤压上模1的上端表面，这样挤压载荷被传输到上、下模1、2。当下模2和衬套3被升高，如前所述，盖部件5的下表面与衬套3的上端表面在接触位置相接触，挤压在作为上模挤压端位置的接触位置上完成。这样，玻璃材料W的厚度可以被控制。

盖部件5的上端上的突起5a具有角度部分或者弧形部分。使用这种结构，当突起5a与上模支撑部件8的下表面8a相接触时，挤压载荷总是施加在垂直的方向上。这样，就可以防止作为成品的光学元件的偏心率的精度由于载荷的施加方向的倾斜而下降。

上模1、下模2和衬套3的每个由诸如金刚砂或者氮化硅的陶瓷、硬质合金等所形成。上、下模1、2的成形表面根据将被形成的光学元件的形状而精确成形来获得。

在此实施例中，作为将被形成为光学元件的玻璃材料W的预成形件具有球形形状。但是，预成形件可以具有任何其它的合适的形状，诸如横截面是椭圆形或者矩形形状。玻璃材料W可以是玻璃杂石（gob）等而不是预成形件所形成。

高频感应线圈20围绕上模和下模加热部件6、7被安置以加热上、下模1、2。此处，各上模和下模加热部件6、7由通过高频波很容易感应加热的材料，例如铁、钴、镍或者钨所形成。如果成形模由陶瓷所形成，各上模和下模加热部件6、7优选地由具有相似的热膨胀系数的钨合金所形成。

优选地，各上、下模1、2的成形表面具有分离膜（parting film）。作为分离膜，可以使用下述薄膜形成：钻石状的碳薄膜（此后称为DLC）、氢化的钻石状的碳薄膜（此后DLC: H），四面体不定形碳薄膜（此后ta-C）、氢化的四面体不定形碳薄膜（此后ta-C:H）、不定形碳薄膜（此后a-C）、氢化的不定形碳薄膜（此后a-C: H）、诸如含氮的碳薄膜的碳基薄膜以及包含从包括铂（Pt）、钯（Pd）、铱（Ir）、铑（Rh）、锇（Os）、钌（Ru）、铼（Re）、钨（W）、钽（Ta）所形成的组中选择的至少一个金属的合金薄膜。特别地，保护碳作为主要成分的分离膜是优选的，因为脱模是优良的。

分离膜可以通过等离子CVD，诸如DC—等离子CVD、RF—等离子CVD、微波等离子CVD和ECR—等离子CVD、光学CVD、激光CVD、电离沉积、溅射、离子电镀、蒸气沉积和FCA（滤波阴极弧）来沉积。

上模温度传感热电偶12和下模温度传感热电偶13被分别插入到成形膜的上模加热部件6和下模加热部件7。参照热电偶12、13的测量结果，在上、下模1、2之间的温度平衡被监测，并且高频感应线圈20的加热温度被控制。

气体供给路径15通过上模支撑部件8、上模轴10、下模支撑部件9和下模轴11所形成，并连接到后面将说明的氮气体供给单元102。成形室100具有设有形成在真空室101的下部上的排放路径16的真空室101并连接到后面将说明的真空泵104。

如图2中所示，成形模被设置在包括通过石英管所形成的真空室101的成形室100中，具体而言，成形模被密闭或者密封在可以被密封的真空室101中。真空室101在上、下侧面上可打开并通过机器人（未示出）等可以向上提起。通过传送臂（未示出）等，玻璃材料W被供给到下模2上。

成形室100从氮气体供给单元102通过氮气体供给阀103和气体供给通路15供给氮气。气体供给路径15包括通过上模轴10和上模加热部件6的上部用于供给氮气的上部路径和通过下模轴11和下模加热部件7的下表面用于供给氮气的下部路径。气体供给路径15设有流速控制器（未示出）。

真空泵104和真空调（排放阀）105被连接到成形室100以将成形室100排空为真空。成形室100设有用于从内部排放气体的排放路径16。排放路径16通过真空调105被连接到真空泵104。

为了从成形室100排放气体，氮气体供给阀103和泄漏阀106被关闭同时排放真空调105被打开，并且真空泵104被操作。为了用氮气环境来填充成形室100，真空调105被关闭，氮气体供给阀103和泄漏阀106被打开。

