



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104228092 A

(43) 申请公布日 2014.12.24

(21) 申请号 201410389226.5

(22) 申请日 2010.03.29

(30) 优先权数据

61/164,995 2009.03.31 US

12/729,334 2010.03.23 US

(62) 分案原申请数据

201080015857.0 2010.03.29

(71) 申请人 庄臣及庄臣视力保护公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 M. F. 维曼 J. B. 恩斯

P. M. 鲍威尔 P. W. 赛特斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 徐予红 汤春龙

(51) Int. Cl.

B29D 11/00 (2006.01)

G02C 7/04 (2006.01)

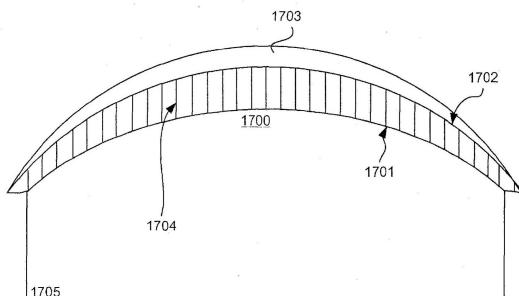
权利要求书2页 说明书26页 附图18页

(54) 发明名称

具有折射率变化的自由成形透镜

(57) 摘要

本发明公开了眼用透镜，所述眼用透镜的至少一部分包含聚合的可交联材料的多个个体素(1704)。另外，本发明提供用于制备眼用透镜的设备，所述眼用透镜的一个或多个区域具有不同的折射率，且其表面具有凸起区域和凹陷区域中的一者或两者。



1. 一种形成前体构件的方法,由所述前体构件能够制成眼用透镜,所述方法包括:

定位包括表面的基板,所述表面具有弓形光学性能区域,所述弓形光学性能区域与包含在容器内的一定体积的可交联的反应性混合物接触,其中所述反应性混合物包括光吸收性组分,其中所述容器的形状不会影响所形成的前体构件的形状;

利用数字反射镜器件将调制的光化辐射光束划分成多个光束,其中所述光化辐射的一个或多个波长包括至少部分地被所述光吸收性组分吸收的波长;

使划分的光束的第一光化辐射透射通过所述基板第一计算的时间和强度以便将所述一定体积的反应性混合物的第一部分聚合到始于所述基板的光学性能区域的表面并且延伸进入所述一定体积的反应性混合物的固化的相应深度,其中所述第一光化辐射的透射形成包括第一折射率的透镜前体的第一区域;以及

使划分的光束的第二光化辐射透射通过所述基板第二计算的时间和强度以便将所述一定体积的反应性混合物的第二部分聚合到始于所述基板的光学性能区域的表面并且延伸进入所述一定体积的反应性混合物的固化的相应深度,其中所述第二光化辐射的透射形成包括第二折射率的透镜前体的第二区域;

其中在光学区内空间分布所述透镜前体的第一区域和第二区域。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,又包括形成附加区域的步骤,所述附加区域包括不同的折射率。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中聚合的一定体积的可交联材料包括交联逐体素图案。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述第一部分又包括到辐射的一个或多个波长的光吸收性组分。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述第一部分或第二部分又包括有机硅组分。

6. 根据权利要求 4 所述的方法,其中所述第一部分包括第一光学表面。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中所述第二部分包括第二光学表面。

8. 根据权利要求 3 所述的方法,其中所述第一部分通过将反应性混合物暴露于多条光化辐射射线来形成,其中每一条光化辐射射线都源于源,并且每一条射线都朝所述可交联材料的预定部分被反射预定的时间段。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中朝所述可交联材料的预定部分被反射预定的时间段的每一条光化辐射射线包括预定波长。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述第二部分通过将反应性混合物暴露于源于多个点的多条光化辐射射线来形成。

11. 根据权利要求 3 所述的方法,又包括形成聚合的可交联材料的一个或多个凹陷区域的步骤。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,又包括形成聚合的可交联材料的一个或多个高位区域的步骤。

13. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述一定体积的可交联材料包括超过凝胶点聚合的分层体积,使得它与由聚合的可交联材料的体素形成的所述凹陷区域为共形的。

14. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述一定体积的可交联材料包括超过凝胶点聚合的分层体积,使得它与由聚合的可交联材料的体素形成的所述凹陷区域为非共形的。

15. 根据权利要求 3 所述的方法,其中每一个体素都包括第一末端和第二末端,并且包括在凝胶点以上聚合的分层的一定体积的可交联材料的所述第二部分基本覆盖每一个第二末端。

16. 根据权利要求 6 所述的方法,其中所述第一部分包括沿着所述基板的表面形成的非邻接的图案。

17. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括由所述前体形成透镜的步骤,其中所述透镜的周边实质上包括非圆形的形状。

18. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括由所述前体形成透镜的步骤,其中所述透镜的周边实质上包括椭圆形的形状。

19. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括由所述前体形成透镜的步骤,其中所述透镜包括复曲面的形状。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述第一区域和第二区域的至少部分是在所述透镜前体的光学区部分中。

具有折射率变化的自由成形透镜

[0001] 相关专利申请

[0002] 本专利申请要求提交于 2010 年 3 月 23 日的美国专利申请 No. 12/729,334 和提交于 2009 年 3 月 31 日的美国专利申请 No. 61/164,995 的优先权。

技术领域

[0003] 本发明描述了用于制造眼用透镜的设备,更具体地讲,在一些实施例中,描述了具有自由成形表面和不同折射率的区域的眼用透镜的形成。

背景技术

[0004] 已知的是经由注塑成型技术制造眼用透镜,在该技术中,将单体材料沉积在两个或更多个相对的模具部件的光学表面之间所限定的腔体中。用于将水凝胶塑造成可用制品(例如,眼用透镜)的多部件模具可以包括(例如)第一模具部件和第二模具部件,第一模具部件具有与眼用透镜的后曲面对应的凸面部分,第二模具部件具有与眼用透镜的前曲面对应的凹面部分。

[0005] 为用此类模具部件来制备透镜,将未固化的水凝胶透镜制剂放置在介于一次性塑性前曲面模具部件与一次性塑性后曲面模具部件之间并且将其聚合。然而,由此得到的眼用透镜的设计局限于所用模具的设计。

[0006] 因此,期望有其他有利于形成预定大小和形状的眼用透镜的方法和设备,使得可针对具体患者和 / 或目的来定制透镜。

发明内容

[0007] 本发明涉及眼用透镜,眼用透镜包括第一部分和第二部分,第一部分包含聚合的可交联材料的多个体素,第二部分具有在凝胶点以上聚合的一定体积的分层可交联材料。另外,根据本发明形成的透镜的不同区域可包括不同的折射率以进一步有利于矫正视力。

[0008] 一般来讲,将包含光吸收性组分的反应性混合物通过具有弓形表面的基板暴露于光化辐射源。弓形表面的至少一部分可包括光学性能表面。光化辐射是可控的,能以预定图案固化反应性混合物的一部分。预定图案可包括第一表面和第二表面,第一表面沿着光学性能基板表面形成,第二表面在反应性混合物体积内自由形成。

[0009] 根据本发明的透镜可包含光吸收性组分。光吸收性组分可用于形成多个体素。每一个体素都可以包括第一末端和第二末端,并且并且第二部分基本覆盖每一个第二末端,第二部分可以包含一定体积的分层可交联材料,一定体积的分层可交联材料在凝胶点以上聚合。各种实施例可在第一部分和第二部分中的一者或两者中包括光学表面。

[0010] 聚合的透镜材料的体素可以通过将可交联的材料暴露于多条光化辐射射线来形成,每一条光化辐射射线都源于辐射源,并且朝反应性混合物的预定的部分反射预定的时间。朝反应性混合物的预定的部分反射预定的时间的每一条光化辐射射线都可具有预定的波长。在一些实施例中,第二部分通过将反应性混合物暴露于多条光化辐射射线来形成,所

述多条光化辐射射线源于多个点。

[0011] 一些另外的实施例可包括具有（例如）以下一个或多个特征的透镜：由聚合的可交联材料的体素形成的槽；由聚合的可交联材料的体素形成的一个或多个高位区域。

[0012] 根据本发明形成的透镜可为球面或非球面。第一表面可包括光学性能视区，第二表面可包括人工痕迹。

[0013] 在一些实施例中，透镜可由包括流体区域和结构区域二者的透镜前体形成。在一个优选的实施例中，结构区域在很大程度上由体素光刻部分的操作确定；然而流体区域尽管也受到体素光刻部分的影响，但可以多种方式确定。在可供选择的实施例中，可以由体素光刻部分的作用来形成透镜，而无需经过透镜前体这一中间产品。

附图说明

- [0014] 图 1 示出了可用于实现本发明的一些实施例的方法步骤。
- [0015] 图 2 示出了可用于实现本发明的一些实施例的另外一些方法步骤。
- [0016] 图 3 示出成形辐射和固定辐射时吸光率和透射率之间的关系的实例。
- [0017] 图 4 示出利用本文所公开的发明制备的透镜的实例。
- [0018] 图 5 示出了可用于实现本发明的一些实施例的设备元件，包括基于体素的光刻元件。
- [0019] 图 6 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性光源设备元件。
- [0020] 图 7 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性光学设备元件。
- [0021] 图 8 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性数字反射镜设备元件。
- [0022] 图 9 示出了可用于实现本发明的一些实施例的附加设备元件。
- [0023] 图 10 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性成形光学器件。
- [0024] 图 11 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性单体贮存器。
- [0025] 图 12 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性材料移除设备。
- [0026] 图 13 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性材料移除设备的总体运动系统。
- [0027] 图 14 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性稳定和固定设备。
- [0028] 图 15 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性计量系统。
- [0029] 图 16 示出了可用于实现本发明的一些实施例的示例性水合和移除系统。
- [0030] 图 17 示出了透镜前体的示例性横截面图，该透镜前体具有体素形成物和一定体积的分层流体透镜反应性介质。
- [0031] 图 18 示出了具有示例性人造槽的透镜前体。
- [0032] 图 19 示出了通过使透镜前体暴露于光化辐射而形成的透镜。

具体实施方式

[0033] 本发明提供用于形成透镜和用于形成透镜前体的方法和设备。在以下段落中，将提供本发明实施例的详细描述。虽然作了详述，但优选实施例和可供选择的实施例均仅为示例性实施例，并且应当理解，其变化、修改和更改对于本领域的技术人员而言可能是显而易见的。因此，应当理解，示例性实施例并不限制本发明各方面的广度，而是由权利要求所

限定。

[0034] **术语表**

[0035] 在涉及本发明的本具体实施方式和权利要求书中,可以使用将适用以下定义的多个术语:

[0036] 如本文所用,“光化辐射”是指能够引发化学反应的辐射。

[0037] 如本文所用,“弓形”是指象弓一样的弯曲形状。

[0038] 如本文所称,“比尔定律”以及有时所称的“比尔 - 朗伯定律”为: $I(x)/I_0 = e^{-\alpha c x}$, 其中 $I(x)$ 为强度, 其为距照射表面的距离 x 的函数, I_0 为在表面处的入射强度, α 为吸收组分的吸收系数, c 为吸收组分的浓度。

[0039] 如本文所用,“使准直”表示限定辐射的锥角, 例如接收辐射作为输入的设备作为输出而发射的光; 在一些实施例中, 可以限定锥角, 使得发出的光线平行。因此,“准直仪”包括执行此功能的设备,“已准直”则描述作用于辐射的结果。

[0040] 如本文所用,“DMD”是数字微镜器件,一种由功能性地安装在 CMOS SRAM 上的可移动微镜阵列组成的双稳态空间光调制器。通过将数据载入反射镜下的存储单元来独立控制每一面反射镜使反射光转向,从而将视频数据的像素空间映射到显示器上的像素。数据以二进制方式静电地控制反射镜的倾角,其中反射镜状态为 +X 度(开)或 -X 度(关)。对于当前的器件,X 可为 10 度或 12 度(标称)。由开反射镜反射的光随后通过投影透镜并投射到屏幕上。光在反射关闭时产生暗视场,并限定用于图像的暗电平基准。图像通过介于开电平与关电平之间的灰度调制来形成,开关速率快到足以让观看者将其视为完整图像。DMD(数字微镜器件)有时是 DLP 投影系统。

[0041] 如本文所用,“DMD 脚本”应指空间光调制器的控制协议以及任何系统元件的控制信号,系统元件例如为光源或滤光轮,其中任何者都可以包括一系列时序命令。使用首字母缩写词 DMD 并不表示将该术语的使用限于空间光调制器的任何一种具体类型或大小。

[0042] 如本文所用,“固定辐射”是指足以使包括透镜前体或透镜的基本上所有反应性混合物中的一种或多种聚合并且交联的光化辐射。

[0043] 如本文所用,“流体透镜反应性介质”表示反应性混合物,在其天然形态、反应后的形态或部分反应后的形态是可流动的,并且可在进一步加工时形成眼用透镜的一部分。

[0044] 如本文所用,“自由成形”是指由反应性混合物交联形成的表面,而不是按照注模成形的。

[0045] 如本文所用,“凝胶点”应指第一次观察到凝胶或不溶物的点。凝胶点是液态聚合混合物交联至变成固体的程度时的转化率量值。凝胶点可用索氏实验确定:在不同时间点停止聚合物反应,分析所得聚合物以确定残余不溶性聚合物的重量比例。这些数据可外推至不存在凝胶的点。该不存在凝胶的点就是凝胶点。凝胶点还可以通过分析反应期间反应性混合物的粘度来确定。可使用平行板流变仪将反应性混合物放在板之间来测量粘度。至少一块板应透过聚合反应所用波长的辐射。粘度接近无穷大的点为凝胶点。对于给定的聚合物体系和指定的反应条件,凝胶点以相同的转化度发生。

[0046] 如本文所用,“透镜”是指位于眼睛内或眼睛上的任何眼科装置。这些器件可提供光学矫正作用或可以起到美容的作用。例如,术语透镜可以指用于矫正或改进视力或用于增进眼部生理美容(如虹膜颜色)而不会影响视力的接触透镜、眼内透镜、覆盖透镜、眼用

膜剂、光学植介入物或其他类似器件。在一些实施例中，本发明的优选透镜是由有机硅弹性体或水凝胶制成的软质接触透镜，其中水凝胶包括（但不限于）有机硅水凝胶和含氟水凝胶。

[0047] 如本文所用，“透镜前体”表示由透镜前体构件和与透镜前体构件接触的流体透镜反应性混合物组成的复合物。例如，在一些实施例中，在一定体积的反应性混合物内制备透镜前体构件的过程中，会形成流体透镜反应性介质。从用于制备透镜前体构件的一定体积的反应性混合物中分离出透镜前体构件和所粘附的流体反应性介质，可得到透镜前体。另外，透镜前体可通过移除大量流体透镜反应性介质或将大量流体透镜反应性介质转化成非流体复合材料而转变为不同的实体。

[0048] 如本文所用，“透镜前体构件”表示具有至少一个光学性能表面的非流体物，其经进一步加工即可相容地复合到眼用透镜中。

[0049] 如本文所用，“透镜成形混合物”可与“反应性混合物”互换使用；“反应性单体混合物”或“可交联材料”是指单体或预聚物材料，其可固化和 / 或交联以形成眼用透镜或眼用透镜的一部分。各种实施例可包括透镜成形混合物，其中透镜成形混合物具有一种或多种添加剂，例如紫外线阻挡剂、着色剂、光引发剂或催化剂以及眼用透镜（例如接触透镜或眼内透镜）中可能需要的其他添加剂。

[0050] 如本文所用，“模具”是指可以用于利用未固化的制剂来形成透镜的刚性或半刚性物体。一些优选的模具包括形成前曲面模具部件和后曲面模具部件的两个模具部件。

[0051] 如本文所用，术语“辐射吸收组分”是指可与反应性单体混合制剂组合并且可在特定波长范围内吸收辐射的辐射吸收组分。

[0052] “反应性混合物”（本文中有时也称为透镜成形混合物、可交联介质或反应性单体混合物，与“透镜成形混合物”的含义相同。

[0053] 如本文所用，“从模具脱离”表示透镜完全从模具分离，或仅松弛地附连，以使得可通过轻轻晃动取出或用药签推出。

[0054] 如本文所用，“立体光刻透镜前体”表示透镜前体构件是使用立体光刻技术制成的透镜前体。

[0055] “基板”为物理实体，其他实体可在其上面放置或形成。

[0056] 如本文所用，“瞬态透镜反应性介质”表示可以在透镜前体构件上保持流体或非流体形态的反应性混合物。然而，在复合到眼用透镜中之前，瞬态透镜反应性介质可通过清洗、溶剂化和水合步骤中的一个或多个而被大量移除。因此，为清楚起见，透镜前体构件和瞬态透镜反应性混合物的组合不构成透镜前体。

[0057] 如本文所用，“体素”或“光化辐射体素”为体积元，表示三维空间中规则网格上的值。但是，体素可看成三维的像素，其中像素表示二维图像数据而体素包含第三维。此外，其中体素常用于可视化以及医疗和科研数据分析，在本发明中，体素用于限定到达特定体积的反应性混合物的光化辐射量的边界，从而控制该具体体积的反应性混合物的交联或聚合反应速度。举例来说，本发明中的体素被视为存在于与二维模具表面共形的单层内，其中光化辐射可垂直地辐射到二维表面并以每一个体素的共同轴向尺寸表示。例如，具体体积的反应性混合物可以按 768×768 个体素交联或聚合。

[0058] 如本文所用，“基于体素的透镜前体”表示透镜前体构件是使用基于体素的光刻技术形成的透镜前体。

[0059] 如本文所用,“Xgel”是可交联反应性混合物的化学转化率,在该化学转化率下,混合物中凝胶份额变得大于零。

[0060] 参见图 1,该图示出本发明的一些实施例的框图 100。各个方面包括(例如):基于体素的光刻法 110;可供选择的成形方法 120;透镜前体加工方法 130;后加工方法 140;以及计量和反馈方法 150。框图中标识了两个制品,该制品包括透镜前体 160 和眼用透镜 170。

[0061] 用于形成透镜前体和眼用透镜 170 的方法和设备在以下共同待审的美国专利申请中有详细描述:No. 12/194,981(名称为“Apparatus for Formation of an Ophthalmic Lens Precursor and Lens”(用于形成眼用透镜前体和透镜的设备),2008 年 8 月 20 日提交)、No. 12/195,132(名称为“Methods for Formation of an Ophthalmic Lens Precursor and Lens”(用于形成眼用透镜前体和透镜的方法),2008 年 8 月 20 日提交)、No. 12/363,138(名称为“Ophthalmic Lens Precursor and Lens”(眼用透镜前体和透镜),2009 年 1 月 30 日提交)、No. 12/396,019(名称为“Free Form Ophthalmic Lens”(自由成形眼用透镜),2009 年 3 月 2 日提交),其中每一个专利申请的内容都以引用的方式并入本文。

[0062] 如图所示,单箭头可包括一些实施例可采取的一般方向,双箭头则表示材料、数据以及信息中的一些或全部可以在各种方法部分与核心测量和反馈部分之间来回流动。

[0063] 基于体素的光刻法

[0064] 现在再参见图 1,基于体素的光刻法 110 是根据本发明的一些实施例制备透镜的初始步骤,包括将透镜参数输入计算机或用于执行算法计算的其他处理器中。在一些实施例中,此类参数可通过测量眼科患者的光学表面上的光学像差或者患者视力系统的其他物理或神经方面来获得。这些测量值可被转换为要形成的透镜的所需波前特性。在其他实施例中,可能存在可输入到算法中以确定透镜制备参数的理论透镜波前特性。

[0065] 在步骤 115 处,算法接受上述输入参数,在一些实施例中使参数与此前制备的透镜相关。现在可确定一系列“帧”以用于曝光“影片”或脚本,其将被传输至空间光调制器。

