



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101980855 B

(45) 授权公告日 2013.06.12

(21) 申请号 200980111337.7
 (22) 申请日 2009.03.24
 (30) 优先权数据
 61/041,623 2008.04.02 US
 (85) PCT申请进入国家阶段日
 2010.09.28
 (86) PCT申请的申请数据
 PCT/US2009/038033 2009.03.24
 (87) PCT申请的公布数据
 W02009/123883 EN 2009.10.08
 (73) 专利权人 诺瓦提斯公司
 地址 瑞士巴塞尔
 专利权人 佐治亚技术研究公司
 (72) 发明人 D·W·罗森 S·约翰斯顿
 A·S·里马耶 R·E·施维尔扎尔
 A·吉里阿尔德
 (74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
 11247
 代理人 杨晓光

(51) Int. Cl.
 B29C 67/00(2006.01)
 B29D 11/00(2006.01)
 (56) 对比文件
 US 3658528 A, 1972.04.25,
 WO 2004022318 A2, 2004.03.18,
 US 4701288 A, 1987.10.20,
 CN 1562622 A, 2005.01.12,
 US 6800225 B1, 2004.10.05,
 审查员 刘家聪

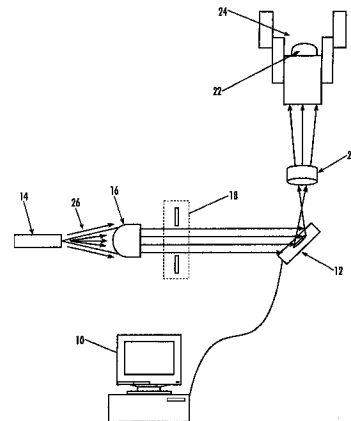
权利要求书2页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

使用立体光刻和单个模具表面制造接触透镜的方法和系统

(57) 摘要

一种眼科透镜的制造方法,包括将一定量光可固化透镜材料导入容器,其中所述容器包括模具表面。该方法还包括产生定义眼睛的矫正需求的数字 3-D 数学模型并经由图案产生器经过所述模具投射 UV 光的程序化图案,其中所述 UV 光的程序化图案将所述光可固化透镜材料固化成由所述模具表面和所述数字模型界定的透镜形状。



1. 一种利用立体光刻制造接触透镜 (28) 的方法,所述方法包括:
将一定量光可固化材料 (24) 导入容器;
产生定义眼睛的矫正需求的数字 3-D 数学模型;以及,其特征在于,
所述容器包括阳模 (22) 且不包括阴模,所述阳模 (22) 具有阳模表面,所述阳模 (22) 被浸入所述光可固化材料 (24);
经由图案产生器 (12) 经过所述阳模 (22) 投射 UV 光的程序化图案;
其中所述 UV 光的程序化图案将所述光可固化材料 (24) 固化成由所述阳模表面和所述数字 3-D 数学模型限定的接触透镜形状。
2. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述 UV 光的程序化图案通过将所述数字 3-D 数学模型输入软件程序 (10) 而确定。
3. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述接触透镜形状由所述 UV 光的图案的持续时间和强度确定。
4. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述 UV 光的程序化图案是单独投射的。
5. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述 UV 光的程序化图案是成组投射的。
6. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述 UV 光的程序化图案是以灰度级投射的,其中所述灰度级由所述 UV 光的散焦度限定。
7. 根据权利要求 1 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中所述数字 3-D 数学模型包括多个薄叠加层,每个层具有限定的厚度分布和与所述数字 3-D 数学模型的平面或弯曲截面对应的几何结构。
8. 根据权利要求 7 所述的利用立体光刻制造接触透镜的方法,其中将每个薄叠加层的所述厚度分布和几何结构转换成控制信号,该控制信号控制所述图案产生器 (12) 从所述光可固化材料 (24) 以层靠叠加层的方式产生所述接触透镜。
9. 一种制造接触透镜 (28) 的系统,包括:
计算机系统 (110);
与所述计算机系统 (110) 通信以促使用户输入眼睛的处方的装置;
基于所述处方设计所述接触透镜的数字 3-D 数学模型的装置 (113);
数字地确定所述数字 3-D 数学模型的装置,所述数字 3-D 数学模型包括与所述数字 3-D 数学模型的横截面对应的几何结构;
其特征在于,
将所述数字 3-D 数学模型的几何结构转换成控制信号的装置,所述控制信号控制立体光刻机以在容器中的阳模 (22) 上产生所述接触透镜,所述阳模 (22) 具有阳模表面并被浸入光可固化材料 (24) 的浴中,所述立体光刻机通过经所述阳模 (22) 投射 UV 光的程序化图案而产生所述接触透镜 (28)。
10. 根据权利要求 9 所述的制造接触透镜的系统,其中所述与所述计算机系统 (110) 通信的装置是经过互联网与计算机 (140) 连接的调制解调器。
11. 根据权利要求 9 所述的制造接触透镜的系统,其中所述制造接触透镜的系统还包括确定眼睛的波前像差的波前传感器。

12. 根据权利要求 11 所述的制造接触透镜的系统,其中所述制造接触透镜的系统还包括测定眼睛的角膜形貌数据的角膜形貌仪。

使用立体光刻和单个模具表面制造接触透镜的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及眼科装置的制造方法。具体来说,本发明涉及利用立体光刻制备眼科装置的方法。此外,本发明提供基于处方为特定病人制造接触透镜的系统和方法。