接着，将通过使用具有上述结构的装置描述形成玻璃光学元件的过程。

首先，真空室101被向上移动。在下模2被安置在高频感应线圈20之下，

上模1和衬套3被升高。玻璃材料W被安置在下模2的成形表面上，上模1和衬套3被设置。此时，空间S被形成在下模2的成形表面和玻璃材料W之间，因为 $RM/RL > 1.0$ 的关系被满足，RM表示玻璃材料W的曲率半径，RL表示下模2的成形表面的近轴曲率半径（即，光学元件的近轴曲率半径）。

接着，真空室101被降低，成形室100被转到闭合的空间中。下模加热部件7被升高到下模加热部件7通过高频感应线圈20被加热的位置。此时，压缩弹簧4的上端被安置在压缩弹簧4与上模支撑部件8的下表面8a脱离接触的位置上。在此状态下，成形室100反复进行排空，通过阀操作氮引入大约三次。此后，成形室100被保持在常压或者正压力。在成形室100以上述的方式填充氮气，高频感应线圈20被通电以加热上模和下模加热部件6、7。这样，上、下模1、2、衬套3和安置在上、下模1、2之间的玻璃材料W被加热（参看图3中的1）。

接着，上模和下模温度传感热电偶12、13分别监测上、下模1、2的温度。当达到预定的温度时，控制器（未示出）控制对高频感应线圈20的激励以开始保持恒定的温度。

紧随温度保持恒定之前的时间上，真空阀105被打开以从成形室100抽吸气体。此时，玻璃材料W的温度被降低到挤压成形温度，优选地，不低于玻璃转变点并且低于挤压成形温度。更为优选地，玻璃材料W的温度不低于对应玻璃粘性 10^{11} dPa·S的温度并且低于对应 $10^{8.5}$ dPa·S的温度。此处，挤压成形温度是对应 10^6 — $10^{8.5}$ dPa·S粘性范围的温度范围内的预定温度。

成形室100的真空程度优选地尽可能地低。但是，大约0.04MPa的真空程度或者更小足以实现本发明的效果。在此情况下，通过在开始挤压成形时降低下模2的升高速率，捕获在空间S内的空气可以被排放。例如，在真空程度等于0.04MPa，且在挤压时下模2的升高速率是0.5mm/sec或者更小时，没有气体捕获痕迹在通过挤压成形所获得光学元件中观察到。有利地，真空程度是10kPa或者更小，优选地1kPa或者更小。通过上述排空，空间S中的被捕获的气体被释放。

此后，下模2向上移动并且压缩弹簧4在盖部件5和上模加热部件6之间

被压缩。此时，压缩量被确定以施加载荷，这样空间S通过下模2的成形表面和玻璃材料W的表面所关闭。特别地，压缩量被确定以将10—500gf的载荷，优选地100—300gf施加到玻璃材料W。在保持上述状态预定的时间周期之后（例如大约10秒），成形室100被再次供给氮气，这样成形室100的环境再次被保持在常压或者正压力。即使在此情况下，没有气体进入到空间S中，因为下模2和玻璃材料W彼此保持紧密接触。

可选地，通过微调下模2的载荷或者移动距离，就可以对上模1施加载荷，这样空间S通过下模2的成形表面和玻璃材料W的表面所关闭。在此情况下，压缩弹簧4可以被省略。盖部件5被设置在上模1的上端表面和下模支撑部件8的下表面8a之间，而其间没有设置压缩弹簧4。

此后，上、下模1、2，衬套3通过余热加热并均热或者到达均匀的温度。加热持续直到玻璃材料W到达适于挤压成形的温度范围。

在成形时，优选地上、下模1、2的成形表面和玻璃材料W被保持在对应 $10^{8.5}$ — $10^{7.5}$ dPa·S的粘性范围的范围之内的温度上。此时，在具有普通压力或者正压力的环境空气出现在成形室100内并作为介质以有效地执行热传导。此外，使用热电偶进行的温度控制可以被稳定地执行（参看图3中II）。

此后，下模2被进一步升高，直到盖部件5的突起5a与上模支撑部件8的下表面8a相接触。然后，开始挤压。

在挤压时的下模2的升高的速率优选地在0.001—1mm/sec，更为优选地0.01—0.5mm/sec。挤压载荷优选地为50—300kgf/cm²，更为优选地是100—200kgf/cm²。当盖部件5的下表面挤压下模1的上端表面时，并与衬套3的上端表面相接触（当挤压被执行到端部），此状态被保持预定的时间周期（例如，大约20秒）（参看图3中的III）。