[0066] 可能还有多个方法可用于将特定体素元的算法输出及时转换为应当包括“DMD”脚本的计划光反射分布。举例来说,算法所要求的总强度值可作为一系列时间步发送到在反应性混合物处的体素位置,其中在整个时间段内光照明系统的输入强度被反射。全“开”步的整体强度可以随后由另一个时间步补充,在该时间步向反射镜元件写入一个部分数值,因此在将反应性混合物整体曝光的剩余时间步中,反射镜具有小于全开的占空比“开”度,然后此特定体素元可在剩余期间“关”。可供选择的方法可包括,取得将被递送的多个步或“帧”的强度平均值,然后使用该值设定发送到 DMD 的大部分帧值。本领域的技术人员可以清楚的是,在此前进行的设备讨论中讨论的空间光调制器一般也具有与创建此强度和时间照射控制之意图相关的方法实施例。

[0067] 虽然上述方法是涉及通过空间照明装置的动作调制施加到空间照明装置的固定强度的给定实例,但如果来自光源的强度在光源或带滤光的光学系统中得到调制,则可得到更先进的方法。可以从照明系统元件和空间照明调制器这两者中的强度控制组合中得出更多实施例。还可以从照明波长控制中得到其他实施例。

[0068] 形成“DMD”脚本的方法一般来说应视为涉及发送给任何大小的任何空间光调制器

的控制信号以及发送给任何系统元件的控制信号,如(例如)光源、滤光轮等等,因此该方法通常可以包括创建一系列编程的时序命令。对本领域的技术人员可以显而易见的是,有许多实施例涉及创建控制信号程序的方法,其中涵盖涉及光化辐射详情、所使用光学系统详情以及包括反应性混合物的材料详情的多个实施例。

[0069] 应当指出“DMD”脚本和算法详情可能与处理后获得的结果有关系。关键参数的反馈将在稍后讨论,因此此类详细讨论将后推。然而,就创建如方框 115 所示的 DMD 脚本的方法而言,在基于体素的光刻法与反馈和计量法来回指向的双箭头部分地是指在创建 DMD 脚本的方法中的此信息交换中的作用。

[0070] 输入形成透镜前体的方法中的另一项内容包括为系统配制和制备反应性混合物。例如,在反应性混合物中充当单体单元的化学组分可以包括对紫外光谱中的光具有光反应性的化学品(如在实施例中的一些中所述的那样)。然而,与不考虑比尔-朗伯-波格定律效应的一些其他方法不同,本发明中的反应性混合物包括以光反应性方式吸收光化辐射的分子。系统内的组分同样可被调控,使其与电磁谱的另一部分相一致。因此,分子在电磁谱的大部分上对光化辐射敏感。

[0071] 在一些实施例中,反应性混合物包括与其他化学组分混合的一种或多种光化反应性单体。作为非限制性实例,可以包括其他化学品作为吸收化合物。例如,反应性混合物的此类添加剂在一些实施例中可能很重要,这些实施例运用基于体素的光刻法而使得沿着由体素元限定的光路的光化辐射强度可通过比尔-朗伯-波格定律模拟得出。一种或多种此类组分可在很大程度上限定体素元内的形成工艺的厚度敏感性。另外,一些实施例可包括向反应性混合物中添加吸收相关光谱区域内的光的组分。

[0072] 在其他实施例中,反应性混合物的吸收组分会增加刚讨论的方法的复杂性。例如,在本发明的一些实施例的范围内,光化辐射吸收剂组分可包括吸收不同方式和/或波长的光的多个分子。另一些实施例可从由分子构成的吸收剂单元得到,这些分子本身具有多个相关的吸收谱带。更多方法实施例可包括向反应性混合物中添加具有组合的单体和吸收剂作用的组分。这种组合作用继而可在一些实施例中还允许甚至在单体发生化学反应后继续起到吸收作用。作为另外一种选择,另一些实施例可向反应性混合物中添加在生化反应进行时具有一种或多种改变的吸收性质的化学品。根据一般的观点,可以清楚的是,用于该方法的多个实施例包括反应性混合物,该反应性混合物具有吸收一个或多个相关光谱带辐射的组分,这些实施例可在本发明的范围之内。

[0073] 如果在制备反应性混合物的方法中包括添加抑制剂组分,则可以得出另外的实施例。在这个意义上,抑制剂化合物的作用应当在于与反应性混合物中形成的化学产物进行反应。在一些实施例中,光化辐射的吸收可以生成一种或多种自由基化学物类。抑制剂可与自由基物类反应,从而结束聚合反应的路径。此类实施例的一个效果应当是限制光化学聚合反应的持续时间,或者以其他方式限制聚合反应可以在距原始光吸收引发剂事件多远的距离发生。可以显而易见的是,向反应性混合物中添加抑制剂的一些实施例可能因此具有空间分辨率的关联性,其中体素元中的光子集合将最终在其引发的反应空间定位中进行反射。通常抑制剂的作用可以涵盖许多涉及本领域的实施例。

[0074] 可按抑制方式起作用的反应性混合物的化学物类或组分的类型包括本领域的许多其他实施例。与吸收剂一样,在多个聚合反应路径中具有双重作用的抑制剂也在本发明

的范围内。此外，抑制剂可包括单体分子本身的一部分。抑制剂可具有热或光反应性敏感性。还可从处于纯化学状态的抑制剂的性质得出其他实施例，因为它可以包括在混合物中的溶解形态，但呈现其纯形态的气体、液体或固体特性。

[0075] 制备反应性混合物的方法可以具有相对于添加引发剂组分的另外的实施例。反应性混合物可以包含光吸收性组分，该组分在吸收光子过程中生成促成聚合反应的化学物类。在一些实施例中，引发剂还可包括在特定频带内显著吸收的分子。可能会出现具有在用于设备的多个相关频带内为光吸收性的引发剂分子的更多实施例。其吸收也可能包括相对较宽的相关频带。如果反应性混合物的引发剂组分衍生自单体混合物单体分子类型中的一种或多种的化学引发剂反应性，则还可能有更多实施例。

[0076] 现在再参见图1，在步骤112处，可将一定量的反应性混合物定量给料到成形光学器件可进入的贮存器中。在一些实施例中，贮存器将为开放式容器，在其他实施例中，贮存器可包括模具部件，该模具部件适合于与另一模具部件配合。具有多个模具部件的实施例可能类似于注塑成型系统，然而与注塑成型不同的是，本发明将以自由成形方式形成所得透镜一个表面的至少一部分，其不遵循包括模制系统的模具部件中的至少一个的曲率。

[0077] 在一些实施例中，无论是开放式的还是闭合式的，都可对包含在贮存器中的反应性混合物进行平衡，以使其具有所需浓度的溶解氧或其他气体。在一些实施例中，所述平衡可这样实现：将包含一定体积的反应性混合物的容器储存在机罩中，所述机罩内的大气环境包含预定量的氧气（或其他气体），以在溶解时平衡至所需浓度。另外的实施例可包括可以通过膜技术将正确量的氧气交换到流动的反应性混合物中的自动化设备。采用对反应性混合物进行定量给料以达到所需气体掺入含量的其他方法也符合本发明的范围。

[0078] 在一些实施例中，一定体积的定量给料的反应性混合物这时可以手动方式转移到成形光学器件表面附近的贮存器中，该贮存器包括容纳所述混合物的容器。其他实施例可包括用反应性混合物填充贮存器的自动化机构。还有更多本发明的实施例可包括填充在透镜形成过程中需要时可能使用的一次性容器。本发明的范围包括使用某种方法填充成形光学器件表面附近的贮存器，其填充量为至少大于全部加工过程后将包括的成形透镜的材料量。

[0079] 在步骤116处形成透镜。通常，反应性混合物包含吸收元素，使得引导到反应性混合物中的光化辐射的强度基于成像的光化辐射所经过的深度而存在显著的吸收性降低；如在一些实施例中可以采用比尔定律体系进行模拟。

[0080] 在一些实施例中，在将一定体积的反应性混合物暴露于光化辐射的DMD脚本之后，将从剩余体积的反应性混合物取出呈现脚本的成形光学器件。一些实施例可包括只是将成形光学器件从反应性混合物的贮存器中升起。在其他实施例中，可将贮存器降低以远离成形光学器件。各种实施例还可包括从所述体积的反应性混合物取出附接到成形光学器件的结构体。结构体可包括（例如）透镜前体构件、透镜前体或透镜。

[0081] 还可从用能够控制这种移除速度的设备以一定精度自动降低或升高的步骤得出更多实施例。在可供选择的实施例中，反应性混合物的贮存器可以某种方式排空，导致成形光学器件与所附的透镜前体构件从反应性混合物分离。

[0082] 本发明提供在视区中形成的包括多个区的眼用透镜的设备和方法。所述多个区包括由折射率变化以及视区中的透镜区域的形状变化带来的光学特性中的一者或两者。在一

些实施例中，折射率不同的区域以空间方式分布在视区内，以与患者的视力矫正需要相对应。

[0083] 本发明可利用光化辐射的调制，以基于不均匀固化来产生折射率不同的一个或多个区域，并且还根据反应性混合物的光吸收特性调制光化辐射，以形成具有光学性能的表面。在另一方面，本发明提供调制或减小紫外光以实现整块反应性混合物材料的不均匀固化的方法。因此，一些实施例包括两个或更多个光学区，其中每一个光学区都可通过不同的折射率和不同的光学曲率中的一者或二者形成。

[0084] 除非另有定义，否则本文所用的所有科学技术术语的含义与本发明所属领域的普通技术人员通常理解的含义相同。通常，本文所用的命名以及制备工序是本领域熟知且常用的。常规的方法用于这些工序，例如本领域以及各种一般参考文献中所提供的那些。凡是术语以单数形式提供的，本发明人还设想该术语的复数形式。

[0085] “可交联和 / 或可聚合材料”是指能够通过光化辐射聚合和 / 或交联以获得生物相容性交联和 / 或聚合材料的材料。光化辐射的实例为紫外线辐照、电离辐射（如伽马射线或 X 射线照射）、微波照射等等。

[0086] “聚合物”表示通过聚合一个或多个单体而形成的材料。

[0087] “预聚物”是指起始聚合物，该起始聚合物能够通过光化辐射聚合和 / 或交联以获得分子量比该起始聚合物高许多的交联的聚合物。

[0088] 本发明通常涉及接触透镜的制造和设计。在一个方面，本发明提供这样的方法，该方法通过根据照明方案调制能源以产生变化的光强度来生成具有所需光焦度的透镜光学区。根据本发明，照明方案可与反应性混合物的光吸收特性相结合。变化的光强度可对反应性混合物进行不均匀固化，以在固化的透镜内形成透镜光学区中的折射率空间分布。例如，能源（例如紫外光）的强度变化，以调控光学波前。可根据指定模式调控光学波前，例如 Zernike 多项式基本集或远视眼像差模式。光学波前可来源于像差仪数据、角膜地形图数据，或者像远视眼矫正波前一样计算。

[0089] 本发明的软质接触透镜优选地由具有允许调制折射率的材料性质的反应性混合物（例如含硅或氟水凝胶或 HEMA）制成。应当理解，在本发明的接触透镜的制备中可使用任何反应性混合物。适合于此应用的优选材料和制剂优选地由纯水凝胶或经特别改性的水凝胶组成，优选为包含辐射活化的可交联官能团的聚乙烯醇（PVA），其在暴露于特定波长时可被光引发。

[0090] 根据一些实施例，眼用透镜可通过双面模制（DSM）工艺，结合利用光吸收性工艺的自由成形法和设备来制备，诸如本文中与比尔定律有关地描述的那些。

[0091] 透镜的设计可包括在透镜几何形状内、在材料本体内形成一个区或多个区。透镜几何形状可包含透镜光学区中的单个折射率或多个折射率，这取决于所需矫正的类型。通常，最通行的透镜具有基本上均匀的折射率。

[0092] 本发明提供具有空间分布的折射率的透镜。另外，透镜可包括具有变化的折射率梯度的区。所述折射率（结合或代替表面几何形状光学设计）优选地生成透镜的光焦度。这些区的位置由透镜的所需光学设计确定。具有恒定或变化的折射率梯度的区可用于制备单视透镜、复曲面透镜、双焦透镜、多焦透镜或其任何组合。

[0093] 透镜的光焦度是前表面和后表面的曲率的函数。具体地讲，透镜的光焦度以屈光

度来测量,其可视为是透镜焦距的倒数。

[0094] 在一些实施例中,透镜的表面可变化,以改变矫正视力的焦距;另外,本发明提供折射率的改变,并且眼用透镜的表面被塑造成改变穿过透镜的光的焦距。

[0095] 本发明提供为球面或非球面的光学表面或形状。球体可以光轴为中心。标准球面的“垂度”或 z 坐标由下式给出:标准球面 $z = cr^{2(1-(1+k).times.c2.times.r^2)}$, 其中 c = 曲率(半径的倒数), r = 透镜单元中的径向坐标, k = 二次曲线常数;二次曲线常数对于双曲线而言为小于 -1, 对于抛物线而言为 -1, 对于椭圆而言为介于 -1 和 0 之间, 对于球体而言为 0, 对于扁椭球而言为大于 0。

[0096] 本发明中包括的一些透镜设计可消除或矫正光学像差和离焦。用于矫正离焦的两个基本方法涉及对透镜表面轮廓进行设计,或者通过固化改变折射率。本发明提供透镜光学区中以空间方式分布折射率,以一起补偿一个透镜中的透镜表面的缺陷和设计。可将透镜设计作为一般的透镜进行预先设计,或者可针对用户进行特别设计。在针对用户设计眼用透镜的具体实施例中,可使用眼科波前传感器来测量眼睛的不规则性,诸如(例如)Shack-Hartman 波前传感器。

[0097] 在视网膜处开始,生成理想波前,其穿过眼睛的光路。波前传感器用窄束光源(通常为激光二极管或 LED)照射中央凹坑,并通过小透镜阵列记录散射光的位置。当波前(来自光学元件的电磁波的光学波前)离开眼睛时,其包含眼睛像差的完整映射以供传感器分析之用。小透镜阵列将近似准直的光束分割成数字照相机(通常为 CCD 或 CMOS 成像器)上的点。一旦传感器接收到波前,就可进行一系列复杂的分析,从而得到更完整的眼睛光路图。然后,将数据拟合为 Zernike 基本集。

[0098] 在完成用于接触透镜的光学和机械设计之后,透镜设计优选为中性文件格式(例如(诸如)IGES 或 VDA)或者专有文件格式。在已知缺陷被拟合成 Zernike 或类似数学表示之后,该数学表示被转换为光焦度。

[0099] 在本发明的优选实施例中,反应性混合物(诸如水凝胶)将固化,以生成折射率的空间分布。这种空间分布优选地以与光强度和照明方案等同的模式形成。折射率差值与辐照度分布成比例,因此与光密度(OD)成反比。材料的折射率越大,透镜的各个光学区中的光焦度差值越大。如前所述,为了提供视力矫正,瞳孔上方的折射率必须均匀。通过改变透镜特定已知区域中的透镜折射率,以补偿存在于未矫正的眼睛中的已知缺陷,折射率可归一化。

[0100] 在本发明的一些实施例中,可经由灰度掩模来提供调制能源。灰度掩模可包括变化的 OD, 变化的 OD 控制进入模具的紫外光或其他能源的强度, 从而形成不同的折射率或折射率梯度。在一些实施例中, 使用灰度掩模, 所述掩模可利用立体光刻技术来制成, 该技术允许掩模设计内的高精度。用于允许或多或少的光能量穿透的掩模设计以及掩模的某些部件的能力可取决于所述设计和制造工艺。掩模设计优选地对应于所考虑的透镜的所需设计, 其中材料中赋予的所需折射率依赖于掩模所允许的穿透到透镜模具腔体内的光能的量。掩模还可受光强度的影响。

[0101] 在一些实施例中,材料改性可包括基于 PVA 制剂的形成材料。第二材料制剂优选地包含化学地附接到水凝胶主链的折射率增强改性剂, 其可为与 PVA 的羟基反应成环状乙缩醛的取代的苯甲醛。将芳族部分引入聚合物基体中可用于增加基质的总折射率, 这导致

聚合物密度不同的区域之间的折射率差值增大。

[0102] 还可通过芳族 / 聚合物相互作用来促使折射率差值额外地增大, 其增强高密度区域中的聚合物链的堆砌顺序, 以及实现更高的效率。由于改性剂化学键合到聚合物基体, 所以材料保持生物相容性, 而无需透镜制备之后的另外的萃取步骤。

[0103] 在另一优选实施例中, 可交联和 / 或可聚合流体材料是一种或多种预聚物以及可选的一种或多种乙烯单体的水溶液, 其中所述水溶液包括低分子量添加剂 (例如 NaCl), 所述添加剂与从所述可交联和 / 或可聚合物流体材料得到的聚合物显示具有有限的相容性, 而与水显示具有良好的相容性。由于有限的相容性, 所述添加剂引起包括所得聚合物基体的收缩的渗透梯度。

[0104] 现在参见图 2, 在本发明的一些实施例的另一方面, 可经由计量和反馈来增强眼用透镜的形成。应当指出的是, 图 2 中所示的步骤以及相关方法的描述均出于示例性目的, 并非旨在限制本发明的范围。例如, 在步骤 205 处, 可从外部源输入一个或多个所需透镜参数。出于示例性目的, 透镜表面的模型可以来自施用到患者眼睛的眼部测量装置。在其他实施例中, 理论输入参数可包括步骤 205 的方法。将以一些方法处理这类输入, 以使其与基于体素的光刻法 210 的输入要求相一致。各种设备接收此类输入, 并且在一些实施例中, 在基于体素的光刻系统 211 中利用算法将此输入转化成可用的参数。

[0105] 在图 2 中进一步向前, 可在逐体素的基础上形成透镜前体 (220)。随后可用透镜前体处理方法 230 处理透镜和 / 或透镜前体, 以塑造“干”式眼用透镜 240。现在可在计量步骤 250 中测量干式眼用透镜。出于示例性目的, 此步骤可以包括使用激光位移传感器。

[0106] 算法可处理该数据, 如果透镜匹配步骤 205 的输入参数, 如步骤 251 与 252 中所示将结果与可能预期的结果进行比较。在一些实施例中, 输入参数之间的差值可以进行处理并与需要相对应, 以改变用于在基于体素的光刻系统 211 中处理透镜的参数。步骤 253 的反馈回路中描述了此数据和参数信息的反馈回路。该数据也可以进行处理并对应透镜前体加工方法 252 中所需的参数变化。反馈回路 254 描述了此系统 252 中所需参数变化的反馈。可以显而易见的是, 可以在各种数据处理设备上执行各种计算和控制方法, 这些设备包括 (但不限于) 主机、个人计算机、工业计算机以及其他类似的计算环境。

[0107] 计量步骤 250 以及各种数据加工步骤 251 和 252 的结果, 在一些实施例中可以包括对于所制成的透镜 240 是否在步骤 205 中输入参数附近的合格的限度内的决定能力。对于此透镜的判断随后将示于步骤 251 中, 其中该透镜可能被废弃以用经更改的参数制备另一透镜。作为另外一种选择, 透镜可能在合格的限度内, 因此进行到步骤 260, 在后加工方法和设备实施例中进行加工。然后待透镜膨胀和释放之后, 可以使其经受如步骤 270 中所示的另一种测量方法。在一些实施例中, 此计量的结果可具有类似于本实施例中已经为步骤 250 示出的反馈实施例。

[0108] 在步骤 280 中实现眼用透镜产品之后, 加工流程可同干式透镜被废弃的流程会合。因此, 整个流程可以在由条件返回步骤 290 指示的步骤中返回至步骤 205。对于本领域的技术人员可以显而易见的是, 在对本发明的各种产品执行计量步骤、然后设计出结合测量结果并调节系统参数的反馈回路之中, 存在许多修改形式、附加形式和替代形式。