背景技术

[0002] 众所周知,接触透镜可以用于化妆和视力的校正。理想的接触透镜是不但长期佩戴舒适,而且容易以最低成本制造的接触透镜。接触透镜由它们的背(靠着眼睛)表面和前表面的形状描述。该背表面经成形而配合佩戴者的角膜。通常,接触透镜制造商对大多数用户仅使用三个至五个不同的形状。透镜的前表面控制透镜的视觉校正能力。改变透镜的厚度以控制它的校正性能。

[0003] 当前,铸模方法是制备接触透镜的最成本划算的制造方法之一。在典型的模制方法中,将预定量的可聚合或可交联材料分配在模具的阴半模中并通过将阳半模靠近该阴半模放置封闭该模具而产生具有为接触透镜所需的几何结构的空腔。通常,使用过量的可聚合或可交联材料以当闭合模具的阴阳半模时,将过量的材料排出到与模腔相邻的溢流区中。用经由 UV 光、热作用或其它非热方法投射的辐射使保留在模具内的可聚合或可交联材料聚合或交联。因为眼科透镜的几何结构特别由阴阳半模之间的空腔界定,并且因为眼科透镜的边缘的几何结构由这两个半模在它们接触的区域中的轮廓界定,所以将接触透镜制成通常在阴阳半模之间的最终形态,而对透镜的表面或透镜的边缘不进行附加的修整工作。这些全模制方法可以降低接触透镜制备中的成本。

[0004] 然而,校正透镜的制造方法利用模具(软接触)或机械加工(硬接触,眼内透镜),它们难以或不能响应于个体的视力校正需求而改变。在典型的模制方法中,在固化后从模具取出的接触透镜需要经历其它制造方法例如水合/萃取(extraction)和消毒,它们可能提高接触透镜的制造成本。通过使用是水溶性光可交联聚乙烯醇的预聚物,可以在数秒内在模具中制备具有光学质量的成品透镜,而不需要后续对接触透镜的萃取或修整步骤。采用此种制造方法,可以按降低的成本制造接触透镜并因此可以制备使用者在一次使用后丢弃的一次性接触透镜。

[0005] 虽然一些接触透镜模制方法能够在一定程度上降低接触透镜的制造成本,但是与模具和其制备相联系的成本可能较高。部分地由于与使用模具相联系的较高成本和部分地由于难以处理具有极大数目 SKU 的存量,通过透镜模制方法制造的一类接触透镜一般只能具有有限量的光焦度变化和/或基曲等的选择。在大多数情况下,病人必须使用将与他(她)的处方最匹配的接触透镜或使用高价制备(例如通过车床加工制备)的定制接触透镜。

[0006] 此外,在典型的模制方法中,将预定量的可聚合或可交联材料分配到两个半模中的一个中可能是挑战性的制造问题。例如,可聚合或可交联材料的粘度必须在某个特定值内以将可能以合理的成本分配可聚合或可交联材料。此外,必须采取所有可能的措施消除气泡在可聚合或可交联材料的分配期间形成。所有上述制造问题和与可聚合或可交联材料

的分配相关的其它问题可能提高制备接触透镜的成本,此外还限制可用于制造接触透镜的可聚合或可交联材料的选择。W02004/022318 公开了用于制造眼科装置的设备和方法。

[0007] 一类新型加成的 (additive)、层基制造方法已经出现,它能够实现“自由制造”,而无需硬性工具(双面模制)或部分特定的程序设计(机械加工)。

[0008] 因此,仍需要经济地制备接触透镜而不使用模制方法的新方法。还需要制备定制接触透镜的成本有效的制备方法。

发明内容

[0009] 在一个方面中,本发明提供利用立体光刻制备眼科装置的方法。该方法包括以下步骤:将一定量光可固化材料(24)导入容器;产生定义眼睛的矫正需求的数字 3-D 数学模型;以及,其特征在于,所述容器包括具有阳模表面的阳模(22),所述阳模(22)被浸入所述光可固化材料(24);经由图案产生器(12)经过所述阳模(22)投射 UV 光的程序化图案;其中所述 UV 光的程序化图案将所述光可固化材料(24)固化成由所述阳模表面和所述数字模型限定的眼科装置形状。

[0010] 在另一个方面中,本发明提供制备眼科透镜的系统,包括:计算机系统(110);与所述计算机系统(110)通信以促使用户输入眼睛的处方的装置;基于所述处方设计所述眼科装置的数字 3-D 数学模型的装置(113);数字地确定所述数字 3-D 数学模型的装置,所述数字 3-D 数学模型包括与所述数字 3-D 数学模型的横截面对应的几何结构;其特征在于,将所述数字 3-D 数学模型的几何结构转换成控制信号的装置,所述控制信号控制立体光刻机以在容器中的阳模(22)上产生所述眼科装置,所述阳模(22)具有阳模表面并被浸入光可固化材料(24)的浴中,所述立体光刻机通过经所述阳模(22)投射 UV 光的程序化图案而产生所述眼科装置(28)。

[0011] 本发明的一个目的是提供通过使用单个模具制造接触透镜及其它眼科装置的新方法。

[0012] 本发明的另一个目的是提供可以按成本有效的方式容易地适合于制造定制接触透镜的透镜制备方法。

[0013] 本发明的又一个目的是提供可以容易地适合于远程制备接触透镜或除接触透镜以外的眼科装置,优选定制接触透镜的透镜制备方法,例如制备定制接触透镜的按用户要求的成本有效的方法。