此后，执行冷却。冷却通过在30—200°C/min的速率上慢冷来执行，优选50—100°C/min，在不高于转变点的500°C上释放载荷，然后开始速冷。速冷的冷却速率是高于慢冷的大约100—300°C/min。冷却速率（慢冷、速冷）通过使用流速控制器（未示出）控制被引入的氮气的流速而调整（参看图3中的IV）。

在冷却的过程中，被形成的光学元件被热收缩。此时，光学元件与衬套3和上、下模1、2的热膨胀系数不同。考虑到这点，在上模1的凸缘和衬套3的台阶部分之间保留公差以防止在挤压到端部时其间的相互接触以使得上、下模1、2的成形表面在冷却的过程中没有分离，上模1顺应光学元件的热收缩。使用此结构，就可以防止光学元件中的缩痕的出现并实现良好的表面精度。

当温度被降低到预定的温度，例如100°C，下模2被降低到高频感应线圈20之下。氮气的引入被停止，真空室101被向上移动。上模1和衬套3被升高，通过挤压成形所获得的光学元件被取出。此后，新的玻璃材料W被提供，上模1和衬套3被设置。然后，挤压循环被重复。

在前述的实施例中，挤压通过移动下模2而被执行。可选地，上模1可以被移动。此外，上、下模1、2可以被移动。引入到成形室100中的气体是非氧化气体，所述气体可以是氦气、氮气和氩气的混合物（例如，氮气的比率是95%或者更多），等而不是氮气。

可选地，玻璃材料W可以在成形模之外加热到不低于转变点的温度，优选地至高于对应 10^{11} dPa·S的温度，并此后被供给到成形模中。

在此实施例中，形成在成形表面和玻璃材料W之间的空间S安置在下模2的侧面上。可选地，空间可以被形成在上模1的侧面上或者上、下模1、2的两个侧面上。根据将被形成的光学元件和玻璃材料W之间的形状关系，在空间S被形成在任一侧面上的情况下，空间S优选地位于下模2的侧面上。

如果上模1太重，当上模1在玻璃材料W被供给之后设置时，空间S通过上模1的重量被关闭。因此，即使成形室100的压力被减小，被捕获的气体没有从空间S释放。因此，通过上模1的重量施加到玻璃材料W上的载荷被调整，这样当成形室100被排空时，上模1通过空间S中的被捕获气体的压力稍微升高。

用于本发明中的玻璃材料W的尺寸没有特别限制。但是，重量精度较高的球形预制件被优选地使用。此外，通过滴下熔融的玻璃而产生的热成形预成形件是最为优选的。这样的预成形件优选地具有在5—70mm³的范围内的体积。

本发明的效果是显著的，如果 $RM/RL > 1.0$ ，优选地 $1.0 < RM/RL \leq 1.6$ ，更为优选地， $1.2 \leq RM/RL \leq 1.6$ 被满足， RM 表示玻璃材料W的曲率半径， RL 表示光学元件的任一表面的近轴曲率半径。

本发明在光学元件的任一表面具有非球形的情况下可以被有利地实施。但是，所述形状不限于此，而且可以是球形。在此情况下， RL 表示球形表面的曲率半径。

此外，本发明可以被有利地实施，如果玻璃材料W具有球形形状，但是可以应用到扁平球形（双凸形状）。在此情况下， RM 表示对应光学元件的近轴区域的扁平球的曲率半径。

光学元件优选地具有外径为5mm或者更小。

如果光学元件具有形状使得关系 $1 < d/f < 3$ 被满足，那么本发明的效果是显著的， d 表示光轴上的光学元件的厚度， f 表示焦距。这是因为上述玻璃材料的体积和光学元件的形状之间的关系很容易导致气体捕获痕迹发生。

所述气体捕获痕迹不会对光学元件的光学性能造成严重的影响，如果它足够小的话。理想地，气体捕获痕迹的直径小于 $200 \mu m$ ，优选地小于 $100 \mu m$ 。根据本发明的方法，即使成形模和玻璃材料具有关系，这样关闭的空间被形成在成形模和玻璃材料之间，这就可能在不具有直径不小于 $200 \mu m$ 并出现在通过挤压成形所获得的光学元件的表面附近的气体捕获痕迹的情况下形成光学元件。

例如，假设光学元件具有第一和第二表面作为弯曲表面，且光学元件具有体积V。然后，如果 $RM'/RL > 1.0$ 被满足， RL 表示第一或者第二表面的近轴曲率半径， RM' 表示满足 $(4/3) \pi (RM')^3 = V$ 的值，那么就可能制造玻璃光学元件，其中具有直径大于 $200 \mu m$ 的气体捕获痕迹没有出现在光学元件的表面附近中。