[0109] 在一些略有不同的实施例中, 另一种类型的测量可以为整个设备反馈评估透镜的质量方面。作为非限制性实例, 在一些实施例中可以设置微粒检测方案, 以测量制备的透镜

前体中存在的此类缺陷。如果这样的测量给出标记微粒问题的结果，则会有这样的反馈回路，其在一些实施例中可能涉及给设备操作员反馈并补救所标记问题的方法。对本领域的技术人员可以显而易见的是，将测量结果反馈给操作员的许多计量实施例可涵盖本发明范围内的技术。

[0110] 现在参见图3，图表300示出介于示例性反应性混合物（包含依他菲康A的制备眼用透镜时常用的反应性混合物）的辐射频率的透射率和辐射吸光率之间的关系。依他菲康A包含在聚合时能够形成固体和凝胶中的一者或两者的单体组分。依他菲康A还包含吸收剂分子Norbloc，其吸收包含较短波长的频带中的紫外辐射。成形辐射320被示出为频带，固定辐射330也被示出为频带。引发剂吸光率被示出为台阶340，吸收剂310被示出为平台。在图示依他菲康混合物中，溶解的气态氧的存在起到抑制剂的作用。因此，反应性混合物可包括固体组分和液体组分中的一者或两者的混合物制剂，并且还包括对溶解氧含量的控制。此实施例的具体实施方式为示例性的，因此并不旨在限制本发明的范围。

[0111] 在制备反应性混合物的方法中，其他实施例可以从对新生混合物进行的处理来限定。作为非限制性实例，混合物可以处于可能导致某些溶解气体物类解吸的抽空环境下。在另一个实施例中，反应性混合物的处理方法可以为：将整块混合物暴露在光化辐射的照射下，从而在用于后续的光化工序之前改变混合物中多聚物组分的度分布和总体分布。对本领域的技术人员可以显而易见的是，可以有许多另外的实施例用于处理反应性混合物以导致改变的特性；所得混合物可进一步用于制备眼用透镜前体和透镜。

[0112] 图表中示出了示例性辐射吸收，其中根据特定体素元引导光化辐射的波长，使得其处于反应性混合物中所包含的引发剂的主动吸收波长区域中，而且处于用于吸收剂快速变化吸收度的区域中。还作为非限制性实例考虑了反应性混合物包含抑制剂的情况。虽然可通过可实现的实施例来展示这一点，但它并不旨在限制本发明的范围和可使用的其他型号。

[0113] 在微观层面上，示出的示例性实施例可以具有入射光化照射在其本身周围限定非常有限的局部区域的特性，在该区域中由特定体素元中的光化辐射引发的化学反应将以超出高浓度抑制剂抑制其进展能力的速度进行。因为实际上一些空间光调制系统在各个调制单元之间具有被称为“死”空间（不会以与调制单元相同的方式反射光）的其表面的一部分，所以可能清楚的是，在此实施例中，在成形光学器件表面上所得的材料可以呈分离的基于体素的柱状元件形态，在一些实施例中柱状元件可以彼此不相连。其他实施例可包括使交联材料的体素重叠。

[0114] 可利用DMD或用于将光化辐射射线朝成形光学器件引导的其他器件的控制来影响聚合体素的间距，因此影响聚合体素之间的重叠或分离的发生率。

[0115] 另外，在一些实施例中，抑制剂浓度可影响给定一组光化照射参数的空间传播。因此，在一些实施例中，体素元将限定趋于覆盖体素元之间的任何边界的光化学活性。在此类着眼于微观层面的情况下，各个柱状元件可以趋于混合到彼此中，以用于其中相邻体素限定重要强度条件的照明条件。在一些实施例中，光学成像系统的运行模式可以使其散焦成为另一个方法实施例，以驱使各个柱状元件混合在一起。在其他实施例中，成形透镜光学器件和夹持器的空间振动或摇晃移动可以驱动类似的效果，其中体素元将彼此重叠，从而形成连续的成形件。

[0116] 在本发明的另一方面，特定体素元的“DMD 脚本”可以限定引起反应远离成形光学器件表面而在体素元的一定深度处发生的积分强度或暴露时间。在某个特定的示例性深度处，该条件可以包括反应性混合物中的强度驱动的反应条件，该条件下反应的程度限定凝胶点。

[0117] 在深度小于此深度时，反应产物可以形成三维形态；而在深度大于此深度时，反应产物可能未达到凝胶点，并且由于已经发生的某些程度的单体反应，可能仍然包括比周围新生的反应性混合物更粘稠的组分的混合物。

[0118] 在此类实施例中，足够体积的新生反应性混合物可包括发生反应的程度高于凝胶点的区域以及其中的材料包括未凝胶层的区域，所述未凝胶层可能是部分反应的反应性混合物和未反应的反应性混合物的混合物。在一些实施例中，该层中的一些可以包括所谓的流体透镜反应性介质。在微观层面上，其形成在反应性混合物的体积空间内，但并非不可避免地是两个模具部件之间的整个体积。

[0119] 在其他实施例中，“DMD 脚本”可用于在已超过凝胶点而发生反应的体素限定层中限定局部设计元素。在某些实施例中，此实体可以视为透镜前体构件。作为非限制性实例，考虑在 DMD 脚本中嵌入基本上线性特征的效果，该 DMD 脚本的宽度为多个体素元，长度为许多体素元，并且其包括的所有体素元都具有较低积分强度的性质。使用针对实例 3 所述的实施例，作为非限制性实例，可以设想这样的线性特征将被物理地限定到透镜前体构件中。在微观层面上，相邻的体素元可以包括在很大程度上限定其在透镜前体构件中的厚度的强度。在线性特征的第一相邻体素元处，构件厚度下降，从而导致与 DMD 脚本中限定的线性特征有关的轮廓特征。

[0120] 现在参见图 4，该图示出根据本发明的一些实施例形成的透镜 400。在此实例中，透镜示出了在整个透镜上延伸过多个体素元的线性特征 440。通过推论可能明显的是，除了透镜的光学表面限定，本发明的多个方面还包括可以限定的形状和轮廓特征的多个不同实施例。在许多可能的实施例中，以举例的方式可能有定向特征、凸起表面部分和浮雕表面部分。另外的实施例可以包括一个或多个轮廓特征物，诸如（例如）：限定排出槽的特征物，沿着基本上径向的通路朝向透镜前体构件边缘延伸的线性特征物；多种形状和大小的凹槽或有底的孔；与相邻平均形貌相比上下突出的台阶；以及在透镜限定区域分部的平台或基本上平坦的特征物。这些实例只是许多实施例中的几个，本领域的技术人员可以清楚的是，这些实施例与成形步骤方法有关。

[0121] 现在参见图 5，透镜成形设备 500 包括光源 520。光源 520 所产生的光显现为限定的波长谱带内的光，并且在强度和方向方面有一些空间变化。在一些实施例中，限定的波长谱带包括用于形成透镜的反应性混合物所用的光化辐射。

[0122] 空间强度控制器 530（或准直器）可用于使来自光源 320 的光会聚、发散，并且在一些实施例中对其准直，以生成强度高度均匀的光束 540。另外，在一些实施例中，光束 540 照射数字反射镜器件（“DMD”）510，该器件将光束划分为强度像素，强度像素中的每一个都可被分配一个开或关的数字值。在每一个像素处的反射镜在两个光路之一中将光反射。“开”光路（550 项）是导致光子朝活性化学介质行进的光路。

[0123] 反之，在一些实施例中，“关”状态包括沿着不同光路反射的光，该光路位于介于如 516 项和 517 项所示的光路之间。“关”光路可用于引导光子撞击到光束收集器 515 上，该

收集器功能性地吸收或者说捕集朝其引导的光子。

[0124] 现在再参见“开”光路 550，开光路中示出的光可包括多个不同电势的像素值，该像素值已被设定为“开”值，并且沿着与像素位置对应的各个光路以空间的方式导向。沿着各自光路 550 的像素中的每一个的时均强度可表示为在整个由 DMD510 限定的空间网格上的空间强度分布 560。作为另外一种选择，如果使用恒定的强度照射每一面反射镜，则 560 可表示空间时间照射分布。

[0125] 处于开状态下的像素将具有沿其各自光路 550 导向的光子。在一些实施例中，光束（或光线）可通过聚焦元件聚焦。以举例的方式，光路 550 可成像，使得其以大致正交于或垂直于表面的方式照射在成形光学器件 580 的光学表面上。成像光可穿过成形光学器件 580 并进入容纳反应透镜混合物 590 的贮存器中。

[0126] 与给定像素位置相关的光线的相互作用在容纳在贮存器 590 中且围绕成形光学器件 580 的一定体积的反应性介质或可交联材料中限定开状态体素元。此体积的反应性介质中的光子可能被吸收，并且在吸收它的分子中促成光化反应，从而导致在分子附近的单体的聚合反应状态发生变化。

[0127] 根据本发明的一些实施例，基于体素的光刻系统可用于形成眼用透镜。图 4 示出了这样形成的透镜的波前表面的图形表示。

[0128] 在一些实施例中，可控制设备 500 周围的环境，包括温度和湿度。可控制周围气体环境的性质，例如通过使用吹扫氮气来进行控制。可以进行吹扫，以将氧气分压增大或减少到预定的水平。湿度也可相对保持在预定的水平上，诸如比办公室环境相对低的水平。

[0129] 在一些实施例中，允许与各个设备元件相互作用的振动能量水平是可以得到控制的另一环境参数。在一些实施例中，巨大的支承体结构限定了相对较低的振动环境。其他实施例可以包括基于体素的光刻系统 500 中的一些或全部由主动振动支承体支撑的情况。本领域熟知的是，气囊支承活塞可显著减少传递到隔离系统中的振动，这并不限制可能解决方案的一般性。其他标准的振动隔离装置也能符合本发明的范围。

[0130] 设备环境中的颗粒可能引入不可取的多种缺陷类型，包括进入透镜前体和透镜制品中。例如，在光路中，颗粒会改变一个或多个体素元的实际强度和 / 或影响特定反射镜元件的功能。由于这些原因，环境粒状物质控制装置的供给至少完全在本发明的范围内。实现此项的实施例的一个实例是将高效颗粒空气 (HEPA) 过滤器集成到设备环境的主体中，以及强制足量的空气通过过滤器以在设备的暴露部分中建立层流状况的装置。然而，显著限制设备中及其周围的颗粒含量的任何实施例都在本发明的预期范围内。

[0131] 根据本发明的光学设备的详细环境支持的另一方面包括环境光及其控制方式。在一些实施例中，环境照明提供光化辐射，因此要慎重限制光子能量的漫射源。

[0132] 因此，在一些实施例中，设备 500 可封闭在符合前述环境需求的不透明材料中。优选的实施例可在设备环境中使用滤光光源，这可以足以避免设备的有源部分暴露于环境照明污染。

[0133] 现在参见图 6，考虑以突显方式示出的光源 600。光能的具体方面可作为任何光刻系统的基础方面进行考虑，而且在本发明使用基于体素的光刻光学设备的实施例中，用于该系统的光源性质可能是重要的。

[0134] 在一些实施例中，期望光源 620 提供较窄光谱带内的光。示例性光系统 600 的元

件提供了实现所述窄光谱带特性的手段。在一个优选的实施例中，光源包括存在于环境支承体和机罩 610 中的发光二极管 620。出于示例性目的，在一些实施例中，发光二极管光源 620 可包括 Digital Light Lab Inc. (Knoxville, TN USA) 提供的带控制器的 AccuCure ULM-2-365 型光源。此型号发出在 365nm 附近居中并且还具有大约 9nm 的半峰全宽特性的窄带光。因此，这种市售的光源元件已可发出期望的窄带光，因而不需要额外的设备。可以清楚的是，还可以使用任何 LED 或具有类似特性的其他发光产品。

[0135] 作为另外一种选择，也可以使用更宽光谱范围的光源，诸如（例如）碳弧灯或氙灯 620。在这种可供选择的情况下，可利用宽带光源 620。光从环境容器 610 发出，然后穿过部署在光源 620 上的滤光轮 630。滤光轮 630 可含有位于不同操作位置的多个不同的滤光器 631，并且这些滤光器 631 可（例如）包括带通滤光器，该滤光器将透射在 365nm 处居中并且具有类似 10nm 性能的半峰全宽的光。在此实施例中，滤光轮可通过将滤光轮指向不同滤光器的电机致动器 610 来致动，因此允许示例性的体素光刻系统实施例 500 在多个可选波长上操作。

[0136] 可以清楚的是，易于衍生许多可供选择的实施例，包括在非限制性透视图中，实际上滤光器 631 可以按固定方式邻近宽带光源 620 安装并提供合适的实施例。在另一方面，可以从可供选择的实施例衍生多波长能力，在该实施例中，环境 610 中有多个可独立启动以得到不同波长的 LED 光源 620。

[0137] 更一般地说，应当是显而易见的是，一些实施例可以包括多种光源，包括（例如）白炽灯、激光器、发光以及其他带有或不带各种滤光器的类似产品。另外，在一些实施例中，可使用能够在受控光谱带内发光的光源，且这些光源在本发明的范围内。

[0138] 光源 600 还可以具有稳定、均匀以及强度较大的特性。在一些优选实施例中，AccuCure LED 光源 620 输出强光并且包括内部监控反馈回路，以在一定时间段内保持稳定的强度。

[0139] 光源 620 可包括以可控方式调制强度的装置；包括使用限定的占空比来调节光源的开关。因此，经过完整的周期后，这种强度控制的模式将导致可选的时均强度等级。作为另外一种选择，在其他可操作的实施例中，LED 光源可通过电压控制的操作模式来调制强度，在该模式中，强度改变发生以实现与时间无关的发光强度等级。

[0140] 为了稳定任何光源元件 620 的输出，光源环境中的其他特征可以包括附加的实施例限定。这方面的实例可包括通过冷却系统的温度控制装置。其他环境控制可以包括符合本发明意图的不同的实施例限定。

[0141] 在本发明的一个不同的方面，光源设备 600 提供用于强度调制的可供选择的实施例。各个光源 620 可以操作以发出给定的强度，滤光轮 630 可由电动元件 610 致动，以使用中性密度滤光器 631 截断发出的光。因此，向体素光刻系统 500 的其余提供的光强度可调制到更低的强度。根据一般性观点，可以注意的是，各个滤光器 631 的设计可以涉及多个自由度，并且可独自包括不同的实施例方面。作为非限制性实例，滤光器可以设计为按空间限定的方式调制强度，使得滤光器限定沿着经过其主体的光路比其他光路具有更高的强度。在第二个非限制性实例中，滤光轮可以设计为与 DMD 的操作同步的方式来调制强度，从而允许协调由每一个滤光轮部分的密度值限定的像素和强度。这些操作方式的组合提供了可供选择的实施例，并且还应当清楚的是，具有如此描述的特性的任何光强度控制装置都在本

发明的范围之内。

[0142] 在一些实施例中,滤光轮 630 可关闭滤光器元件 631,以使得其阻断对光学系统 500 的其余的照射。集成这样的功能可存在许多优点,包括改善下游光学元件的稳定性和使用寿命。另外,在一些实施例中,如果允许光源元件 620 连续操作,其稳定性可以提高。阻光滤光器 631 可允许在操作系统的其余中执行步骤的装置,该装置不需要来自光源 600 的光。尽管已经描述了滤光轮 630 的特定位置,但是实施例可包括沿着光路的其他适当位置。

[0143] 在另一方面,在一些实施例中,基于体素的光刻光学设备可包括匀化和 / 或准直光学器件。该设备被设计为接收光源 520 的光输出,产生具有更均匀的强度并且聚焦在 DMD510 上的输出辐射 540。

[0144] 现在参见图 7,该图示出一些优选实施例。如上所述,所述设备可准直来自光源 520 的光,并且还可使该光的强度匀化。一些特定实施例包括 AccuCure365nm LED 光源 620,其附接到光学元件,以进行光源 620 输出的准直。

[0145] 准直设备可包括准直元件和匀化元件。在该优选的实施例中,通过光源 620 对光充分准直,以传播到元件 700 中并照射一组大致 1 英寸的聚焦光学器件 710。光学器件 710 可包括可得自(例如)CVI Laser, Inc, (Albuquerque, NM USA) 的透镜元件。

[0146] 一个或多个透镜 710 可用于将源光聚焦到光管 720 上。光管 720 的功能是使输入光匀化,并消除空间强度的不均匀性。光管 720 可包括由 UV 等级的丙烯酸系材料制成的六边形光管。可供选择的实施例可包括用于使源光空间均匀度匀化的光学设备。

[0147] 发自光管 720 的均化光输出由成品等级的光学元件 730 聚集,该类型的光学元件同样可购自(例如)CVI Laser Inc. (Albuquerque, NM USA)。聚焦的光现在穿过孔径光阑 740 到一组大约 2 英寸的聚焦元件 750 上。这些聚焦元件同样是标准的成品等级的光学元件,如可得自(例如)Thorlabs Inc. (Newton NJ USA)。聚焦光学元件 750 的现有用途是将光导向在数字反射镜器件(DMD)510 处的焦点位置。这便完成了基于体素的光刻系统照射部分中的光路。可能存在多个在准直仪和匀化器元件方面有所更改的实施例,以在使用具有所需中心波长和光谱带宽的强烈均匀的光照射 DMD510 时实现相似的目的,这些实施例均在本发明的范围之内。

[0148] 在优选的实施例中,照明系统 520 和 530 将光(在图 8 800 中标示为 820)施加到包括 Texas Instruments 的 Digital Mirror Device(数字反射镜器件)510 的有源元件上并且正好在其周围。该优选实施例中所用的 DMD 通过得自 DLi(Digital Light Innovations(Austin Texas, USA)) 的 DMD Developer Kit(DMD 开发套件)DMD Discovery3000 获得。该套件包括 DLi DMD Discovery3000 板,其配备 Texas Instruments DLP™ XGA DMD 芯片(768×1024 反射镜)0.7",与紫外透射窗口选配件成对角。还包括与 D3000 板配套的 ALP-3High Speed light Processing(ALP-3 高速光处理)板作为从计算机到 D3000 的链路。将这些部件合在一起包括成像系统元件的图 8 元件 800 中的元件 810,成像系统元件来自此基于体素的光刻系统的优选实施例。TI DLP™ XGA DMD 的详细说明可以从 Texas Instruments 的 DMD Discovery™3000Digital Controller(DDC3000)Starter Kit Technical Reference Manual(DMD Discovery™3000 数字控制器(DDC3000)起动器套件的技术参考手册)获得。

[0149] DMD 元件 810 可用于对从照明系统发出的光强度进行空间调制。得自 Texas

Instruments 的 DMD 通过将光从微镜元件反射出去以数字方式执行此功能, 这些微镜元件在该器件有效区域的空间网格中形成单一可寻址位置。因此, 从 DMD810 以及更下面的成像系统 800 反射的光强度本质上并不变化, 然而通过控制反射镜进入开状态或关状态的占空比, 从单个像素位置反射的时均强度可以改变。

[0150] 在其他实施例中, Spatial Light Modulator (SLM) (空间光调制器 (SLM), 诸如可得自德国 Fraunhofer Institut Photonische Microsysteme 的那些) 可用于在逐像素的基础上控制辐射, 并且可包括对强度功能元件 810 进行空间调制。SLM 的类似反射镜表面实际上可以由多个 (即成千上万个) 微小的可移动反射镜组成, 在集成电路内每一个反射镜都有其自身的储存单元。当所需强度分布的图像发送到 SLM 时, 各个反射镜或弯曲或保持平直 (与旋转或倾斜微镜的 TI DMD 不同)。从弯曲的反射镜反射出去的光被散射, 使得光不会通过和照射光化学活性的化学混合物。