[0014] 本发明的另一个目的是提供根据成本有效的方法制备接触透镜,优选定制接触透镜的系统。

[0015] 本发明的这些及其它目的通过在此描述的本发明的各个方面满足。

[0016] 本发明的这些及其它方面、特征和优点将通过参考本文的附图和详细描述领会,并且将借助于各种元素和组合,尤其是所附权利要求书中指出的各种元素和组合实现。应该理解的是,本发明的以上一般说明及以下附图简述和详细描述是本发明的优选实施方案的示例和说明,并对所要求的本发明没有限制。

附图说明

[0017] 图 1 是描绘眼科装置的制造装置的示意图;

- [0018] 图 2a 是通过所述方法制备的眼科装置的截面图；
- [0019] 图 2b 是经过该眼科装置的弯曲截面（图 2a 的截面 A-A）的截面图；
- [0020] 图 2c 是基于图 2b 中的弯曲截面的眼科装置的弯曲层的截面图；
- [0021] 图 2d 是通过图 2c 的两个弯曲层的制造形成的眼科装置的截面图；
- [0022] 图 3 示出了使用垂直叠加的平面层通过常规立体光刻制造的眼科装置的截面图；以及
- [0023] 图 4 是示意性地描绘根据本发明的优选实施方案在远程位置为特定病人制备一对眼科透镜的系统和方法。

具体实施方式

[0024] 可以通过结合附图参考以下发明的详细描述更容易地领会本发明，所述附图组成本公开内容的一部分。应该理解的是，本发明不限于本文描述和 / 或显示的具体装置、方法、条件或参数，并且本文所使用的术语旨在仅通过举例描述具体的实施方案并且不打算限制所要求的发明。

[0025] 此外，本说明书，包括所附权利要求书中使用的单数形式“a”、“an”、和“the”包括复数形式，并且涉及的具体数值至少包括该具体值，除非上下文明确指明相反。

[0026] 本发明总体上涉及接触透镜或除接触透镜以外的眼科装置的新制备方法。与现有技术中已知用于制备眼科装置的任何方法不同，本发明方法在制备眼科装置时不涉及使用完全的阴阳模装置和 / 或车床。根据本发明方法，使用立体光刻设备（机器）制备眼科装置，优选接触透镜或定制接触透镜。此外，使用单个阳模形成每个透镜的后面。

[0027] 本文所使用的“眼科装置”是指接触透镜（硬或软）、眼内透镜、角膜覆层及其它用在眼睛上或眼睛附近的眼科装置（例如，展开层（stent）、植入物等）。

[0028] 通常实践的立体光刻包括基于通过计算机产生的物体的 3-D 数学模型层靠叠层地构造三维（3-D）物体。3-D 数学模型通常在 3-D 计算机辅助设计（CAD）软件的帮助下产生。以数学方式将所述模型分离或“切”成多个较薄且垂直叠加的层，每个层在该层的水平处具有限定的厚度分布和与所述模型的平面横截面对应的几何结构。每个层的几何结构在该物体的外边界内在该层的水平处界定与所述模型相联系的边界及其它特征。

[0029] 存在各种立体光刻的途径，这取决于用来制造物体的材料。优选的立体光刻技术基于通过光化辐射（例如，UV 激光）一次一层地聚合和凝固液体材料。例如，聚焦的紫外线（UV）激光在计算机或控制器的控制下遵循图案在可光致聚合液体材料的浴的顶部上扫描。该 UV 激光当激光束射到该浴的表面上时使该浴聚合，导致在该表面处和在该表面刚好以下形成第一固态塑料层。然后使该固态层降入该浴中并重复该激光引发的聚合过程以产生下一个层，如此这样，直到获得多个叠层。固态塑料层中的每一个是物体的 3-D 数学模型（设计）的相应“切片”（横截面）的“再印刷”。

[0030] 在一个方面中，本发明提供利用立体光刻制备眼科装置的方法。该方法包括：将一定量光可固化材料（24）导入容器；产生定义眼睛的矫正需求的数字 3-D 数学模型；以及，其特征在于，所述容器包括具有阳模表面的阳模（22），所述阳模（22）被浸入所述光可固化材料（24）；经由图案产生器（12）经过所述阳模（22）投射 UV 光的程序化图案；其中所述 UV 光的程序化图案将所述光可固化材料（24）固化成由所述阳模表面和所述数字模型限定的

眼科装置形状。

[0031] 向装置形成材料投射图案化光化辐射以形成眼科装置的层。经过阳模投射紫外线 (UV) 辐射的程序化图案, 该阳模形成透镜的背表面, 使装置形成材料固化成透镜的所需形状。使用图案产生器, 例如得自 Texas Instruments 的 Digital Micromirror Device (DMD™), 产生 UV 图案。DMD™ 是可独立寻址的微反射镜的大系列。UV 辐射经过阳模反射 DMD™ 的选定反射镜。通过改变显示在图案产生器上的图案, 不同的 UV 图案经过模具投射并投射到透镜材料中, 使不同的透镜厚度分布固化。