此处，光学元件的表面附近中的气体捕获痕迹包括在光学元件的表面之下的气泡和形成在所述表面上的凹陷。特别地，此发明的效果在关系 $1.0 < RM'/RL < 1.6$ 被满足时是显著的。

通过根据本发明的挤压成形所获得的光学元件没有特别限制。但是，如果本发明可以应用到预用于记录/再现信息的光学信息记录介质一起使用的较高NA物镜或者光通讯用的高NA透镜，本发明的效果是显著的。这是因为，在较高的NA透镜中，就光学性能，具有较大表面倾斜角度或者较小的第一表面的曲率半径的形状是有利的。此外，与透镜的厚度的关系是，球形预制件的曲率半径变得大于透镜的近轴曲率半径（即，上模或者下模的成形表面的近轴曲率半径），这样气体捕获问题趋于频繁发生。

作为光学元件，在挤压成形之后不需要对中步骤的非对中透镜是优选的。在此情况下，体积等于透镜的预制件可以被使用，步骤的数目不需要增加。

特别地，本发明的效果在玻璃光学元件的任一光学功能表面（优选地第一表面）具有数值孔径NA为0.7或者更大，优选地为0.8或者更大。

优选地，根据本发明的玻璃光学元件具有至少一个非球形表面。本发明最适于双侧非球形透镜。

非球形透镜可以在光学拾起装置中被使用。特别地，非球形透镜可以是与物镜一起使用的单透镜并具有数值孔径NA为0.7或者更大，优选地为0.8或者更大，总的波像差WFE在380—450nm的可用波长上为 $0.06 \lambda_{rms}$ 或者更小，优选地为 $0.04 \lambda_{rms}$ 或者更小。上述物镜可以使用在用于在高密度光学信息记录介质上记录/再现信息的光学拾起装置中。

例如，对于上述的光学拾起装置，装置具有光源和用于将光通量从光源会聚到光学信息记录介质的物镜。在所述装置中，光源具有波长700nm或者更小，优选地500nm或者更小。

第一示例

现在将使用图2中所示的装置描述第一示例。

图3显示了第一示例中的挤压过程。

在此示例中，玻璃材料W具有球形形状并通过抛光具有 $nd=1.69350$ ， $vd=53.20$ ，软化点为 $560^{\circ}C$ ，以及转变点为 $520^{\circ}C$ 的光学玻璃材料形成为

直径2.7mm。

玻璃材料W被安置在下模2的成形表面之上。成形表面具有近轴曲率半径1.1mm。接着，上模1和衬套3被设置。空间S被形成在下模2和玻璃材料W之间。空间S的最大高度在中心为75 μm 。在图2中，空间S的尺寸出于显示方便而被强调。

下模2和玻璃材料W彼此相接触的接触部分具有直径2.2mm。在挤压成形之后的光学元件（透镜）具有外径3.1mm，厚度2.0mm。

此后，将使用具有上述结构的装置来描述本挤压过程。

在玻璃材料W被设置在成形室100的成形模中之后，阀103、105和106被操作以相对成形室100重复排空和氮引入三次。此后，当成形室100被填充氮气，高频感应线圈20被通电以加热上模和下模加热部件6、7。结果，上、下模1、2、衬套3以及玻璃材料W被加热。温度通过上模和下模温度传感热电偶12、13来监测（实际上，玻璃材料的温度在从模具的温度实际被测量的一个小延迟之后上升（参看图3））。当温度到达对应粘性 $10^{11}\text{dPa}\cdot\text{S}$ 的温度530°C，成形室100被排空直到成形室10中的真空程度变得等于大约50Pa。

此后，下模2向上移动，压缩弹簧4以1mm收缩以将大约250gf的载荷施加到玻璃材料W。在此状态被保持大约10秒之后，氮气被引入到成形室100中以在成形室100中形成正压力。然后，当到达对应粘性 $10^{8.0}\text{dPa}\cdot\text{S}$ 的温度590°C时，此温度被开始以保持恒定和均匀。保持模具温度恒定和均匀的均热持续30秒。此后，下模2以0.03mm/sec的速率被升高，挤压开始。挤压载荷150kgf。在挤压结束时，此状态被保持20秒。此后，在慢冷速率90°C执行冷却。在不高于转变点的温度500°C上，所述载荷被释放，并开始迅速冷却。在冷却之后，下模2被降低到高频感应线圈20之下。氮引入被停止。真空室101被向上移动。上模1和衬套3被移除，通过挤压成形的光学元件（透镜）被取出。