[0151] 现在再来参见图 8, 如上文所述, 有源成像元件 DMD810 以数字方式在两个方向之一反射来处理光。在关状态下, 旨在让光的反射光路总是见不到有光化学活性的化学混合物的位置。为确保在关方向导向的光永远见不到此光路, 成像系统 800 的部分可包括光收集器 830。该收集器包括高度吸收性表面, 该表面显著吸收入射到其上的任何光, 并且只向收集器自身的更深处反射光。在优选实施例中, 作为非限制性实例, 这些表面包括可购自 Hoya Inc. (Tokyo, Japan) 的吸收性 ND 玻璃片材。

[0152] 从“开”位置的反射镜元件反射的光采用不同光路, 并且朝聚光元件 840 前进。与其他光学器件一样, 这些约 1 英寸的聚光透镜为可 (例如) 得自 Thorlabs Inc. (Newton NJ USA) 的成品元件。这些聚光透镜 840 将从 DMD810 发出的“开”状态光作为物聚光到成形光学器件上, 光与反应性单体混合物在其上发生反应。

[0153] 在一些实施例中, 希望提供可直接成像并监控光路状态的装置, 而不是根据制备的透镜进行推断。在基于像素的光刻光学设备的优选实施例中, 提供了进行此直接监控的条件。使用可在光束光路进行进出切换的反射镜 850 截取将要聚光到成形光学器件 580 上的光。如此导向的光随后入射到可检测光的成像装置 860 上。

[0154] 现在参见图 9, 成形设备 900 的元件将光束投射到反应性混合物的最终目标区域。如上文所述, 在一些实施例中, 此光聚光到与成形光学器件 930 本身表面垂直的取向上。在实施例示出的成形设备 900 中, 光可以大约垂直的方式照射到成形光学器件 930 的表面。在可供选择的实施例中, 可通过保持环或其他扣紧装置将透镜保持就位, 如 921 所示, 扣紧装置可以使所述透镜相对于成形光学器件 930 保持在正确取向上。根据广义的观点, 应当指出的是, 本发明包括多个涉及在整个透镜表面 930 上在逐像素的基础上取光的光路的实施例。

[0155] 从图 9 继续, 由于贮存器和成形光学器件相对于光束的取向很重要, 因此其互锁位置的机构可能在一些实施例中限定, 如成形光学器件保持构件 970 以及用于容纳反应性单体混合物 950 的贮存器部件之间的相互作用所示。这两个构件之间的对齐还可有效控制贮存器 950, 使其在成形光学器件表面 930 上居中。在一些实施例中, 还可通过间隔环 951 的功能加强定位控制。该间隔同样将控制可向贮存器 950 中添加的反应性单体混合物的体积。

[0156] 图 9 还示出了涉及反应性单体混合物附近环境气体控制方面的另外的实施例。由

于在一些实施例中，氧气的存在可改变单体的光化学并且充当光生自由基的清除剂，因此在一些实施例中，需要从围绕贮存器 950 的气体中排除氧气。在图 9 元件 900 中通过密封容器 990 来实现此目的。可以通过使惰性气体（诸如氮气）流过 960 来从环境中排除氧气。在另一个实施例中，可以通过控制氧气在流经密封容器 990 后在气体 960 中的稀释度来将含氧量保持在一定水平。通过使用气体质量流量控制器获得氧气在气体 960 中的稳定稀释度水平的标准方法为熟知的技术，并且包括在本发明精神之内的实施例。

[0157] 包含反应性混合物的贮存器 950 可被填充适量体积的所述反应性混合物。在一些实施例中，可在相对于贮存器 950 定位成形光学器件 930 之前执行此填充。在其他实施例中，成形光学器件 930 和贮存器 950 可以设置在密封容器 990 内部，并且使用气流 960 进行吹扫。也可以在使用反应性混合物之前进行过滤。此后，可以将一定体积的反应性混合物 945 定量填充到贮存器 950 中。

[0158] 可能存在多种转移反应性混合物 945 的方法，包括手动填充、自动化装置定量流体输送或填充直到液位检测器测量到贮存器 950 中反应性混合物 945 达到合适的液位。根据一般的观点，对本领域的技术人员可以显而易见的是，输送适量反应性混合物 945 的多个实施例可能实际可行，并且此类技术完全在本发明的范围之内。

[0159] 在含氧量对于光学加工步骤至关重要的实施例中，可以显而易见的是，氧气在反应性单体混合物 945 中可能以溶解的物质存在。在此类实施例中，需要在反应性单体混合物 945 中达到氧气浓度的装置。一些实现此功能的实施例包括让混合物驻留在有吹扫气体 960 流过的气体环境中。可供选择的实施例可能涉及单体混合物源中溶解气体的真空吹扫，以及在混合物分配时通过气体与待分配液体的膜交换重建所需的含氧量。在本发明的范围之内，任何可将所需的溶解气体以合适的浓度形成的装置应当显然都是合格的。此外，根据更一般的观点，在存在或不存在溶解氧的情况下，其他材料也可以充当合适的抑制剂。根据甚至更一般的观点，在本发明的范围之内预期会有包括建立并保持合适的抑制剂含量的设备的实施例。

[0160] 现在再参见图 10，该图示出了成形光学器件的示例性形状及其保持与定位设备 1000。保持成形光学器件的结构可包括平玻璃盘 1040。成形光学器件可使用光学上稳定的粘结剂 1020 进行定位和固定，该方法使用装配夹具来确保介于盘和成形光学器件之间对齐。盘的平坦表面在垂直方向提供正向，而定位凹口 1030 和未示出的其他平坦表面可允许用于径向和水平方向的位置约束。

[0161] 现在参见图 11，盘 1000 与贮存器系统 1100 配合。该平坦表面位于三个配合表面 1130 之上。一些实施例可以额外包括弹簧支承的定位销轴 1120，销轴与元件 1030 完全配合并位于其上。两个静止的定位销轴（未示出）接合成形光学组件上的两个其他平坦表面，整个组合起到以全部自由度以运动的方式定位成形光学器件组件的作用，从而确保以可重复并且稳定的方式将所述成形光学器件定位在光学光路中。在一些实施例中，还可包括容纳反应性单体的贮存器 1110。根据更一般的观点，有多个实施例符合本文所公开的本发明技术，这些技术对于本领域的技术人员可以显而易见，这些实施例可用于对中成形光学器件、将此类透镜定位在装有反应性混合物的贮存器附近，以及将一个或多个此类功能设置在环境可控的环境中。

[0162] 成形光学器件 1010 至少部分地透射所需的光化辐射光谱。因此，在多个实施例

中,以举例的方式,成形光学器件 1010 可以包含以下材料中的一种或多种:石英、塑料、玻璃或可透射固化反应性单体混合物所用光的波长的其他材料。还可注意到,成形光学器件 1010 的形状包括具有可转移到透镜或透镜前体的特性的表面 1011 之一,其中透镜或透镜前体通过透过成形光学器件 1010 的成形光化辐射所得的聚合反应沿着表面 1011 而形成。许多形状实施例可以包括本文所述的本发明技术。

[0163] 在可被用于成形光学器件 1010 的设计和特性的多个实施例中,所述各项实例可以具有独特的形态,例如涉及其库存材料、制造、使用过程和 / 或其他原因的方面。这些形态可以与或不与体素光刻系统 500 的整体功能相互作用,从而形成实现最终产品目的所需的逐体素强度分布的独特光学偏移。因此,一些实施例可能使用调整成形光学器件 1010、保持并追踪它们的装置。举例来说明原因,一个实施例可以按机器可读的格式在成形光学器件部件 1040 的平坦表面上编码识别标识。附加的实施例可包括(例如)RF 识别装置附件及所述识别标识,以用于机器读取。可有多个其他实施例可标识各个成形光学器件 1040,这些实施例可以包括本发明的意图。

[0164] 基于体素的光刻光学设备 500 的输出产品可以包括许多实施例。在一个实施例中,如 900 所示,反应性产品 940 将在成形光学器件 930 的表面上形成,然而它们仍然存在于残余的反应性化学混合物 945 中。从化学混合物 945 中取出成形光学器件 930 及反应性产品 940 的操作可以包括设备的另外的实施例。在一些此类实施例中,成形光学器件 930 和所附的反应性产品 940 可以通过例如机器人自动化操作从化学混合物 945 中提出。

[0165] 参见图 12 元件 1200,该示意图示出了可流动化学品移除设备的实施例的一些方面。透镜前体现示出为附接到成形光学器件 1250 上,对准板 1260 也附接在其上。该组合作为实施例来说明,其中透镜前体的表面朝下。流体透镜反应性混合物 1240 将在包括重力在内的多种力的作用下移动。芯吸毛细管 1210 设置在流体反应性混合物 1240 附近,在沿着透镜表面低点汇聚的流体化学品的周围和中间。在一优选实施例中,芯吸毛细管可以包括由 Safecrit 的 Model HP8U Untreated Plastic Microhematocrit (HP8U 型未处理塑性微量血细胞比容) 管制成的聚合物芯吸型毛细管。作为可供选择的实例,毛细管还可以包括玻璃、金属或其他符合流体化学品移除的物理和化学 / 材料要求的材料。

[0166] 流体化学品 1240 被吸入毛细管 1210 中,然后形成从透镜前体抽走的体积 1241。在一个实施例中,该过程可以重复多次。经过该过程后,透镜前体 1200 保留的附在透镜前体构件 1750 上的流体透镜反应性混合物的量减少。

[0167] 流体透镜反应性混合物的各个方面可能受到此过程的影响,包括(例如)流体透镜反应性混合物中粘性较差的组分可能会被分离和去除。本领域的技术人员应当清楚的是,有许多不同的实施例涉及执行化学品去除过程的方法,这些实施例全部都符合本发明的范围。

[0168] 通常,实施例可以包括多种从表面抽走化学品的物理设计。不同实施例的实例可以是致动真空系统元件 1220 以协助抽走流体透镜反应性混合物 1240。以非限制性实例的方式,另一个实施例可包括毛细管设备 1210 的备用品,其各点的设置模仿成形光学器件表面 1250 的形状。另外,例如可使用高表面积材料(类似海绵)或具有高表面积的纳米级材料来进行化学品移除。重申前文所述的概念,可供选择的实施例可包括控制从反应性混合物 945 吸取成形光学器件 930 上透镜前体的速度。在此实施例中,表面张力可包括与毛细

管芯吸步骤相似的化学品移除形式,从而导致形成透镜前体后留下的流体透镜反应性混合物 1710 的量减少。根据一般的观点,可进行流体透镜反应性混合物 1240 部分移除功能的多个设备实施例均包括本发明范围之内的技术。

[0169] 在优选实施例中,真空系统元件 1220 具有替换前文所定义功能的另一功能。在多个透镜前体的加工过程中,化学品移除设备 1200 将多次进行化学品移除。真空系统元件 1220 可以用于清洗和排空毛细管设备 1210。不同的实施例可以包括流经毛细管设备 1210 的清洗溶剂,与真空系统元件 1220 结合使用。

[0170] 图 12 中所示的实施例 1200 通常示出化学品移除系统如何操作,并注重所涉及元件的细节和近距离视图。通过比较,图 13 示出了化学品移除系统 1300 的一些实施例的更全局化的视图,以有助于描述在优选实施例中使用的设备以及某些变更。图 13 元件 1300 包括毛细管移除元件 1305 和以类似构型安装在成形光学器件和成形透镜板上的透镜前体 1306,其中透镜前体朝正下方。

[0171] 现再参见图 13,可以显而易见的是,在可供选择的实施例中,芯吸毛细管 1306 可以设置在偏离成形透镜前体 1305 中心(即中心点)的位置处。元件 1330 指示 xy 平移台的单一尺寸,可在其上进行调节以补偿毛细管到成形光学器件的中心对齐。元件 1330 以举例的方式描述了优选实施例中的手动游标调节形式。然而,本领域的技术人员可以清楚的是,可通过包括(例如)步进电机的自动化方式进行调节;更一般地说,用于 XY 平移台定位的自动化设备的各种等级的完善改进均应被预计在本发明范围之内。从更高层次的一般性来看,并且为了简化以下的讨论,可以假定设备上的任何移动能力在可能的实施例中都具有类似的自由度。

[0172] 元件 1320 为成形光学器件固定设备,包括将成形光学器件灵活地固定在所需稳定位置的设备。成形光学器件,如在前文中标示为元件 1000,在此实施例中可以采用与位于基于体素的光刻光学设备 500 上时类似的定位方案。在可供选择的实施例中,可以使成形光学器件固定设备 1000 的传送以自动化方式进行。应当清楚,将成形光学器件固定并锁定到流动化学品移除设备上合适位置的多种可供选择的方式包括符合本发明的各个方面。

[0173] 到目前为止的讨论已一般性地示出了其中成形光学器件的轴线被定位成使得其与水平面垂直并且沿着重力方向的实施例。可供选择的实施例可以允许轴线围绕此垂直方向旋转一定角度。元件 1350 包括用于改变成形光学器件与重力所夹角度的调节装置。这种改变的基本效果是透镜前体上的流体物质 1710 趋于在偏离成形光学器件中心的位置处聚集。在一些实施例中,可能具有在偏离中心的位置处抽走流体介质的优点。

[0174] 图 13 中示出多个部件涉及毛细管芯吸设备 1306 到透镜前体上流体介质的竖直位置。例如,元件 1340 可以包括使附连到芯吸毛细管 1306 上的操作台沿竖直轴线移动来粗略调节此尺寸。另外,元件 1345 包括同一运动可能性的精细调节。换句话说,可以沿着同一轴线相对于毛细管芯吸设备 1306 来调节成形光学器件安装操作台 1310。元件 1370 包括用于此目的的精细调节设备。

[0175] 现在参见图 14,固定辐射源 1460 可包括可以采用前文在体素光刻光学系统 520 的章节中所述的类似光源。例如,在一些实施例中,得自 Digital Light Lab Inc. (Knoxville, TN USA) 的带有控制器的 AccuCure ULM-2-420 光源 1460 可构成合格的固定辐射源 1461。执行适当的参数设定使之稳定后,固定光源 1460 的控制器切换到开位置,从

而使透镜前体及其环境暴露在固定辐射 1461 下,进而形成实施例形态的眼用透镜。根据一般的观点,可以有多个涉及稳定或者移动在整个透镜前体构件 1730 表面上的流体透镜反应性混合物并随后以某种方式使用固定辐射来进行照射的实施例。

[0176] 例如,一些用于固定设备中加工的可供选择的实施例可包括透镜前体构件,其中流体材料可能已在清洗系统中清洗掉。由于固定形式的此透镜前体构件可以包括具有某些独特特性的透镜,预见到在本发明的范围之内有涉及固定设备使用的实施例,其中涉及到固定设备以本质上不要求稳定设备的方式被使用。根据更一般的观点,本发明可以预见到多个材料和形态的实施例,其中固定设备可固定材料,这些材料不需要待固定表面上先前有流体材料流过。例如,用基于体素的光刻光学系统形成的并清洗掉流体透镜反应性混合物 1710 的透镜前体构件,还可以包括其中固定设备能够将透镜前体固定到透镜中的实施例。

[0177] 一些实施例包括引起流体透镜反应性混合物 1710 移动的替代方式。以举例的方式,在一些实施例中,晃动包括流体透镜反应性混合物 1710 的透镜前体表面可允许流体透镜反应性混合物 1710 能够移动。另外,例如,在一些实施例中可能期望以薄膜加工中常用的旋涂方式使透镜前体绕中心轴旋转。

[0178] 还有其他实施例可包括通过将透镜前体 1410 以可控的方式下落一定距离,使流体透镜反应性混合物 1710 受到的重力成为最小。另一些实施例可以通过改变透镜前体 1410、成形光学器件 1420 和夹持器 1430 被支承的表面 1450 的水平来改变重力的影响。当表面水平不同时,中心光学区域中流体透镜反应性混合物 1710 上的作用力可能会改变并引起移动。

[0179] 在另一方面,一些实施例可以包括流体透镜反应性混合物 1710 的化学或物理变化。以举例的方式,可供选择的实施例可包括在流体活性化学品中或周围引入溶剂材料,其引入方式可改变其流体性质。另外,所述增加的材料可以影响透镜前体系统 1700 中元件的表面能量性质。可以通过使用固定辐射 1461 来部分改变流体活性化学品 1710 的性质,从而以完全不同于固定的方式改变流体性质。可通过本发明的性质来预见到多个涉及改变流体化学品系统性质的关于一般性质的可供选择的实施例。

[0180] 在非常基础的水平上,反应性化学混合物 945 的性质可以与设备的多个实施例相互配合,以能够得到不同的结果。应当显而易见的是,稳定和固定设备 1400 的性质以及由改变反应性化学混合物中基础化学组分而衍生出的实施例变型均包括本发明范围内的实施例。例如,这可包括(例如)改变固定辐射所使用的波长,以及可以引入在所述固定辐射波长上具有灵活性的设备实施例。

[0181] 由于透镜前体的材料可包括已形成透镜的部分,因此对本领域的技术人员可以显而易见的是,稳定和固定设备中及其周围的环境控制包括重要的实施例方面。例如,用例如 HEPA 过滤的空气流控制颗粒物质可以涵盖一个环境控制的实施例。由于流体介质仍然对光化辐射敏感,控制杂散光线进入环境可以涵盖一些附加的实施例选择。此外,湿度和其他气体污染物可能会影响透镜的质量,而控制这些环境条件可涵盖一些可供选择的实施例。对本领域的技术人员可以显而易见的许多环境控制方面均涵盖本发明的范围之内的技术。

[0182] 用稳定和固定设备处理一些实施例的透镜前体的产物可以包括眼用透镜的类似物或形态。在许多意义上,此材料具有直接涉及最终水合眼用透镜的特性。然而,许多实施

例在透镜稳定和固定之后仍然在成形光学器件和夹持器 1430 上形成实体,该实体的非水合形式可被以多种形式测量。

[0183] 参见图 15,该图示出了可测量光学和材料特性的测量设备的实施例的示意图。可以显而易见的是,可以对“干”式透镜和水合透镜均进行计量,其中“干”式透镜测量应当在使用前文所述的固定设备 1400 处理之后进行。然而,此实施例关注干式透镜的计量,这些干式透镜最好仍附连到成形光学器件上。参见图 15,干式透镜 1520 仍附连到成形光学器件 1530 以及其适当的固定元件 1540 上。例如,此固定元件 1540 附连到一对安装座 1550 和 1560 上,其一起允许控制的透镜能够绕中心轴旋转移动。

[0184] 在一些实施例中,当透镜样品 1520、成形光学器件 1530 和夹持器 1540 轴向旋转时,来自激光位移传感器 1510(例如由 Keyence (Osaka, Japan) 制造的 LT-9030 型)的激光 1515 会与透镜样品 1520 的表面相互作用。转动的伺服电机 1570 驱动旋转支承的动态承载台,样品组件位于该承载台上。为了稳定旋转,在一些实施例中透镜样品组件的质量中心尽量设置在靠近中心点的地方。承载台旋转时,激光位移传感器 1510 会测量沿着透镜 1520 表面轴环的多个点的位移。承载台旋转整圈后,位移传感器 1510 会按方位角运动。每一次移动都会在透镜表面周围形成新的圆形轮廓。重复此实施例中的过程直至整个透镜表面被成型。通过测量没有透镜样品 1520 的特定成形光学器件 1530,获得以按等效球面标记格式给出的成形光学器件的表面位置。从成形光学器件上有透镜的测量结果中减去此结果,便得到该透镜产品的厚度绘图。还有,通过所连接的 RFID 或通过其他手段以电子格式给出的成形光学器件的独有标识,可以涵盖该设备的另一实施例形式。

[0185] 在一些此类实施例中,样品表面 1520 相对于传感器 1510 的自由振动位移会包含系统获得的位移测量值上的有效位错误。因此,可以包括阻尼和隔离。因此,在一些实施例中,可利用位于振动隔离安装座 1590 上的大型支撑操作台 1580 使振动的影响降至最小。一些实施例可能比其他实施例对振动噪声的敏感度更小;然而一般来说,使进入各种形式的探测器以及样品定位设备的周围环境中的振动能量传递模式最小化的多种方法涵盖本发明范围之内的实施例。