[0032] 该实施方案的示意图示于图 1 中。将病人视力校正需求的数字模型输入仪器的软件 10, 该软件计算一组位图图案以显示在图案产生器 12 上。眼科装置的每个层与一个或多个位图图案对应。使用适合的光学元件根据需要调节来自 UV 光源 14, 例如灯或激光器的 UV 辐射 26, 并然后从图案产生器 12 反射。优选的光学元件的实例是准直透镜 16 和虹膜或滤光片 18。还认为可以使用一组光学元件。从其, UV 辐射穿过聚焦 (或发散) 透镜 20 和单个模具 22, 该模具使辐射聚焦。该模具可以由各种材料组成, 例如石英是优选的。模具 22 优选具有阳模形状。进入眼科光可固化装置形成材料 24 的辐射的辐射时间和强度分布控制该眼科装置中每个点处的固化厚度。显示在图案产生器 12 上的每个图案使装置形成材料 24 固化到预定的厚度分布。这些图案可以单独地显示或作为系列显示, 并具有由选择散焦或模糊程度限定的“灰度级”, 所述散焦或模糊程度通过控制聚焦透镜 20 的位置引入。如果将要对于复杂的眼科装置形状使用图案序列, 则谨慎地开发一组图案以按照次序显示它们的结果获得精确的眼科装置形状和厚度分布, 而产生所需的视力校正性能。如此可以制造球状和特定形状的眼科装置。

[0033] 模具 22 的使用出于多个原因是优选的。首先, 它提供其上可以制造眼科装置的精确表面。其次, 它充当透镜用于使树脂固化的 UV 辐射的合适聚焦。实现模具 22 的使用不影响制造定制眼科装置的能力是重要的。具有数种不同尺寸和形状的模具是优选的, 但是数目可以小于 10。相对照而言, 使用常规眼科装置模制方法, 需要数千不同的 (阴) 模来为所需范围的眼科装置提供校正的性能和形状。

[0034] 图 2a 示出了通过上述方法形成的眼科装置的截面图。此种眼科装置优选是接触透镜。图 2b 示出了图 2a 中的眼科装置的弯曲截面。图 2b 中的弯曲截面代表制造眼科装置的一组弯曲层中的一个。图 2c 是基于图 2b 的弯曲截面的图 2a 的眼科装置的单个弯曲层。每个层是一个或多个投射的位图图案的产物。图 2d 示出了基于图 2b 的弯曲截面的图 2a 的眼科装置的多于一个弯曲层。用来构造具体眼科装置的层的数目和厚度取决于向软件 10 的输入的个体用户的眼睛要求并从 UV 产生器 14 投射。

[0035] 眼科装置的弯曲截面的使用是优选的, 而不是如常规立体光刻中实践的那样使用眼科装置的平面横截面。图 3 示出了使用来自五个平面横截面的五个平面层 30 制造实施例眼科装置 28 的结果。平面层的可选数目根据用户的需求进行考虑。制造的形状仅能接近所需的装置形状, 这将负面影响其作为校正透镜的应用。

[0036] 根据本发明, 光可固化 / 可交联或可聚合装置形成材料 (以下简称“装置形成材料”) 可以是这样的任何种类的材料, 所述材料可以通过光化辐射聚合和 / 或交联而获得眼科相容的交联材料。此类装置形成材料可以是技术人员已知的任何材料。例如, 装置形成材料可以是主要由各种单体和 / 或大分子单体构成并可选地还包括例如光引发剂、阻聚

剂、填料等各种组分的组合物。

[0037] 本文所使用的“眼科相容”是指材料或材料的表面可以与眼睛环境紧密接触较长时间,而不会显著损害眼睛环境和不会造成显著的用户不适。因此,眼科相容的接触透镜不会产生显著的角膜溶胀,在眨眼时将充分地眼睛上移动而促进足够的眼泪交换,不会具有相当大量的蛋白质或类脂吸附,并且不会在佩带的规定期间中引起显著的佩带者不适。

[0038] 本文所使用的“眼睛环境”是指可以与用于视力校正、施药、愈伤、眼睛颜色改变或其它眼科应用的接触透镜紧密接触的眼睛流体(例如,眼泪流体)和眼睛组织(例如,角膜)。

[0039] “单体”是指可以聚合的低分子量化合物。低分子量通常是指小于 700 道尔顿的平均分子量。

[0040] “大分子单体”是指含有能够进一步聚合的官能团的中和高分子量化合物或聚合物。中和高分子量通常是指大于 700 道尔顿的平均分子量。

[0041] 可以将本领域技术人员已知的任何适合的光引发剂结合到可交联或可聚合装置形成材料中。示例性的光引发剂是苯偶姻-甲基醚、1-羟基-环己基-二苯酮、

Darocure[®] 1173或**Irgacure[®]**型。

[0042] 装置形成材料的溶液可以通过将装置形成材料溶于本领域技术人员已知的任何适合的溶剂中来制备。适合的溶剂的实例是水,醇,例如低级链烷醇,例如乙醇或甲醇,和另外羧酸酰胺,例如二甲基甲酰胺,两性质子惰性溶剂,例如二甲基亚砷或甲基乙基酮,酮,例如丙酮或环己酮,烃,例如甲苯,醚,例如 THF、二甲氧基乙烷或二噁烷,和卤化烃,例如三氯乙烷,此外还有适合的溶剂的混合物,例如水与醇的混合物,例如水/乙醇或水/甲醇混合物。