通过上述过程所产生的光学元件（透镜）的外观被观察。结果，没有任何气体捕获痕迹被观察到，成形表面被完全移动。就透镜的光学性能，象差（aberration）被测量。结果，总的波像差在被测量的波长405nm上

为 $0.02\text{--}0.03 \lambda_{\text{rms}}$ 。

如上所述，通过在围绕挤压成形温度的温度上通过排空成形室100，捕获在形成在玻璃材料W和下模2之间的空间S中的气体被释放。此后，通过在通过压缩弹簧4所施加的弱载荷之下挤压玻璃材料W，玻璃材料W和下模2之间的接触部分被密封。因此，即使氮气在上述状态中被再次引入，氮气也不会进入空间S。此外，通过在氮气在排空之后被引入的状态中均热，玻璃材料W完全达到挤压可变形粘性并可以在较高的压力载荷之下被挤压（此处，150kgf）。

比较示例

第一比较示例

为了比较，在排空的过程中通过压缩弹簧4所施加的较弱的载荷通过等于挤压载荷的载荷所代替。结果，玻璃材料W变成碎片，下模2的模具体料SiC受到损坏。

第二比较示例

与传统方面相似，成形室100在玻璃材料W通过均热达到成形温度之后被排空，此后，执行挤压。结果，通过挤压成形所获得的光学元件（透镜）具有气体捕获痕迹。原因如下。通过均热，玻璃材料W的粘性被降低以允许甚至在较弱的载荷的情况下进行变形。因此，玻璃材料W与下模2的成形表面相紧密接触。尽管成形室100被排空，被捕获的气体没有从空间S排放。

第三比较示例

上述成形过程在没有通过压缩弹簧施加较弱载荷时执行。结果，气体捕获痕迹被形成在光学元件（透镜）上。这是因为当氮气在排空之后被再次引入时进入到空间S。

第四比较示例

加热和挤压在成形室保持真空时被执行。在用于温度测量的热电偶检测挤压成形温度之后，需要均热时间并执行挤压。结果，玻璃材料W没有被充分加热，这样玻璃材料W破裂，成形模受到损坏。

在本发明的第一示例中，在挤压之前的排空可以在当模具的温度不高于玻璃材料的转变点时的时间上被开始。但是，为了缩短成形循环时间，在玻璃材料W靠近成形温度之后开始排空是有利的。通过排空将在成形室中达到的真空的程度优选地尽可能低，但是0.04MPa或者更少就足够了。这是因为，如果玻璃材料W的温度不高于对应粘性 $5 \times 10^6 \text{dPa} \cdot \text{s}$ 的温度，且下模的升高速率（挤压速率）不高于0.5mm/sec，捕获在空间S中的气体即使在小量的空气保留在成形室中时被释放。

在排空的过程中较弱的载荷优选地在玻璃材料W和成形模之间的接触部分具有直径2.2mm的情况下为50gf或者更大。较小的载荷导致气体捕获痕迹产生。在排空之后引入氮气之后的均热时间是10秒或者更大，优选地为30秒或者更大。

参照图4，将根据本发明的第二实施例描述用于制造玻璃光学元件的装置。

在此实施例中，成形室100具有挤压室101a、加热炉室101b以及冷却炉室101c。成形模具在图4成形室100中从左向右通过未示出的轨道或者旋转台移动。各成形室100的室101a—101c首先通过真空泵104排空。在闭合阀105a、105b和105c之后，氮引入阀103a、103b和103c被打开以通过氮气替换真空。各加热炉室101a和冷却炉室101c通过电阻加热器（未示出）保持在恒定的温度上。

成形室100在相对的端部设有关闭器（shutter）112、115。在关闭器112、115之外，分别设置临时室（未示出）。在临时室中交换空气和氮气之后，成形模被引入并从成形室100取出。这样，成形室100（包括挤压室101a、加热炉室101b以及冷却室101c）被保持在氮气环境中。此外，关闭器113、114被分别安置在挤压室101a和加热炉室101b之间以及挤压室101a和冷却炉室101c之间。使用此结构，排空和氮气引入独立于加热炉室101b和