[0186] 除前述的激光位移传感器之外,在一些情况下,其他实施例还可以使用不同的测量系统,以提取透镜特性。作为非限制性实例,还可以在一些实施例中使用购自 Thorlabs Inc. (Newton, NJ, USA) 的 Shack-Hartmann Wavefront Sensor (Shack-Hartmann 波前传感器),以确定所形成的透镜主体的厚度。

[0187] 根据一般的观点,预见到在本发明范围之内的计量装置可以有显著的差异,部分地且举例地包括:用来表征折射指数、辐射吸收度和密度的技术。还可以预见到涉及环境控制的方面,例如包括颗粒检测。这些不同的技术可以用于与示例性计量装置 1500 相同的环境和位置,或者在可供选择的实施例中可以包括普通系统环境内或外部的其他位置。

[0188] 涉及特定样品生产时所用的特定样品和元件的计量和逻辑数据的收集、存储和通信涵盖本发明的一般实施例原理。这些不同的数据可用于建立用来控制透镜特性的反馈回路。在示例性的优选实施例中,用于透镜样品 1520 的来自基于激光位移传感器的计量设备 1500 的输出将记录并存储在计算系统中。在一个实施例 1530 中,单个成形光学器件在用于制备所述样品 1520 之前可以进行类似的激光位移计量。通过使用数据计算系统,可以某种方式对位移数据进行处理,以得到由此制备的透镜样品的厚度表示。

[0189] 在该计算系统内,用于透镜样品的所需型号(可用于提供透镜制造系统中各种元件的起始参数设定点)可与用于样品 1520 和成形光学器件 1530 的位移数据的处理进行比较。在一些实施例中,型号中的各个位置点可映射或关联到成像系统的独立元件;在优选的实施例中,为基于体素的光刻光学系统中的具体体素元。通过对该体素进行参数调节,下一个透镜或透镜前体样品可以制成具有与前一样品相比经调节的性能。在计量以及多种算法和设备的多个实施例中,本领域的技术人员应当清楚,许多数据获得、处理、建模、反馈以及通信的可供选择的实施例包括本发明范围内的要素。

[0190] 在一些实施例中,涉及制得的透镜样品 1520 的厚度的具体系统的计量数据可以通过使用透镜前体构件 1720 的轮廓中所设的对准特征得以加强。在示例性的图 4 的 400 中,获得通过与上文所述相似的方式所得到的厚度计量。关于 400 的其他讨论将在本公开的其他章节展开;但在理解对准实施例时,可以考虑元件 440。元件 440 可在透镜样品 1520 的表面包括相对较深的轮廓凹槽。此类特征的设计可用于确定设备中的许多加工步骤的取向。在一个实施例中,与 400 相关的信号可以通过算法或计量数据的处理来提取或识别。此类提取可用于定位各种设备的部分,所述设备靠近相对于对齐特征 440 的位置或对该位置进行加工。本领域的技术人员可以显而易见的是,除了别的以外,包括标记材料的使用和轮廓特征设计的对齐特征的多个不同实施例都是可行的并且包括在本发明范围之内的技术。

[0191] 一些可供选择的实施例使用计量系统 1500 生成的计量数据,从而可以利用该数据诊断和控制整个眼用透镜制备系统或其中的多种设备。作为非限制性实例,存储成形光学器件 1530 的上述测量结果可形成此类测量的过程记录。通过可供选择的计算和算法处理,可比较一段时间内的表面特性,而这些特性的突然或稳定变化都可用于标记某种诊断干预的需要。这种信号变化的多种可能原因中的一个实例可能包括成形光学器件在其表面上受到某种表面划痕。在其他实施例中,基于统计的过程控制算法可用于设定所得计量结果的合格的限值以及自动化感测测量中的有效变化。其他实施例可在系统内设置自动化装置,以在自动化装置内对这些标记作出反应。然而,根据一般的观点,本发明的范围预见到这些以及许多其他实施例,其中使用来自例如系统 1500 的计量数据来诊断和控制整个系统。

[0192] 到目前为止所讨论的测量设备的实施例可能通常适合在“干”式透镜样品 1520 或其成形光学器件 1530 上进行计量。然而,根据更一般的观点,类似的或附加的计量实施例可能衍生自整个系统中其他形式的测量特性。作为非限制性实例,在一些实施例中“干”式透镜可以继续加工并成为水合物。在这样的新限定的样品 1520 上的计量可以包括更一般的实施例讨论的实例。另一实例可包括在透镜前体样品 1700 上进行计量。因此,一般来说,存在许多预见到在本发明范围内的实施例,在用于加工或构成此类眼用透镜制备系统产品的多种形态的材料上进行计量。

[0193] 现在参见图 16,该图示出用于执行这些步骤的设备(简称为水合设备)的实施例 1600。该设备包括用于容纳水合流体的容器 1610。透镜 1630 和成形光学器件夹持器 1640 浸入流体浴 1620 中,热控制单元 1650 将流体浴维持在恒温下。

[0194] 在一个优选实施例中,流体浴 1620 含有其中加有表面活性剂的去离子(DI)水。有许多用于此流体浴的实施例实际应用于本领域并且符合本发明的范围。在替代实施例中,可包括有机醇混合物的流体浴 1620,有时是在去离子水和表面活性剂的混合物中。因此,容

器 1610 的一些实施例可以含有与下述材料相符的材料, 即含有一定体积的水或有机醇并且还在介于温控装置 1650 和流体浴 1620 之间传递热能的材料。根据一般的观点, 可能有许多可供选择的实施例, 包括属于水合和净化透镜范围内的容器材料、容器设计以及填充和排空容器的方法, 并且包括本发明领域的实施例。

[0195] 在一些实施例中, 升高该流体浴的温度以加快水合、净化和移除操作的速度。在一个此类实施例中, 可通过使用具有内部感测设备 1650 的加热板来保持温度。更高级的实施例可以包括加热流体的替代方式, 包括可供选择的辐射和传导材料和设备。此外, 其他实施例可以包括不同的方法来监控流体浴的温度并将温度控制在一定温度区内。又一个更高级的实施例可包括及时改变或编程设定流体浴温度的能力。本领域的技术人员可以清楚的是, 存许多控制水合流体浴温度的实施例, 其中包括在本发明范围内的实施例。

[0196] 当透镜 1630 和成形光学器件 1640 暴露在流体浴中并且透镜成为水合物时, 在一些实施例中, 透镜主体将溶胀并最终从成形光学器件 1640 分离。因此, 一些实施例可以包括抓住分离的透镜, 以用于装入适当的储存装置以及封装装置。更多的实施例可以包括定位并拾取从流体浴介质 1620 分离的透镜。作为另外一种选择, 在使透镜与流体分离的排放过程期间, 实施例可以提供过滤所述流体浴介质 1620 的能力。从一般的角度来看, 定位透镜并将其搬运到储存装置中的许多方式涵盖本发明范围内的一致实施例。

[0197] 现在参见图 17, 透镜前体 1700 示为通过在逐体素 1704 的基础上的聚合反应而形成。一些实施例可包括这样的透镜前体, 其包含通过逐体素聚合形成的流体透镜反应性混合物或可交联材料 1704。当从反应性混合物的贮存器中取出成形光学器件和反应的材料的逐体素结构时, 可能存在粘附到逐体素结构或透镜前体构件的表面的粘稠材料。透镜前体构件和其上的流体透镜反应性介质 1704 的此组合可进一步加工形成眼用透镜器件的一部分, 即透镜前体的组成部分。

[0198] 在一些实施例中, 透镜前体呈现三维形状, 然而, 因为所吸收反应性介质的流体性质, 所以该实体并没有固定的三维形态。

[0199] 所述透镜前体还可包括第一表面 1701, 第一表面 1701 可以沿着基板 1705(诸如(例如)具有光学性能表面的基板)形成。第一表面 1701 包括介质的一部分, 具有在凝胶点以上至少部分聚合的第一交联密度。透镜前体 1700 还包括第二表面 1702, 第二表面 1702 具有在约凝胶点或小于凝胶点处固化的第二交联密度。

[0200] 在一些实施例中, 可从透镜前体移除部分流体透镜反应性介质。作为非限制性实例, 可以通过毛细管操作来移除流体透镜反应性介质。在一些实施例中, 该方法可包括聚集步骤, 以允许流体透镜反应性介质中的一些在进行毛细管操作步骤之前汇聚在一起。在其他实施例中, 透镜表面可设置成使得其表面轴线与重力方向成一定角度。可以显而易见的是, 涉及使用基于毛细管的设备移除流体透镜反应性介质方法的多个实施例是可能的, 并且这些实施例涵盖本发明范围内的技术。

[0201] 在其他实施例中, 移除流体透镜反应性介质的方法可以包括毛细管芯吸设备的替代设备。例如, 包括使用吸附性表面移除流体介质的方法可以包括一些实施例。其他实施例可能涉及使用具有多个毛细管点的设备而不是所详述的设备。其他实施例还可包括旋转处理透镜前体来移除流体材料的方法。使用设备移除一些流体材料的多种方法中的任何一种对于本领域的技术人员均应当显而易见, 并且这些方法可涵盖本发明范围内的形态。

[0202] 从透镜前体的上表面移除材料的不同类型实施例可以包括为此目而限定透镜主体起伏特征的方法。在这些类型的实施例中,可以设计诸如前文所述的排放槽等特征来形成使粘度相对较低的流体介质流出的位置,从而形成向下坡度空间以使粘度相对较高的物质流入。在其他实施例中,旋转透镜主体的使用还可以包括结合设计用于材料流入的形貌起伏特征来分离透镜材料的实施例。对本领域的技术人员可以显而易见的是,包括具有不同形貌表面设计的各种实施例也涵盖本发明范围内的技术。

[0203] 在稳定期间,流体透镜反应性介质可在各种力的作用下流动,以沿着透镜前体构件的表面找到低能量和相对稳定的状态。

[0204] 在微观层面上,可以清楚的是,前体的表面可以局部地具有一定程度的粗糙。成形实施例的很多方面可以确定该粗糙的性质,例如这样一种情况,抑制剂的作用较为突然地阻止了在附近开始的反应。在许多实施例中,在流体介质的表面力、摩擦和扩散力、重力以及其他施加力的共同作用下,形成流过整个外形的光滑覆盖面。在确定这些力的方法中,在本发明的范围之内有多个可能的实施例。

[0205] 在一些实施例中,透镜前体可以被构造为允许流体透镜反应性介质在重力作用下流动。实现这一点的方法可以包括将透镜前体移动到不同方向以有助于流动。可供选择的实施例可以包括相反的对策,即将透镜前体维持在固定状态,在实际可行的范围内少移动。其他可供选择的实施例可以包括使流体材料经受与透镜前体绕轴线旋转相关的力。在一些实施例中,可以围绕位于透镜前体中心的轴线进行旋转。在可供选择的实施例中,所述旋转可以包括当透镜前体顶部面向或远离轴点或者在这之间的无数可能的方向上时,将透镜前体围绕外部轴点进行旋转。在其他实施例中,可以在自由下落的环境中加工透镜前体,以尽量减小重力的影响。本领域的技术人员可以清楚的是,在稳定化方法期间可以有多种涉及将流体力施加到透镜前体上的方法。

[0206] 在其他实施例中,可以通过成套方法来改变流体介质的流体性质。在一些实施例中,可以使用稀释或溶解来改变流体介质的粘度。可供选择的实施例可以包括蒸发稀释剂中的一些来提高粘度。受到一定程度的光化辐射的照射可包括进一步的方法来改变所述流体薄膜的粘度。可能存在许多涉及改变流体介质粘度的实施例。

[0207] 在其他实施例中,可以通过方法来改变流体透镜反应性介质上的表面能相关力。在一些实施例中,这可以包括在新生的反应性混合物中添加表面活性剂。在可供选择的实施例中,可以在透镜前体中加入添加剂或化学反应物来改变表面能。

[0208] 现在参见图18,在一些实施例中,透镜前体1801的设计可包括人工痕迹1802以有利于流体透镜反应性介质的流动状况。槽1802(作为非限制性实例)可以涵盖将流体透镜反应性介质从透镜前体的区域中抽出的装置。在可供选择的实施例中,涉及突然轮廓改变的设计方法可包括提供更改的稳定状态的方法。人工痕迹的形式可以为透镜前体领域所支持的几乎任何种类、形状和分类。在一些实施例中,人工痕迹1803包括标记,诸如一个或多个数字字母混合的字符。其他标记可包括对齐标志。人工痕迹1802-1803根据DMD脚本形成。

[0209] 从总体来看,这些各种各样的实施例类型不应当限制方法的普遍性,以在包括稳定化的方法中得到流体透镜反应性介质的完全稳定或部分稳定或不稳定的性质。例如,各种实施例的组合对本领域的专家可以显而易见的是,存在所述方法的另外的实施例。

[0210] 执行稳定化方法之后,可以在一些实施例中使流体材料经受如 133(固定)所示的下一个方法类型,以将其转变至非流体状态。在一些实施例中,在固定方法期间所施加的光化辐射的性质可以涵盖一些替代选择。光谱带或应用的频带可以作为一例方法实施例的类型。可供选择的实施例可以包括所施加的辐射强度。在可供选择的实施例中,固定辐射各方面的应用可以包括时间依存性。作为非限制性实例,初始波长带可包括随后会被改变为不同波长带的第一梯级。限定光线条件的方法实施例的领域对于本领域的技术人员可以显而易见,并且在本发明的范围之内。

[0211] 在 133 中的一些实施例中,固定方法可以包括可能发生照射的不同路径。在一例实施例类型中,照射可以在透镜前体的前表面上进行,或者也可以通过后表面进行。可以从多个照射源导出另外一些实施例,一些可能具有不同的光特性以便在透镜前体实体中产生不同的光化辐射效果。还有其他实施例可出自包括除辐射外其他能量形式的固定方法。作为一般性方式,多个可能包括固定步骤的方法均在本发明的范围内。

[0212] 在一些实施例中,进行了固定后,透镜前体 130 的加工即告完成。在一些实施例中,此成品可以进行进一步加工。此产品类型包括图 1 的方框 120 中所示的一例优良技术类型,即前体的替代形成。作为非限制性实例,如果固定产品被重新引入基于体素的光刻过程中,则会出现第二个处理层。此多道方式引入许多实施例方法选择。

[0213] 在一些实施例中,可以通过多道步骤来制备复杂的透镜前体,作为非限制性实例,可能包括限定眼用透镜表面的第一步骤和向表面添加轮廓特征的第二步骤。所述方法的其他复杂实施例可以包括,例如,第一道步骤有条件地通过基于体素的光刻系统,如之前的一些实例所述,这形成沿透镜前体构件的孤立体素柱。然后第二个基于体素的光刻步骤可以包括使用不同特性的材料填充体素柱之间的特征。然后继续第三道通过系统的步骤,其可以随后界定眼用透镜。可以显而易见的是,多道步骤通过系统的方法十分普遍,讨论的方法中的每一种都可以具有大量不同的可能实施例,并且可以包括全部都在本发明范围之内的许多不同实施例。

[0214] 在一些其他实施例中,可以将流体反应性介质施加到透镜前体构件上以形成透镜前体。例如,由基于体素的光刻过程形成的透镜前体可以经受住洗涤系统,这是流体透镜反应性介质移除的一种极端方法。透镜前体构件将得自洗涤方法。在一些实施例中,此透镜前体构件接下来可以经受在其表面添加下一个流体透镜反应性介质的方法。在一些实施例中,向表面添加下一个流体介质的方法可以包括以类似于 117 中所述实施例的方法浸渍和移除透镜前体。所得透镜前体现在可以具有不同的单体和多聚分子分布,或在一些实施例中可以包括不同于形成透镜前体构件所用的聚合物化学品。对本领域的技术人员可以显而易见的是,很多包括将流体透镜介质施加到多种透镜前体构件实施例上的方法的实施例均包括本发明范围内的技术。

[0215] 在一组可供选择的实施例中,可以使用除基于体素的光刻法之外的其他方法来形成透镜前体构件。在第一个非限制性实例中,通过使用立体光刻技术作为形成透镜前体构件的基础可得到各种实施例。在一些实施例中,此立体光刻技术形成的透镜前体构件可以利用如 117 中的移除方法将流体透镜反应性介质移除,但是其他实施例可以包括向立体光刻技术形成的基础上添加流体透镜反应性介质。使用基于掩模的光刻方法确定透镜前体构件,然后将其用于所提到的方法中,如此可以得到可供选择的实施例。还有其他实施例可以

使用由眼用透镜制造中常用的标准注塑成型工艺制备的透镜前体构件，然后用所提到的方法制备透镜前体。可以显而易见的是，许多形成透镜前体构件的实施例可以包括形成透镜前体的方法。

[0216] 现在参见图 20，该图示出透镜 2001，其由透镜前体通过暴露于足够的光化辐射以使未反应的聚合可交联材料聚合来形成。实施例可包括：第一部分 2003，其包含聚合的可交联材料的多个体素；和第二部分 2002，其具有在可交联材料的凝胶点以上聚合的一定体积的分层可交联材料。

[0217] 光化辐射源 2004 可包括（例如）生成辐射 2005 的光源 2004，所述辐射具有足够的强度，且波长对可交联材料而言是光化学性的。在一些实施例中，光化辐射可包括多个光线源点（如图所示）。其他实施例可包括提供光化辐射的单个光源。

[0218] 在一些实施例中，形成或固定的透镜可粘附到成形光学器件的表面。在一些实施例中，所述透镜可水合。水合可包括（例如）浸入溶液中，诸如水溶液或 IPA 溶液。在一些实施例中，溶液可被加热至介于 60°C 和 95°C 之间的温度。