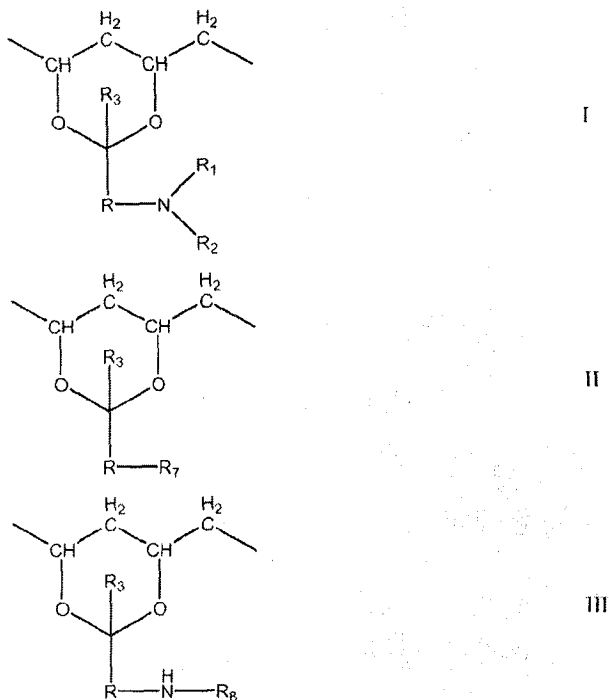
[0043] 一类优选的装置形成材料是水溶性和/或可溶性的眼科相容预聚物。装置形成材料主要包含一种或多种预聚物将是有利的,所述预聚物优选呈基本上纯的形式(例如,通过超滤纯化)。因此,在通过光化辐射交联之后,眼科装置可以实际上不再要求随后的纯化,例如尤其是未聚合成分的复杂萃取。另外,交联可以无溶剂地或在水溶液中进行,从而随后的溶剂交换或水化步骤不是必要的。

[0044] “预聚物”是指起始聚合物,其可在光化辐射下交联以获得分子量远高于所述起始聚合物的交联聚合物。光化辐射的实例是 UV 辐射、电离辐射(例如 γ 射线或 X 射线辐射)、微波辐射等。

[0045] “聚合物”是指通过聚合一种或多种单体形成的材料。

[0046] 优选的预聚物的一个实例是水溶性可交联的聚(乙烯醇)预聚物。更优选,水溶性可交联的聚(乙烯醇)预聚物是美国专利 5,583,163 和 6,303,687 中描述的并具有至少大约 2000 的分子量且包含大约 0.5% - 大约 80% (基于所述聚(乙烯醇)中的羟基的数目)的式 I、I 和 II、I 和 III,或 I 和 II 和 III 的单元的多羟基化合物

[0047]



[0048] 除非另有规定,本文所使用的“分子量”是指通过凝胶渗透色谱法测定的重均分子量 M_w 。

[0049] 在式 I、II 和 III 中, R_3 是氢、 C_1 - C_6 烷基或环烷基。

[0050] 在式 I、II 和 III 中, R 是含至多 12 个碳原子、优选至多 8 个碳原子的亚烷基,并且可以是线性或支化的。适合的实例包括亚辛基、亚己基、亚戊基、亚丁基、亚丙基、亚乙基、亚甲基、2-亚丙基、2-亚丁基和 3-亚戊基。低级亚烷基 R 优选具有至多 6, 尤其优选至多 4 个碳原子。亚甲基和亚丁基是尤其优选的。

[0051] 在式 I 中, R_1 是氢或含至多七个,尤其是至多四个碳原子的低级烷基。最优选, R_1 是氢。

[0052] 在式 I 中, R_2 是烯属不饱和、吸电子、可交联的基团,其优选含至多 25 个碳原子。在一个实施方案中, R_2 是通式 R_4 -CO- 的烯属不饱和酰基,其中 R_4 是含 2-24 个碳原子、优选含 2-8 个碳原子、尤其优选含 2-4 个碳原子的烯属不饱和、可交联的基团。

[0053] 含 2-24 个碳原子的烯属不饱和可交联的基团 R_4 优选是含 2-24 个碳原子的链烯基,尤其是含 2-8 个碳原子的链烯基,尤其优选含 2-4 个碳原子的链烯基,例如乙烯基、2-丙烯基、3-丙烯基、2-丁烯基、己烯基、辛烯基或十二碳烯基。乙烯基和 2-丙烯基是优选的,从而该 -CO- R_4 基团是丙烯酸或甲基丙烯酸的酰基。

[0054] 在另一个实施方案中,基团 R_2 是式 IV、优选式 V 的基团

[0055] $-CO-NH-(R_5-NH-CO-O)_q-R_6-O-CO-R_4$ (IV)

[0056] $-[CO-NH-(R_5-NH-CO-O)_q-R_6-O]_p-CO-R_4$ (V)

[0057] 其中 p 和 q 彼此独立地是 0 或 1, R_5 和 R_6 彼此独立地是含 2-8 个碳原子的低级亚烷基、含 6-12 个碳原子的亚芳基、含 6-10 个碳原子的饱和二价环脂族基团、含 7-14 个碳原子的亚芳基亚烷基或亚烷基亚芳基或含 13-16 个碳原子的亚芳基亚烷基亚芳基,和其中 R_4

如上面所限定。

[0058] 低级亚烷基 R_5 或 R_6 优选含 2-6 个碳原子并且尤其是线性的。适合的实例包括亚丙基、亚丁基、亚己基、二甲基亚乙基、以及, 尤其优选, 亚乙基。