冷却炉室101c在挤压室101a中执行。

第二示例

此后，将使用图4中所示的装置来描述本发明的第二示例。

图5显示了第二示例中的挤压程序。

玻璃材料的种类和光学元件（透镜）的形状和成形模与第一示例中的相似。

第二示例中的加压过程如下。

使用模具组装/卸装单元（未示出），玻璃材料W被安置在下模2上。接着，上模1被插入到衬套3中。包括上模和下模1、2的成形模被安置在模具支撑件17上并加载到与加热炉室101b相邻的临时室（未示出）中。在排空之后，氮气被引入到临时室中以执行气体交换。在完成气体交换为氮气之后，关闭器112被打开。成形模与模具支撑件17被转移到加热炉室101b中。加热炉室101b的第一加热炉101b被保持在700°C。在第一加热炉101b-1加热100秒之后，成形模被移动到第二加热炉101b-2中。第二加热炉101b-2被保持在630°C。在第二加热炉101b-2加热100秒之后，模具支撑件17被加热到对应粘性 $10^{8.5}$ dPa·S的温度580°C。

接着，关闭器113被打开，成形模与模具支撑件17被移动到保持在640°C上的挤压室101a中。关闭器113被闭合。此时，关闭器114也被闭合。然后，阀105b被打开以排空挤压室101a，这样真空度等于大约50Pa。结果，被捕获的气体在下模2中从空间S排放。

然后，挤压头10（上模轴）被降低到压缩弹簧4以1mm压缩的位置上。下降距离通过位置传感器111测量。弹簧常数是250gf/mm，这样250gf的挤压载荷被施加。在此状态中保持大约10秒，氮气引入阀103b被打开以将氮气引入到挤压室101a中。此时，玻璃材料W和下模2被彼此密封，这样没有气体进入到空间S中。当到达对应粘性 $10^{8.0}$ dPa·S的590°C温度时，用于保持模具温度恒定和均匀的均热被执行30秒。此后，挤压头10在0.03mm/sec的速率上被降低以开始挤压。挤压载荷是150kgf。在挤压端位置上，挤压

头10被保持20秒。

挤压头10被升高，关闭器114被打开。模具支撑件17被移动到冷却炉室101c。冷却炉室101c的第一冷却炉（慢冷炉）101c-1被保持在450°C上。在第一冷却炉101c上冷却100秒之后，模具支撑件17被移动到第二冷却炉（速冷炉）101c-2。在经过100秒之后，在通过临时室（未示出）之后成形模被卸装，作为玻璃光学元件的透镜被取出。

通过上述过程所制造的光学元件（透镜）的外观被观察。结果，没有任何气体捕获痕迹被形成，成形表面被完全移动。就光学元件（透镜）的光学性能，象差被测量。结果，总的波像差在被测量的波长405nm上为0.02-0.03 λ rms。

与第一示例中相似，排空在低于上述条件上的条件下执行。但是，在此情况下，循环时间被加长。

如上所述，在第二示例中，没有气体捕获痕迹的表面质量优良的光学元件可以与第一示例中相似来获得。如果成形模以一一对应被同时设置在各炉中，就可以在不长于100秒的成形周期内制造光学元件。此外，通过在各炉中设置多个成形模，并使用多个数目等于成形模的挤压头，就可以较低的成本实现大规模生产。

本发明也可以应用到形成需要较高的成形精度的产品的挤压成形中，尤其是用于数码相机的光学透镜以及用于在诸如DVD的光学记录介质上记录和再现信息用光学拾起器的挤压成形中。