[0219] 在一些实施例中，所述浸渍法可净化透镜主体并将其水合。在水合处理中，透镜可膨胀并从其所粘附至的成形基板上脱离。

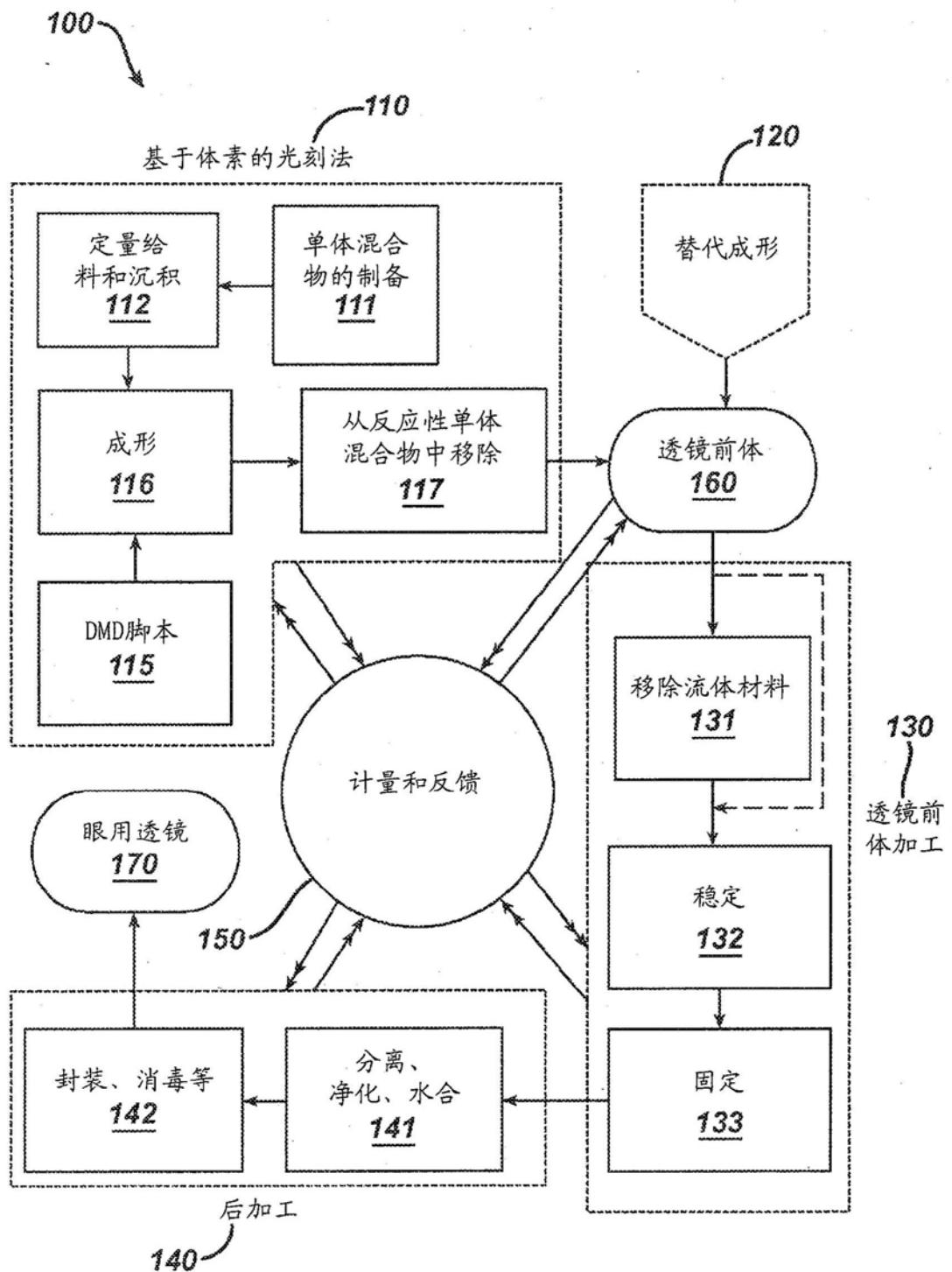


图 1

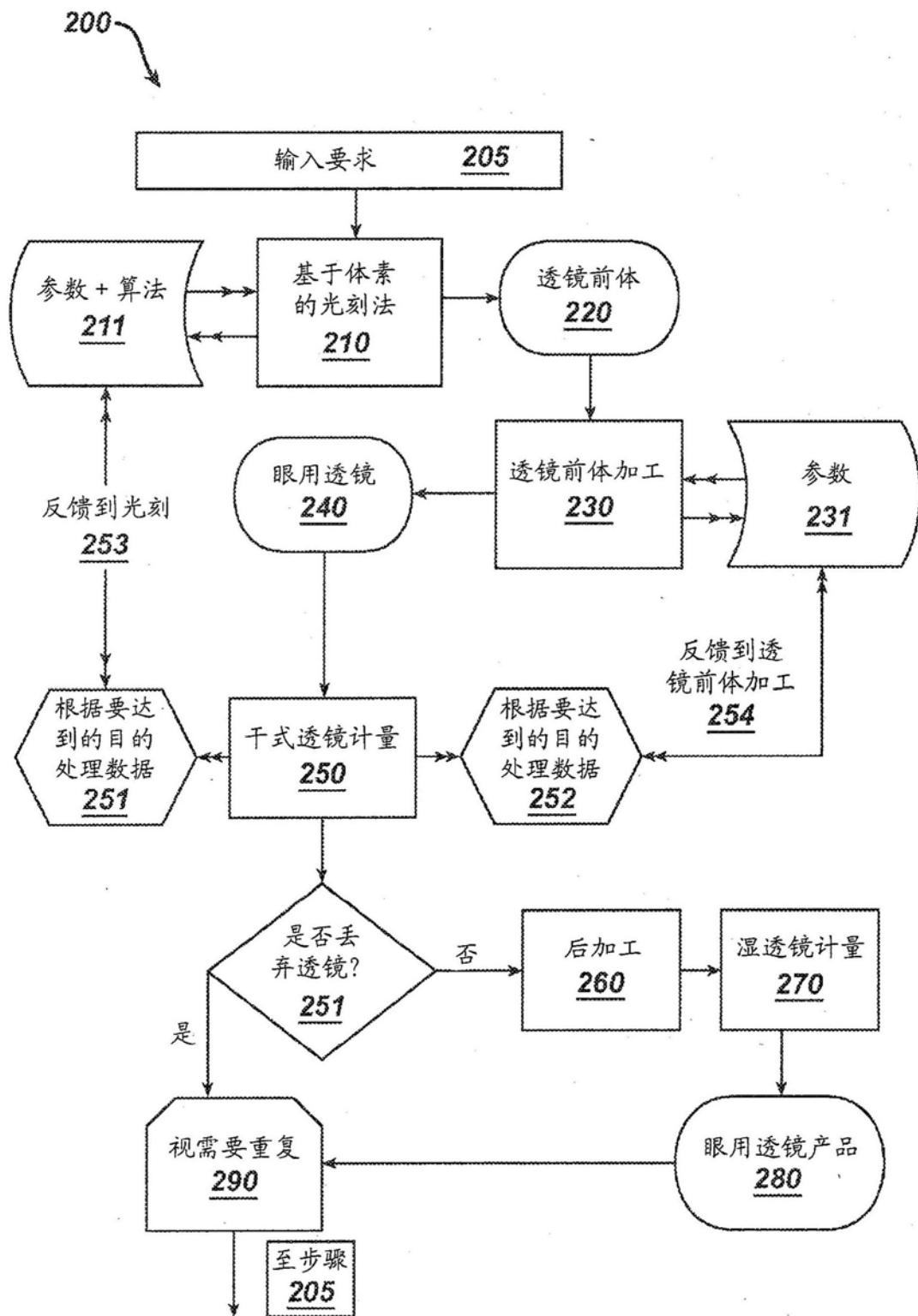


图 2

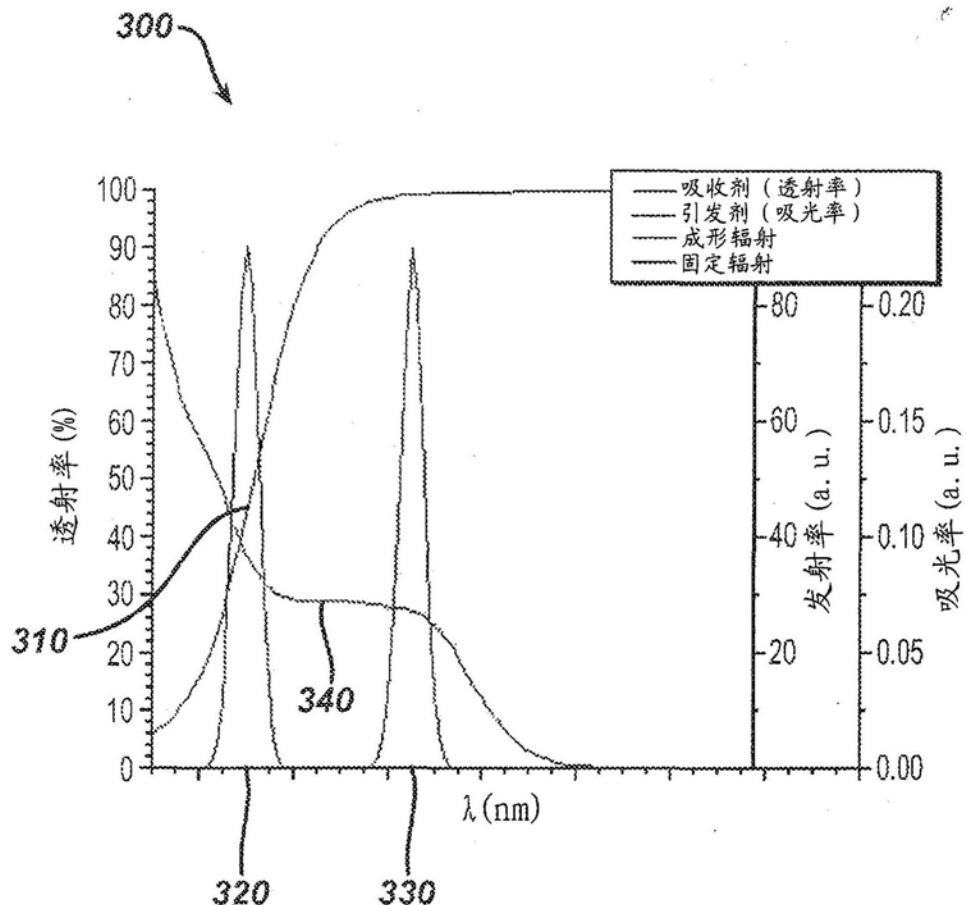


图 3

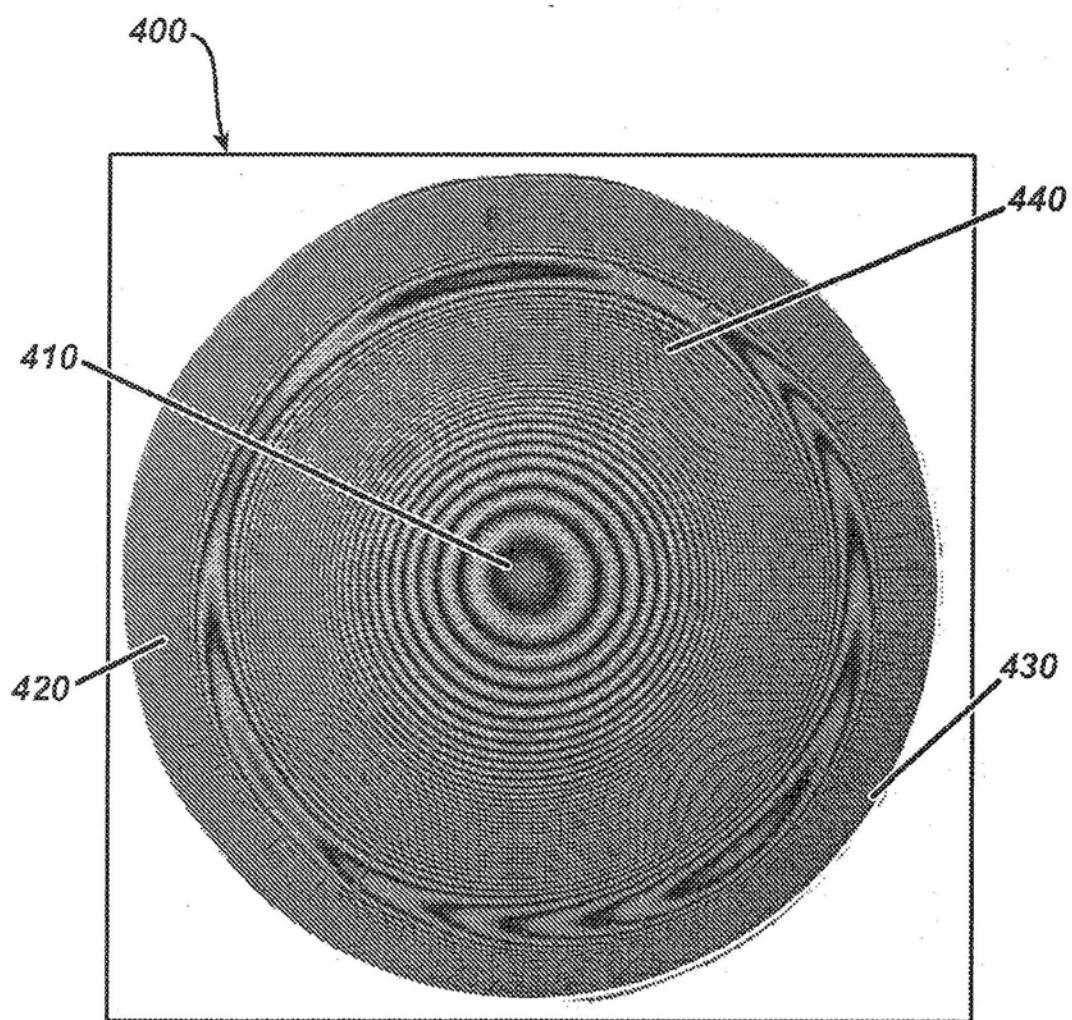


图 4

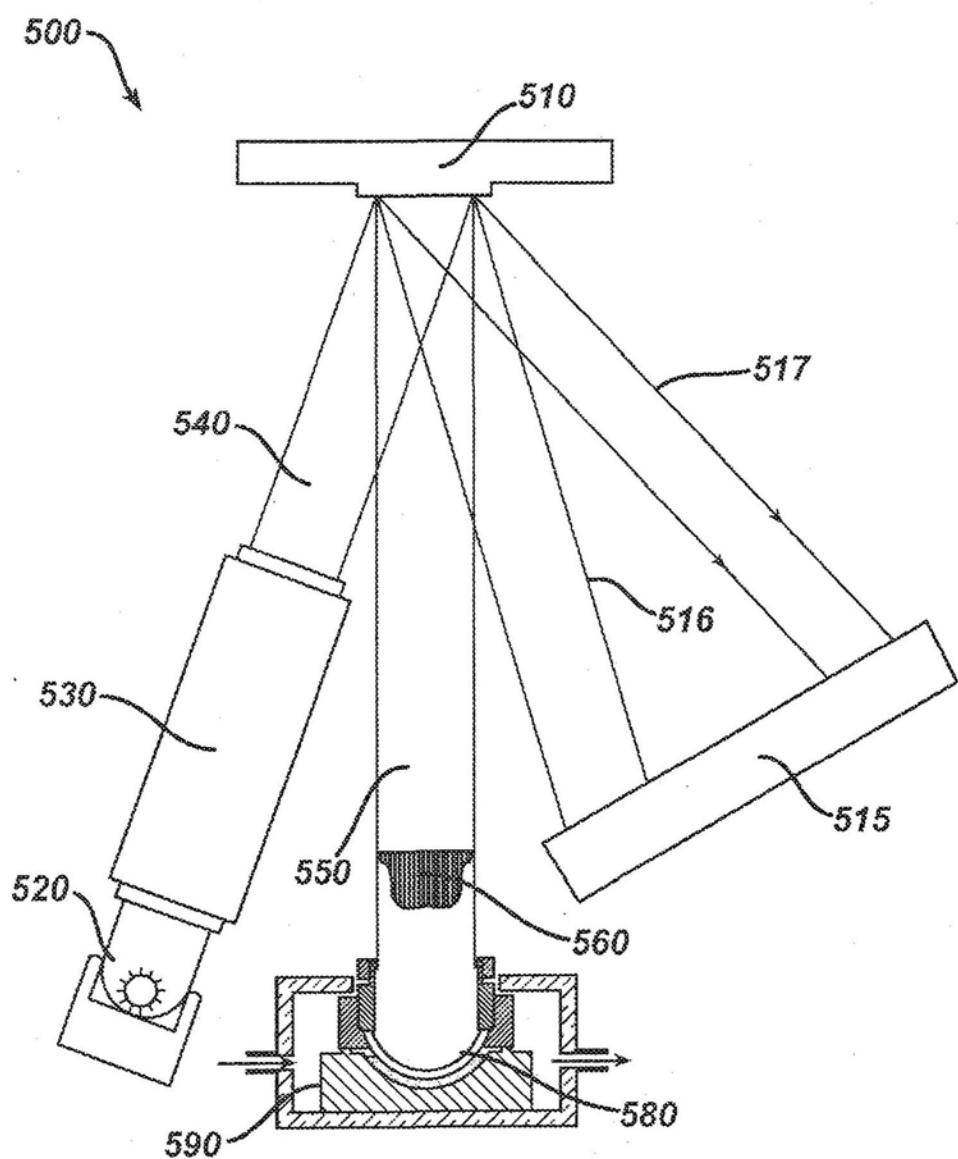


图 5

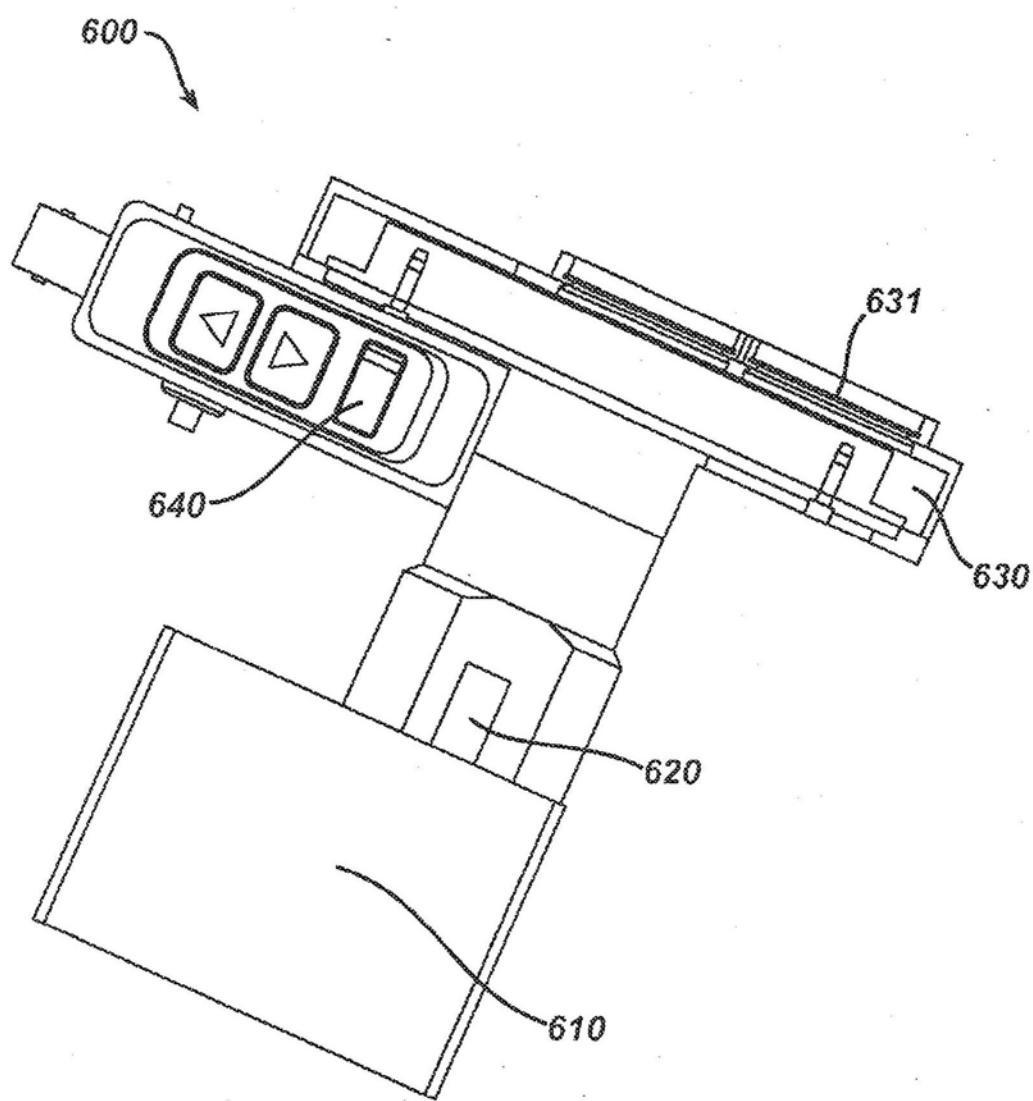


图 6

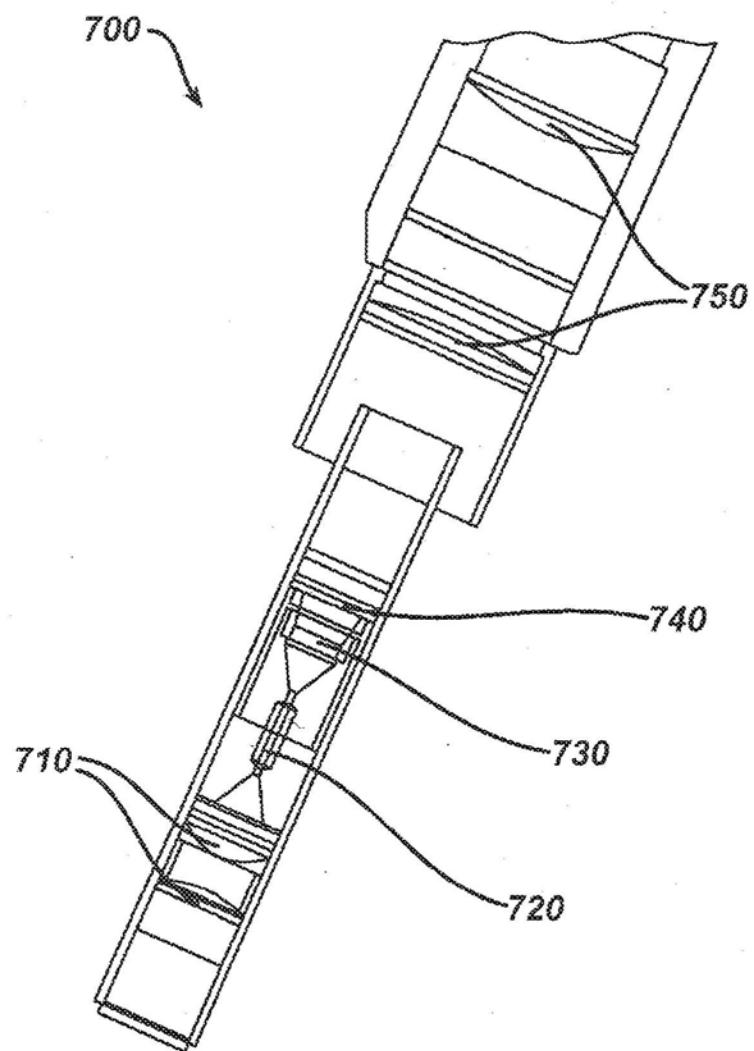


图 7

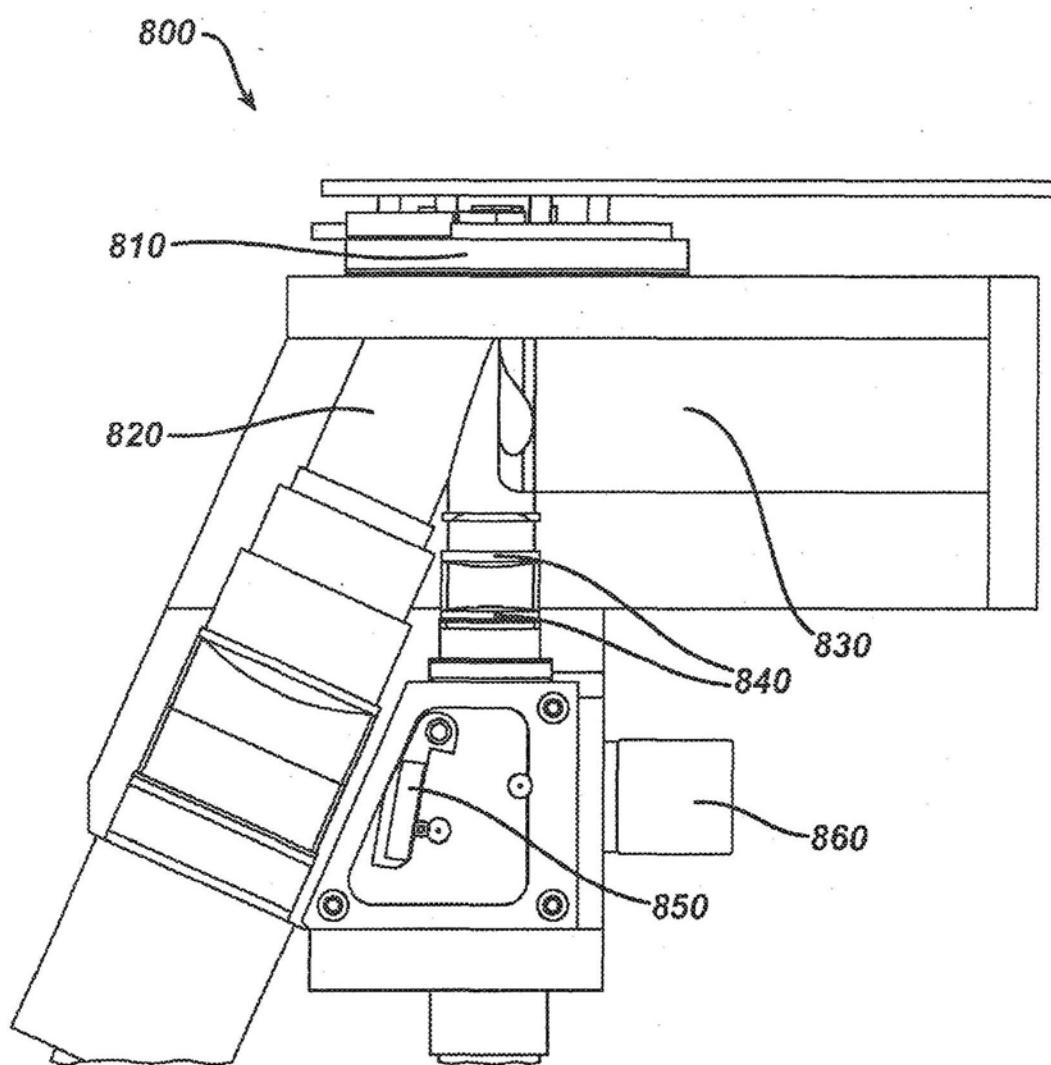


图 8