[0059] 亚芳基 R_5 或 R_6 优选是亚苯基, 它是未取代或被低级烷基或低级烷氧基取代的, 尤其是 1,3-亚苯基或 1,4-亚苯基或甲基-1,4-亚苯基。

[0060] 饱和二价环脂族基团 R_5 或 R_6 优选是亚环己基或亚环己基 (低级亚烷基), 例如亚环己基亚甲基, 它是未取代或被一个或多个甲基取代的, 例如三甲基亚环己基亚甲基, 例如二价异佛尔酮基。

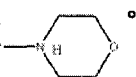
[0061] 亚烷基亚芳基或亚芳基亚烷基 R_5 或 R_6 的亚芳基单元优选是未取代或被低级烷基或低级烷氧基取代的亚苯基, 并且其亚烷基单元优选是低级亚烷基, 例如亚甲基或亚乙基, 尤其是亚甲基。这类基团 R_5 或 R_6 因此优选是亚苯基亚甲基或亚甲基亚苯基。

[0062] 亚芳基亚烷基亚芳基 R_5 或 R_6 优选是亚烷基单元中含至多 4 个碳原子的亚苯基 (低级亚烷基) 亚苯基, 例如亚苯基亚乙基亚苯基。

[0063] 基团 R_5 和 R_6 优选彼此独立地是含 2-6 个碳原子的低级亚烷基, 未取代或被低级烷基取代的亚苯基, 未取代或被低级烷基取代的亚环己基或亚环己基 (低级亚烷基), 亚苯基 (低级亚烷基), (低级亚烷基) 亚苯基或亚苯基 (低级亚烷基) 亚苯基。

[0064] 在式 II 中, R_7 是伯、仲或叔氨基或式 $N^+(R')_3X^-$ 的季氨基, 其中每个 R' 彼此独立地是氢或 C_1-C_4 烷基, X 是相反离子, 例如 HSO_4^- 、 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 CH_3COO^- 、 OH^- 、 BF_4^- 或 $H_2PO_4^-$ 。

[0065] 具体来说, 基团 R_7 是氨基、一或二 (低级烷基) 氨基、一或二苯基氨基、(低级烷基) 苯基氨基或结合到杂环中的叔氨基, 例如 $-NH_2$ 、 $-NH-CH_3$ 、 $-N(CH_3)_2$ 、 $-NH(C_2H_5)$ 、 $-N(C_2H_5)_2$ 、

$-NH$ (苯基)、 $-N(C_2H_5)$ 苯基或 

[0066] 在式 III 中, R_8 是一元、二元或三元、饱和或不饱和、脂族或芳族有机酸或磺酸的基团。例如, 优选的基团 R_8 衍生自氯乙酸、琥珀酸、戊二酸、己二酸、庚二酸、马来酸、富马酸、衣康酸、柠康酸、丙烯酸、甲基丙烯酸、邻苯二甲酸和偏苯三酸。

[0067] 对于本发明目的, 与基团和化合物结合的术语“低级”除非另有限定否则表示含至多 7 个碳原子, 优选含至多 4 个碳原子的基团或化合物。

[0068] 具体来说, 低级烷基含至多 7 个碳原子, 优选至多 4 个碳原子, 并且例如, 是甲基、乙基、丙基、丁基或叔丁基。

[0069] 具体来说, 低级烷氧基含至多 7 个碳原子, 优选至多 4 个碳原子, 并且例如, 是甲氧基、乙氧基、丙氧基、丁氧基或叔丁氧基。

[0070] 如果 q 是 1 则存在二价基团 $-R_5-NH-CO-O-$, 如果 q 是 0 则不存在。含其中 q 是 0 的可交联基团的聚(乙烯醇)是优选的。

[0071] 如果 p 是 1 则存在二价基团 $-CO-NH-(R_5-NH-CO-O)_q-R_6-O-$, 如果 p 是 0 则不存在。含其中 p 是 0 的可交联基团的聚(乙烯醇)是优选的。

[0072] 在包含具有可交联基团 (其中 p 是 1) 的单元的聚(乙烯醇)中, 指数 q 优选是 0。尤其优选包含其中 p 是 1 的可交联基团的聚(乙烯醇), 指数 q 是 0 且 R_5 是低级亚烷基。

[0073] 在式 $N^+(R')_3X^-$ 中, R' 优选是氢或 C_1-C_3 烷基, X 是卤离子、乙酸根或亚磷酸根, 例如 $-N^+(C_2H_5)_3CH_3COO^-$ 、 $-N^+(C_2H_5)_3Cl^-$ 和 $-N^+(C_2H_5)_3H_2PO_4^-$ 。

[0074] 根据本发明的水溶性可交联聚(乙烯醇)更优选是多羟基化合物,该多羟基化合物具有至少大约 2000 的分子量并且基于该聚(乙烯醇)中的羟基数目包含大约 0.5- 大约 80%, 优选 1-50%, 更优选 1-25%, 更优选 2-15% 式 I 的单元, 其中 R 是含至多 6 个碳原子的低级亚烷基, R_1 是氢或低级烷基, R_3 是氢, R_2 是通式 (V) 的基团。当 p 是零时, R_4 优选是 C_2-C_8 链烯基。当 p 是 1 且 q 是零时, R_6 优选是 C_2-C_6 亚烷基, R_4 优选是 C_2-C_8 链烯基。当 p 和 q 都是 1 时, R_5 优选是 C_2-C_6 亚烷基、亚苯基、未取代的或低级烷基-取代的亚环己基或环亚己基-低级亚烷基、未取代的或低级烷基-取代的亚苯基-低级亚烷基、低级亚烷基-亚苯基、或亚苯基-低级亚烷基-亚苯基, R_6 优选是 C_2-C_6 亚烷基, R_4 优选是 C_2-C_8 链烯基。