尽管对本发明的一些实施例进行了说明，普通技术人员可以理解在不背离本发明的精神和原则的情况下可以对本发明进行修改和变化，其范围由所附权利要求书所限定。

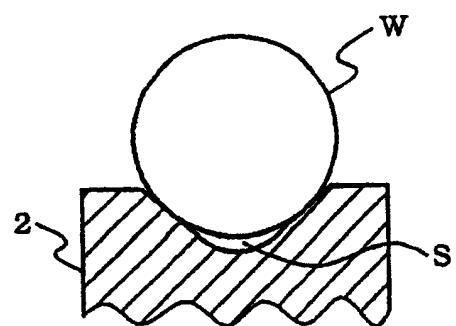


图 1

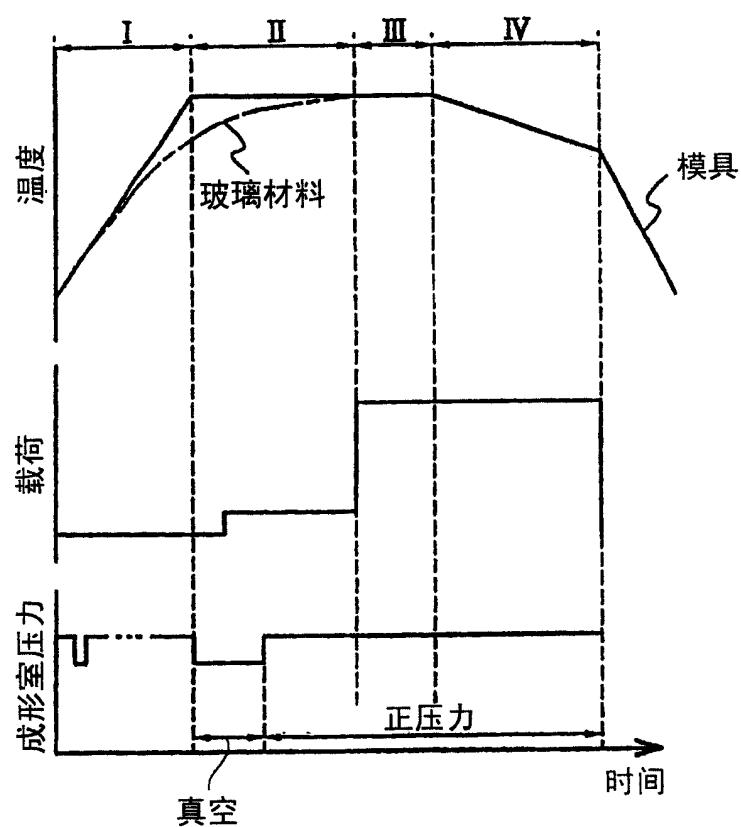


图 3

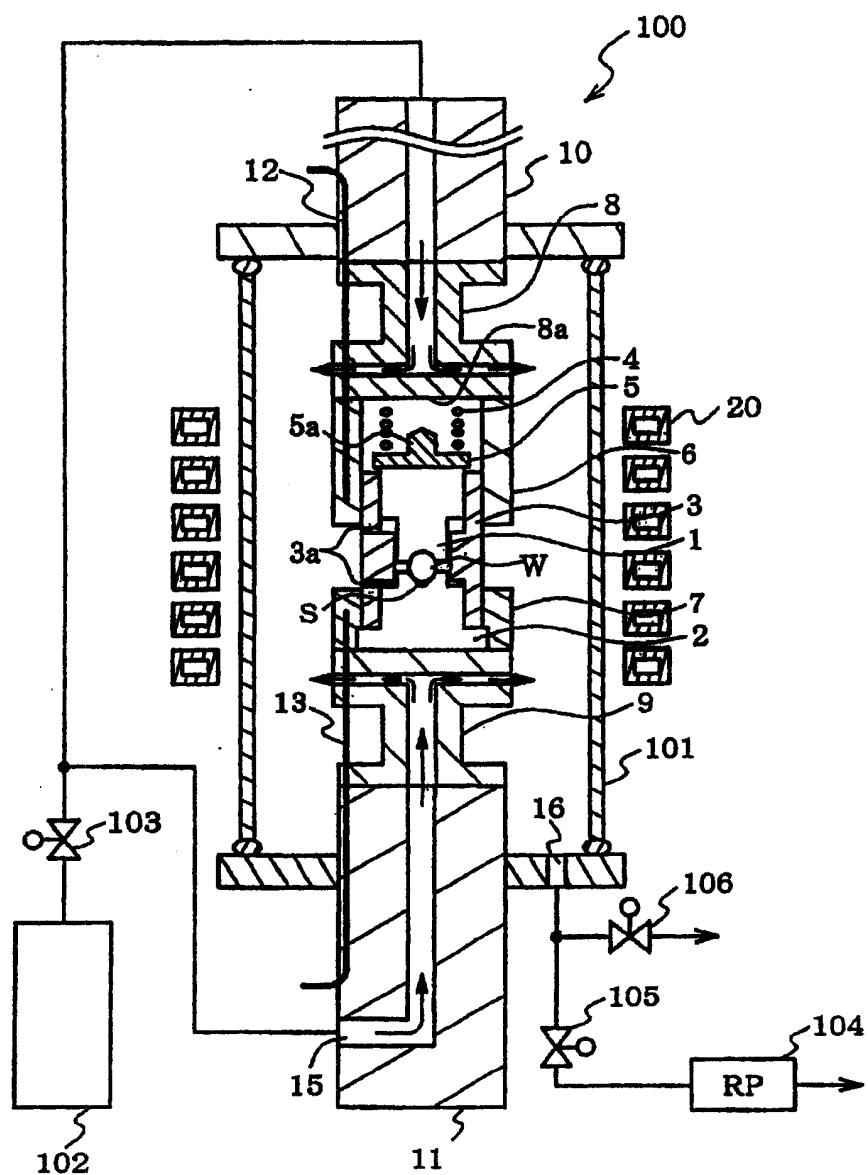


图 2

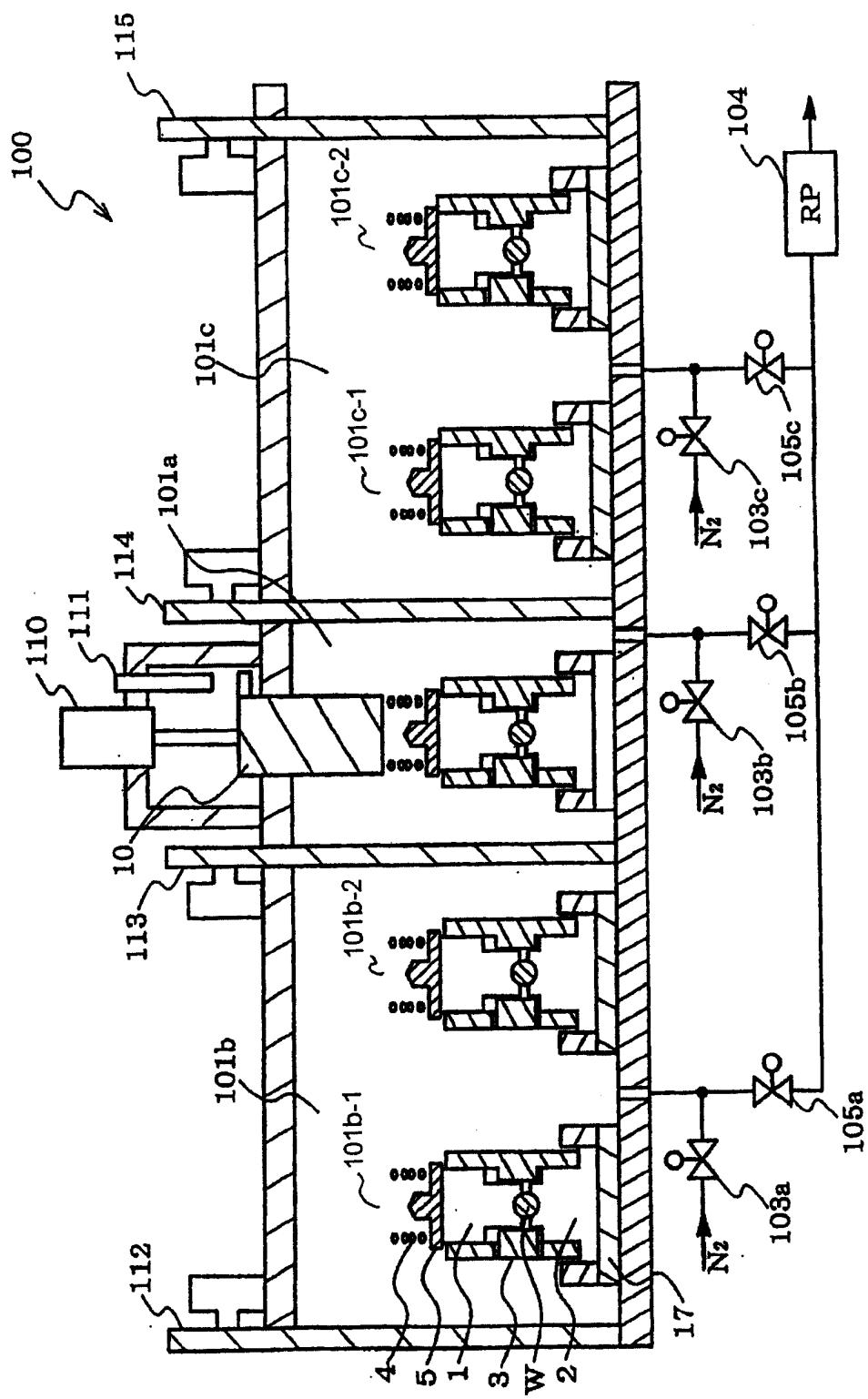


图 4