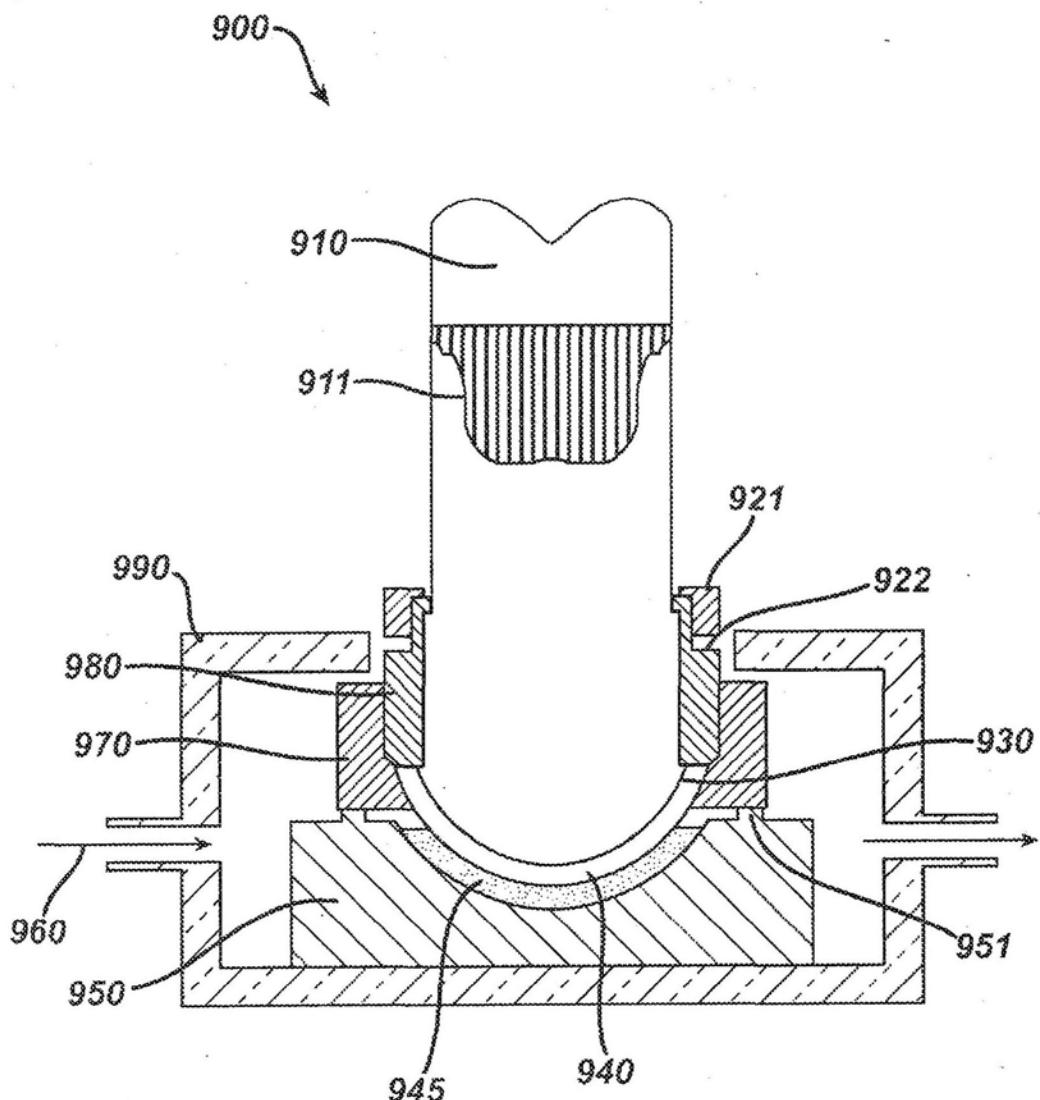


图 9

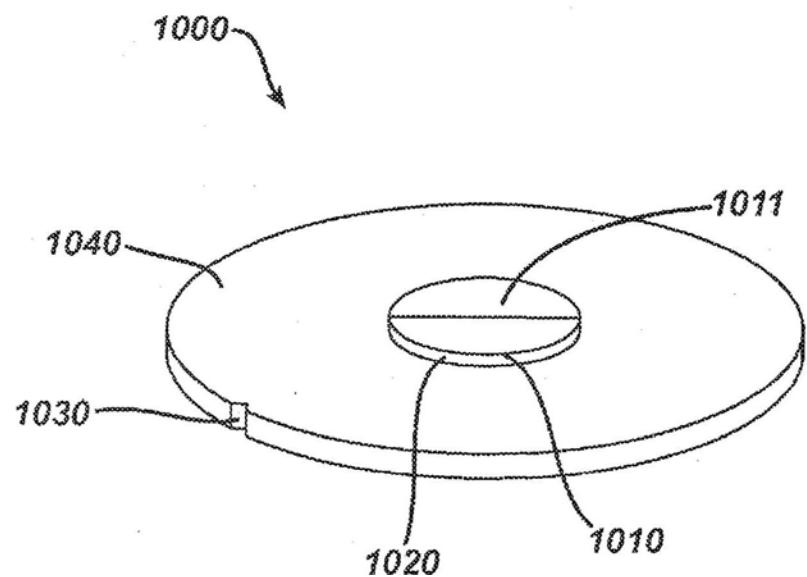


图 10

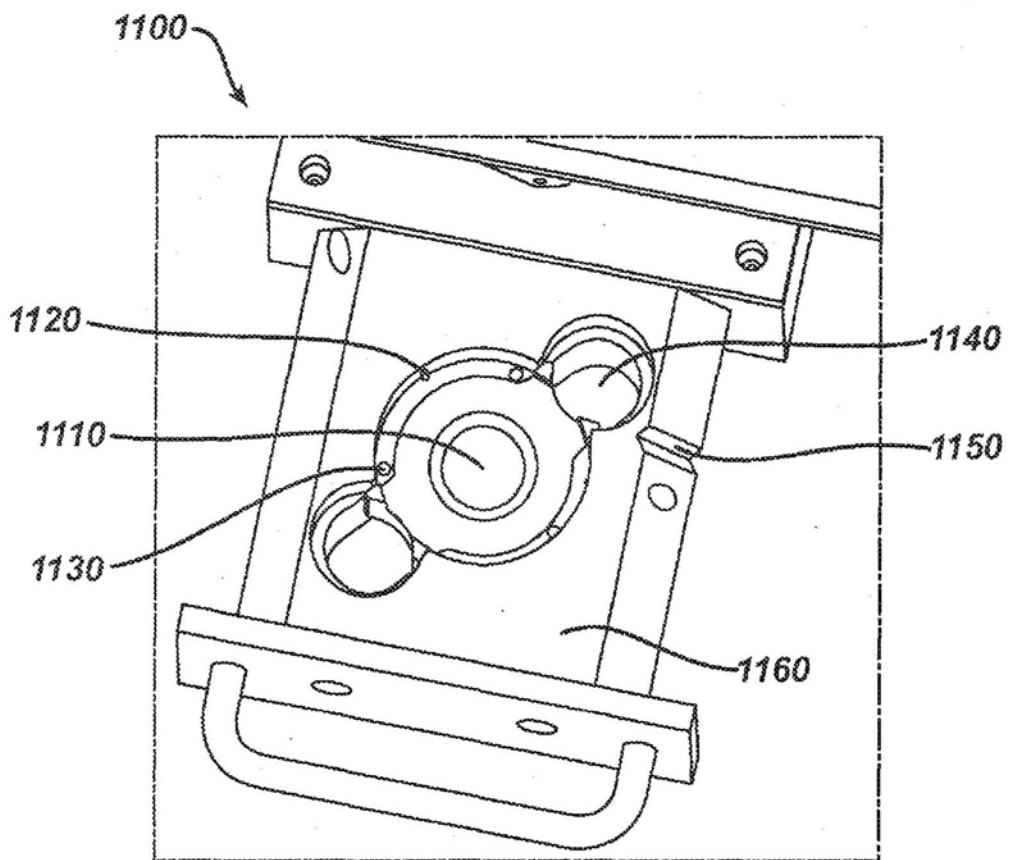


图 11

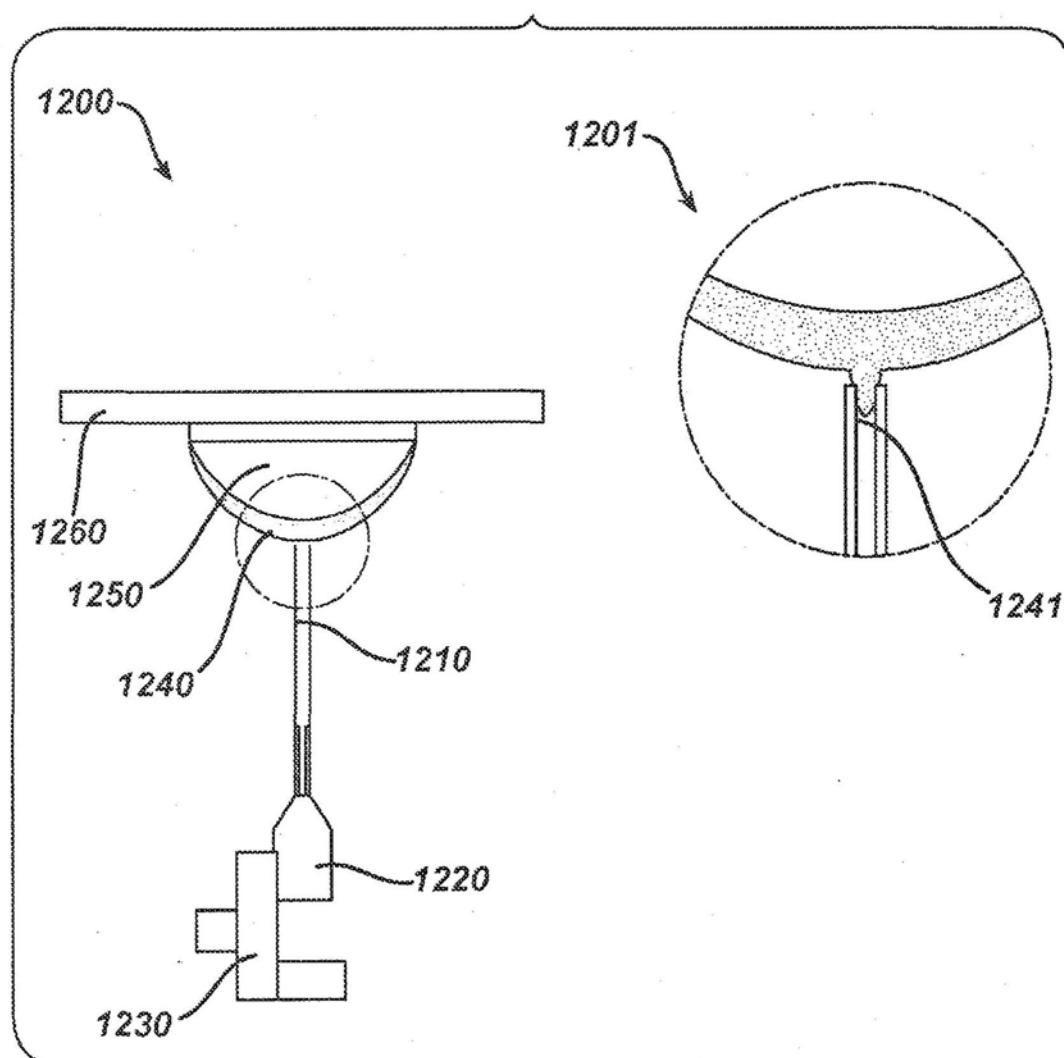


图 12

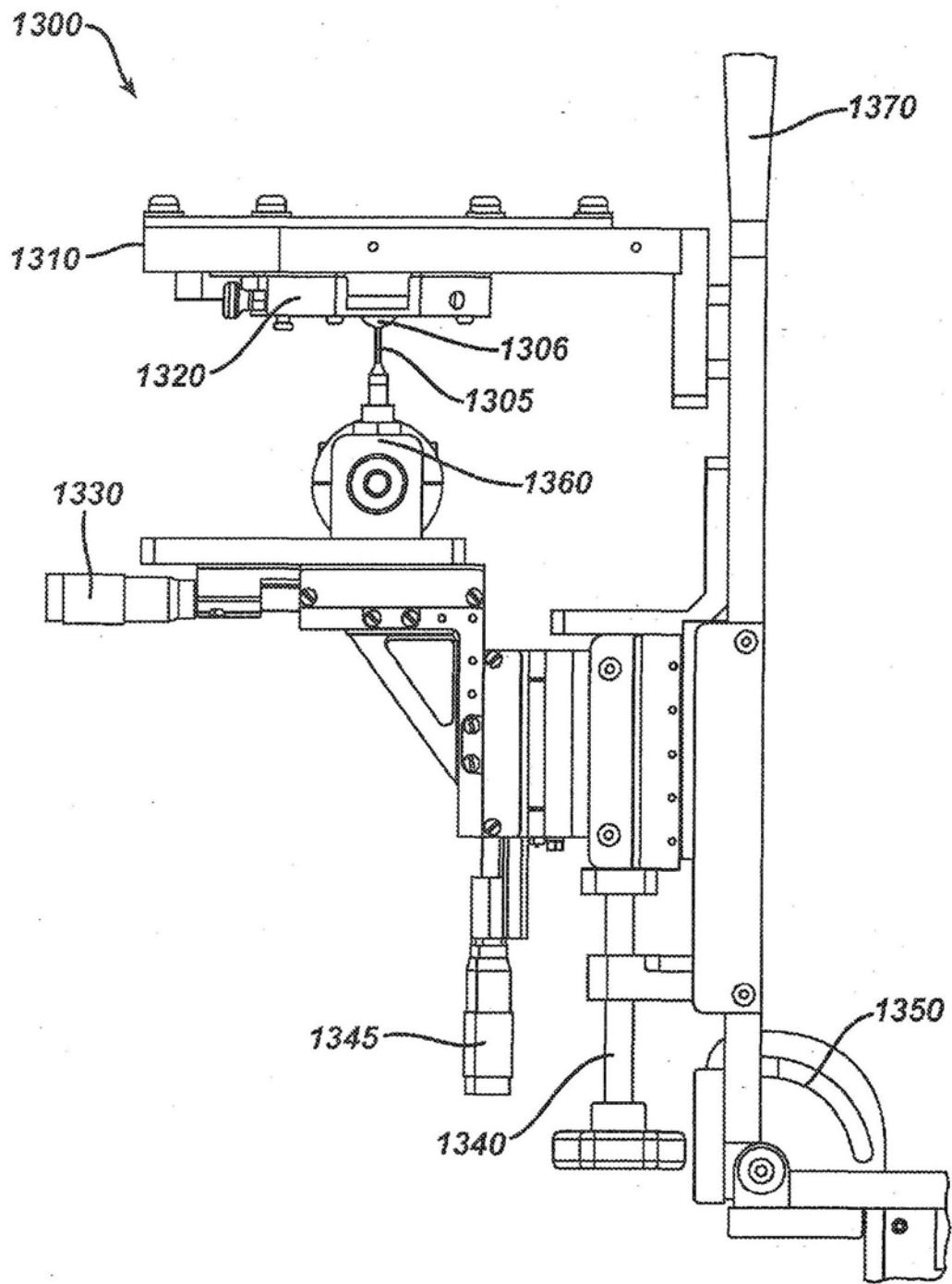


图 13

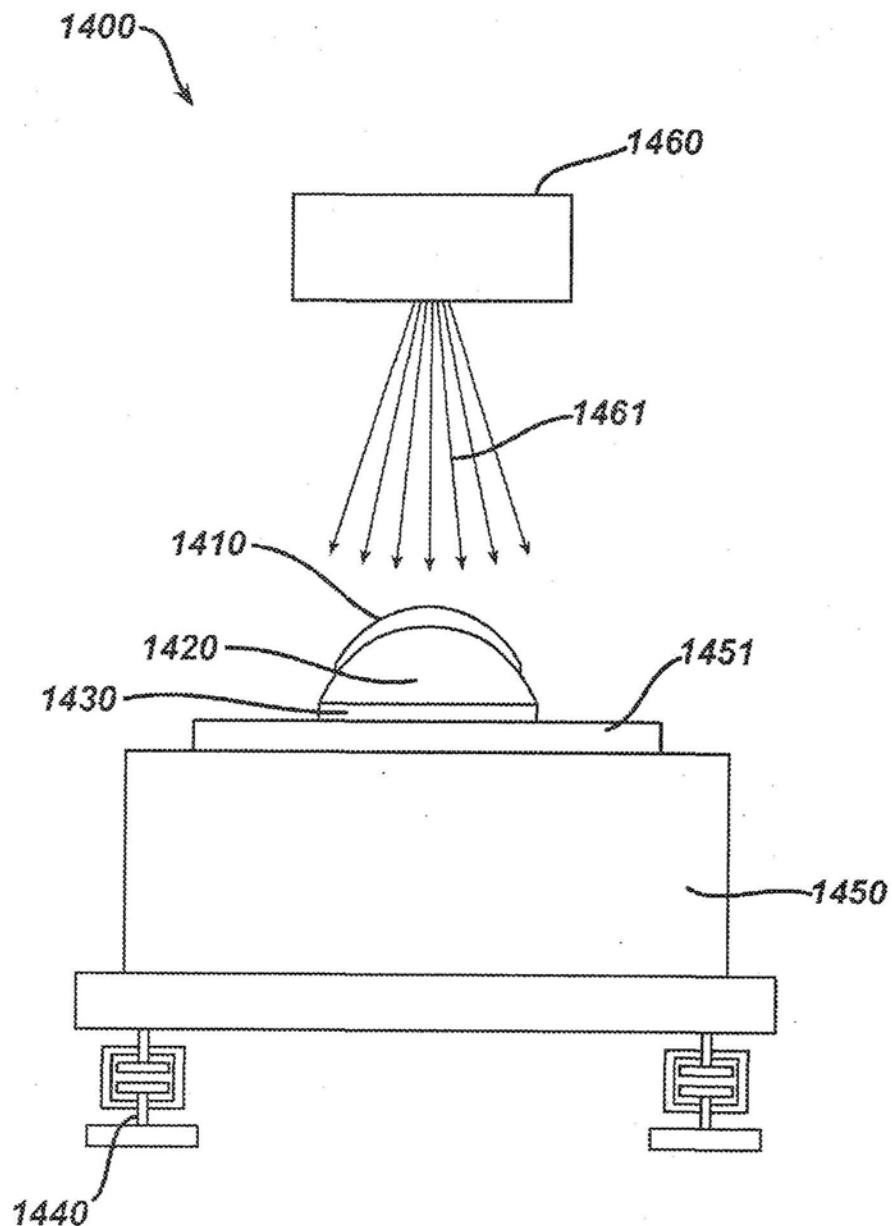


图 14

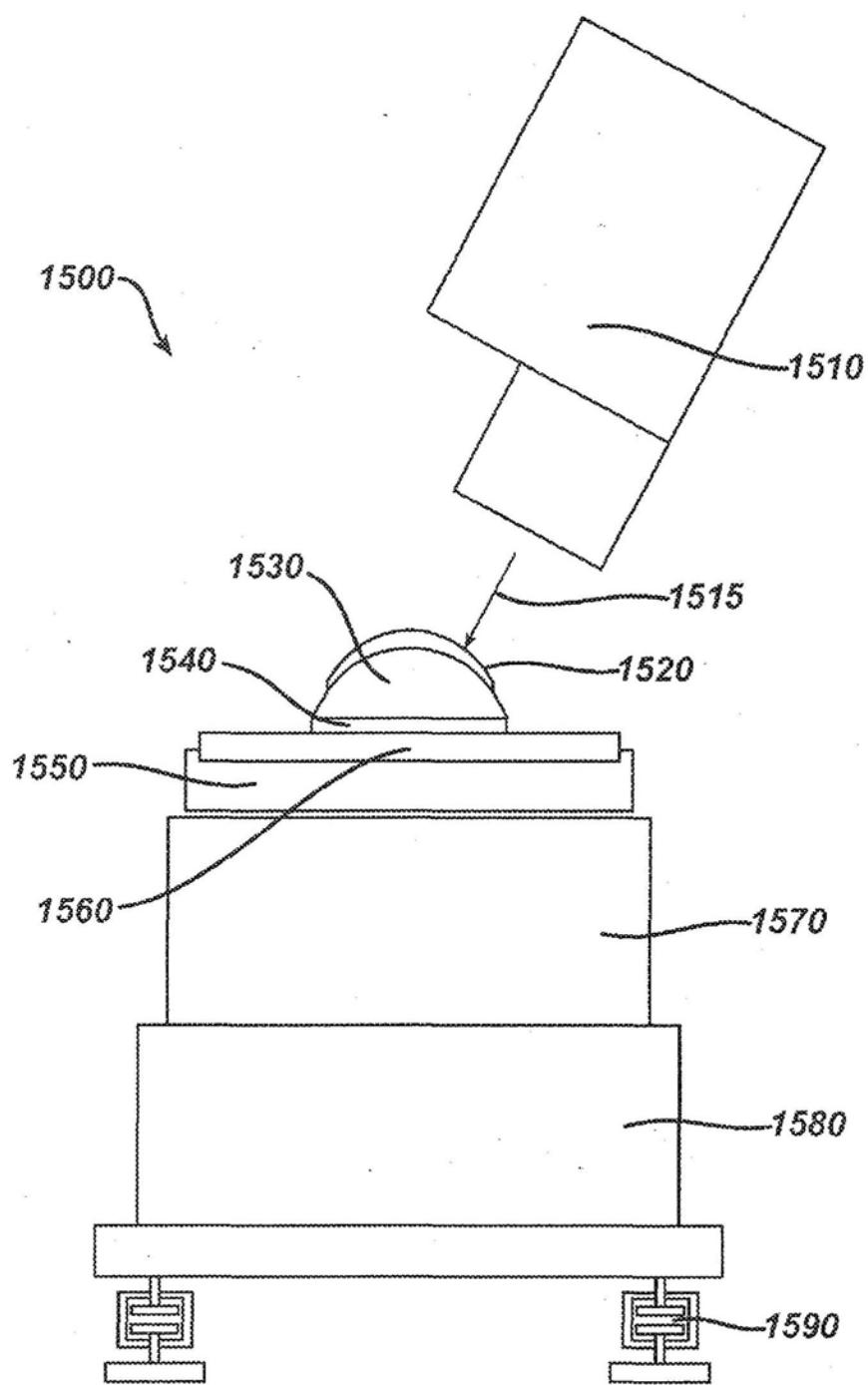


图 15

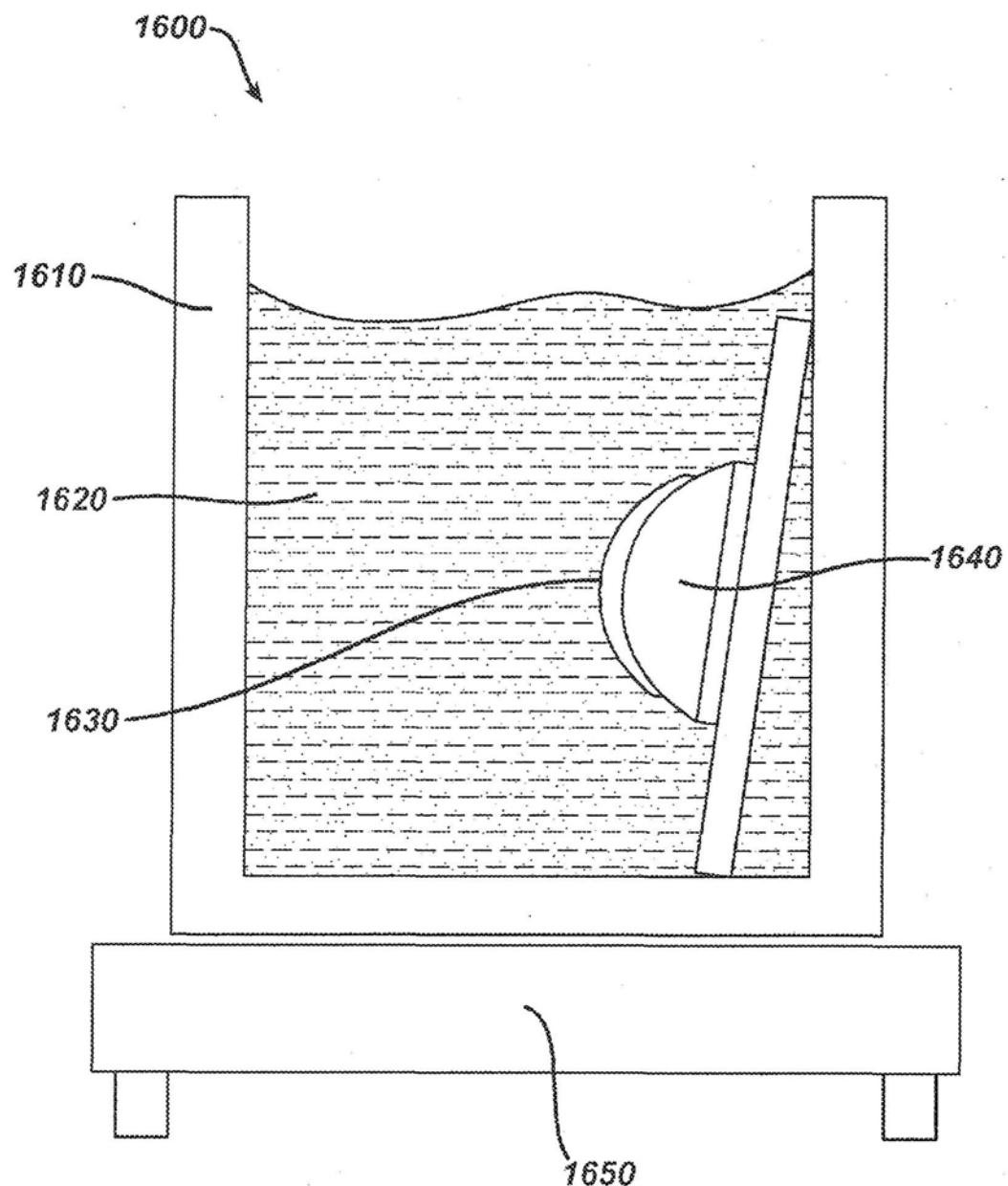


图 16

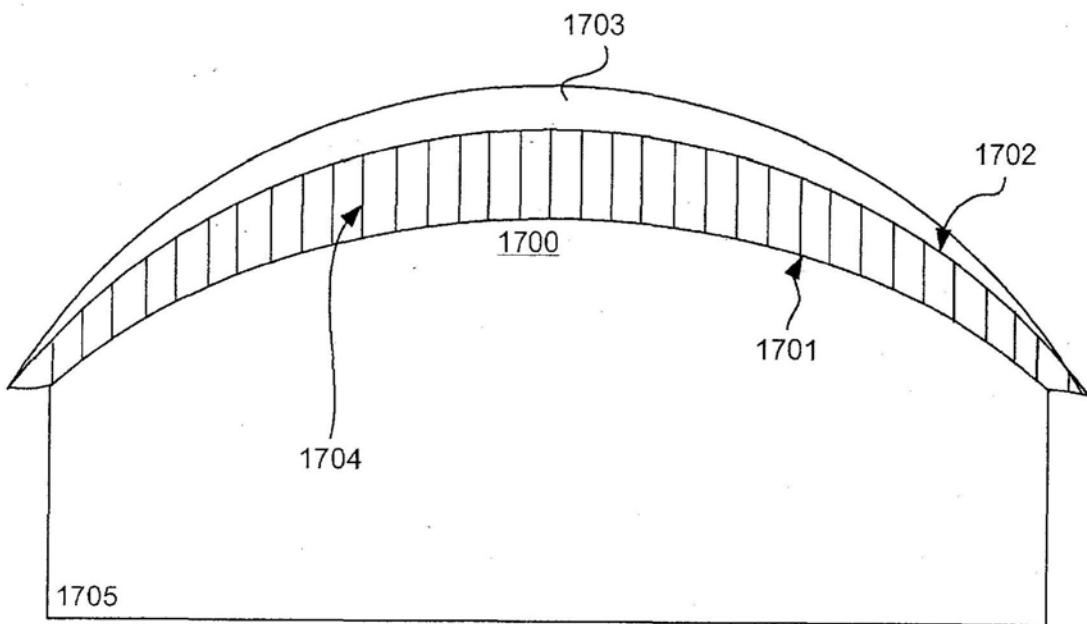


图 17

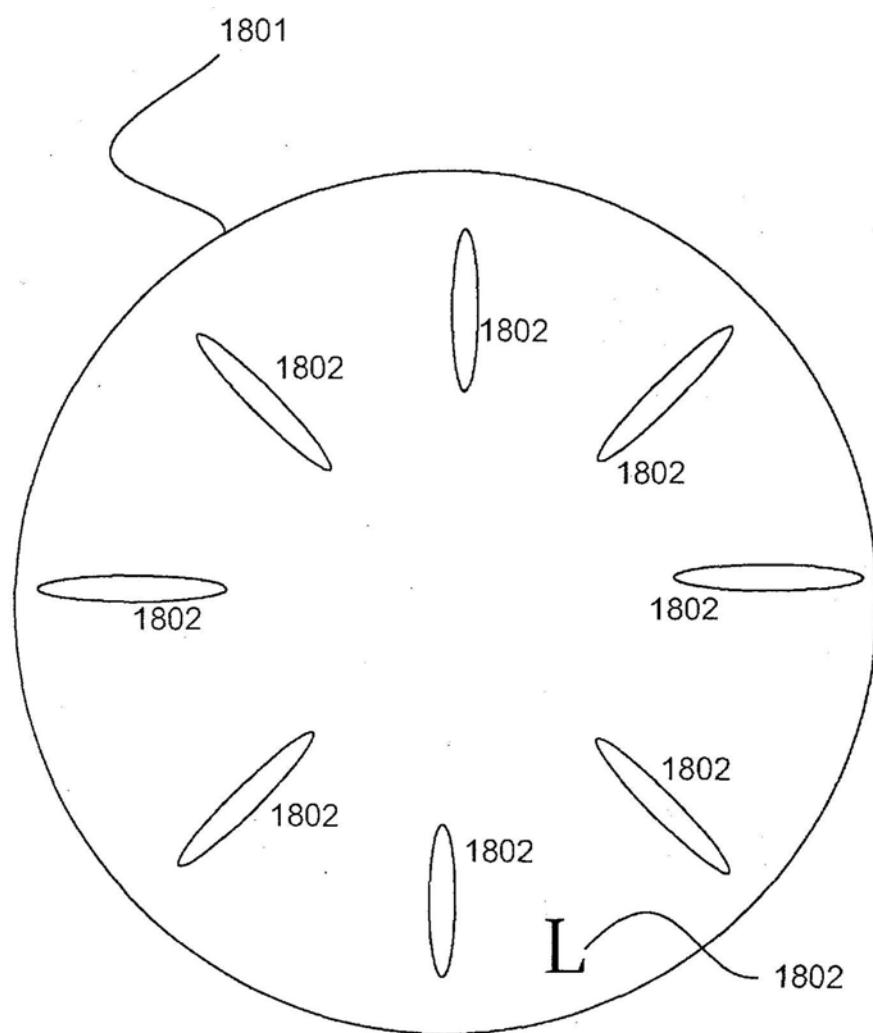