[0075] 包含式 I、I 和 II、I 和 III 或 I 和 II 和 III 的单元的可交联的聚(乙烯醇)可以按本身已知的方式制备。例如, 美国专利 5, 583, 163 和 6, 303, 687 公开和揭示了如何制备包含式 I、I 和 III 和 III、或 I 和 II 和 III 的单元的可交联聚合物。

[0076] 根据本发明的优选预聚物的另一个实例是乙烯基封端的聚氨酯, 它是通过使异氰酸酯封端的聚氨酯与烯属不饱和胺(伯或仲胺)或烯属不饱和单羟基化合物反应获得的。所述异氰酸酯封端的聚氨酯是以下物质的共聚产物:

[0077] (a) 以下式的至少一种聚亚烷基二醇

[0078] $HO-(R_9-O)_n-(R_{10}-O)_m-(R_{11}-O)_1-H(1)$

[0079] 其中 R_9 、 R_{10} 和 R_{11} 彼此独立地各自是线性或支化 C_2-C_4 亚烷基, n、m 和 1 彼此独立地各自是 0-100 的数, 其中 (n+m+1) 之和是 5-100,

[0080] (b) 选自以下的至少一种支化剂

[0081] (1) 以下式的线性或支化脂族多羟基化合物

[0082] $R_{12}-(OH)_x$ (2),

[0083] 其中 R_{12} 是线性或支化 C_3-C_{18} 脂族多价基团, x 是 ≥ 3 的数,

[0084] (ii) 聚醚多元醇, 它是式 (2) 的化合物和二醇的聚合产物,

[0085] (iii) 聚酯多元醇, 它是式 (2) 的化合物、二元羧酸或其衍生物和二醇的聚合产物, 和

[0086] (iv) 环脂族多元醇, 它选自被 ≥ 3 个羟基取代并且未被烷基取代的 C_5-C_8 -环烷烃、被 ≥ 3 个羟基取代并且被一个或多个 C_1-C_4 烷基取代的 C_5-C_8 -环烷烃、和未取代的一和二糖,

[0087] (v) 具有至少三个羟基 C_1-C_4 烷基的芳烷基多元醇, 和

[0088] (c) 以下式的至少一种二-或多异氰酸酯

[0089] $R_{13}-(NCO)_y$ (3),

[0090] 其中 R_{13} 线性或支化 C_3-C_{24} 脂族多异氰酸酯、 C_3-C_{24} 环脂族或脂族-环脂族多异氰酸酯的基团、或 C_3-C_{24} 芳族或芳脂族多异氰酸酯的基团, y 是 2-6 的数。

[0091] 根据本发明的异氰酸酯封端的聚氨酯聚合物可以通过遵循无溶剂方法制备。例如, 在无溶剂方法中, 首先将式 (1) 的一种或多种聚亚烷基二醇(组分 (a)) 与一种或多种支化剂(组分 (b)) 混合并将该混合物加热到熔融温度或以上并维持在那样的温度下。然后, 将式 (3) 的至少一种二-或多异氰酸酯(组分 (c)) 添加到该熔融混合物中而形成按所需化学计量包含组分 (a)、组分 (b) 和组分 (c) 的熔融反应混合物。在熔融温度或以上并优选在惰性气氛环境下(例如, 在氮气或氩气气氛中) 连续和剧烈地搅拌该熔融反应混合物。

例如,通过监测 FT-IR 光谱中的异氰酸酯峰监测反应。组分 (a)-(c) 都是已知的化合物或化合物混合物,或可以根据本身已知的方法获得。

[0092] 优选的预聚物的另一个实例是欧洲专利 1,017,734 中描述的可交联聚脲预聚物,该文献全文引入供参考。所述可交联聚脲预聚物可以通过使烯丙酰氯或含异氰酸酯基的丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯与 NH_2 封端的聚亚烷基二醇和二-或多异氰酸酯的聚合产物可选地在三胺存在下反应而获得。

[0093] 其它示例性的优选预聚物包括:乙烯基内酰胺、MMA 和共聚单体的可交联统计共聚物,它们在 EP655,470 和 US5,712,356 中进行了公开;乙烯基内酰胺、乙酸乙烯酯和乙烯醇的可交联共聚物,它们在 EP712,867 和 US5,665,840 中进行了公开;EP932,635 中进行了公开的具有可交联侧链的聚醚-聚酯共聚物;EP958,315 和 US6,165,408 中公开的支持聚亚烷基二醇-氨基甲酸酯预聚物;EP961,941 和 US6,221,303 中公开的聚亚烷基二醇-四(甲基)丙烯酸酯预聚物;和 PCT 专利申请 W02000/31150 中公开的可交联聚烯丙胺葡萄糖酸内酯预聚物。