图 18

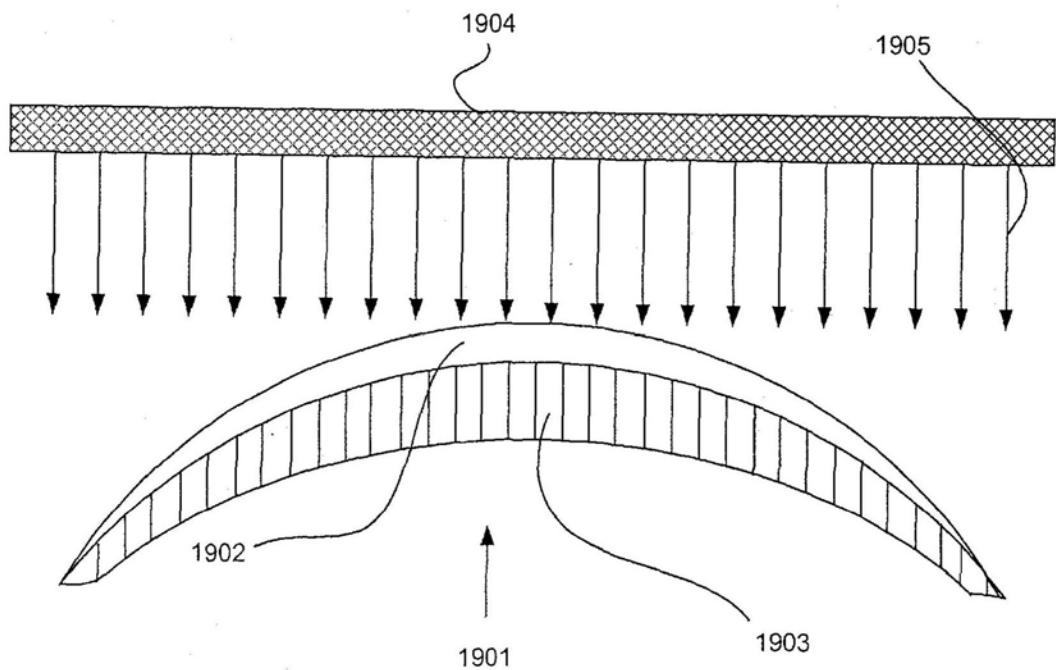


图 19

Abstract

This invention discloses an ophthalmic lens with at least one portion of the lens including multiple voxels (1704) of polymerized crosslinkable material. In addition, the present invention provides for apparatus for preparing an ophthalmic lens with one or more areas of different refractive indexes and a surface with one or both of a raised area and a depressed area.