[0094] 装置形成材料主要由一种或多种预聚物和可选的附加乙烯基单体组成。光固化/交联或聚合优选无溶剂或基本上无溶剂地或直接地从水溶液进行。所述预聚物优选呈基本上纯的形式,例如,通过纯化步骤,例如超滤获得的形式。例如,交联或聚合可以从含大约 15-90% 一种或多种预聚物的水溶液进行。

[0095] 还可以用于根据本发明的光交联或聚合的乙烯属单体可以是亲水性的、疏水性的或可以是疏水性和亲水性乙烯属单体的混合物。适合的乙烯属单体尤其包括通常用于制造接触透镜的那些。“亲水性乙烯属单体”是指作为均聚物通常产生水溶性或可以吸收至少 10 重量%水的聚合物的单体。“疏水性乙烯属单体”是指作为均聚物通常产生不溶于水和可以吸收小于 10 重量%水的聚合物的单体。

[0096] 优选使用疏水性乙烯属单体,或疏水性乙烯属单体与亲水性乙烯属单体的混合物,藉此这一混合物包含至少 50 重量%疏水性乙烯基共聚单体。这样,所得聚合物的机械性能可以得到改进,而水含量不会显著下降。常规疏水性乙烯属单体和常规亲水性乙烯属单体都适合于与所述预聚物的共聚。

[0097] 适合的疏水性乙烯属单体包括但不限于, C_1 - C_{18} -烷基丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯, C_3 - C_{18} -烷基丙烯酰胺和-甲基丙烯酰胺,丙烯腈,甲基丙烯腈,乙烯基- C_1 - C_{18} -链烷酸酯, C_2 - C_{18} -链烯炔, C_2 - C_{18} -卤代链烯炔,苯乙烯, C_1 - C_6 -烷基苯乙烯,乙烯基烷基醚(其中烷基结构部分含有 1-6 个碳原子), C_2 - C_{10} -全氟烷基-丙烯酸酯和-甲基丙烯酸酯或相应的部分氟化的丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯, C_3 - C_{12} -全氟烷基-乙基-硫代羰基氨基乙基-丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯,丙烯酰氧基-和甲基丙烯酰氧基-烷基硅氧烷, N-乙烯基吡啶,马来酸、富马酸、衣康酸、中康酸等的 C_1 - C_{12} -烷基酯。优选的是,例如含 3-5 个碳原子的烯属不饱和羧酸的 C_1 - C_4 -烷基酯,或含至多 5 个碳原子的羧酸的乙烯基酯。

[0098] 适合的疏水性乙烯属单体的实例包括丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丙酯、丙烯酸异丙酯、丙烯酸环己酯、丙烯酸 2-乙基己酯、甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸丙酯、乙酸乙烯酯、丙酸乙烯酯、丁酸乙烯酯、戊酸乙烯酯、苯乙烯、氯丁二烯、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、丙烯腈、1-丁烯、丁二烯、甲基丙烯腈、乙烯基甲苯、乙烯基乙基醚、全氟己基乙基-硫代-羰基-氨基乙基-甲基丙烯酸酯、甲基丙烯酸异冰片酯、甲基丙烯酸三氟

乙基酯、甲基丙烯酸六氟异丙基酯、甲基丙烯酸六氟丁酯、甲基丙烯酸三-三甲基甲硅氧基-甲硅烷基-丙基酯、3-甲基丙烯酰氧基丙基-五甲基-二硅氧烷和双(甲基丙烯酰氧基丙基)-四甲基-二硅氧烷。

[0099] 适合的亲水性乙烯属单体包括但不限于,丙烯酸和甲基丙烯酸羟基取代的低级烷基酯,丙烯酰胺,甲基丙烯酰胺,低级烷基丙烯酰胺和甲基丙烯酰胺,乙氧基化丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯,羟基取代的低级烷基丙烯酰胺和甲基丙烯酰胺,羟基取代的低级烷基乙烯基醚,乙烯磺酸钠,苯乙烯磺酸钠,2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸,N-乙烯基吡咯,N-乙烯基琥珀酰亚胺,N-乙烯基吡咯烷酮,2-或4-乙烯基吡啶,丙烯酸,甲基丙烯酸,丙烯酸和甲基丙烯酸氨基-(其中术语“氨基”还包括季铵)、单低级烷基氨基-或二低级烷基氨基低级烷基酯,烯丙醇等。优选的是,例如羟基取代的 C_2-C_4 -烷基(甲基)丙烯酸酯,5-7元N-乙烯基内酰胺,N,N-二- C_1-C_4 -烷基(甲基)丙烯酰胺,和含总共3-5个碳原子的烯属不饱和羧酸。

[0100] 适合的亲水性乙烯属单体的实例包括甲基丙烯酸羟乙酯、丙烯酸羟乙酯、丙烯酰胺、甲基丙烯酰胺、二甲基丙烯酰胺、烯丙醇、乙烯基吡啶、乙烯基吡咯烷酮、甘油甲基丙烯酸酯、N-(1,1-二甲基-3-氧代丁基)丙烯酰胺等。

[0101] 优选的疏水性乙烯属单体是甲基丙烯酸甲酯和乙酸乙烯酯。优选的亲水性乙烯属共聚单体是甲基丙烯酸2-羟乙酯、N-乙烯基吡咯烷酮和丙烯酰胺。

[0102] 固化层中的每一个(凝固塑料或水凝胶层)优选具有小于大约20密耳(毫英寸)、更优选小于大约10密耳、更加优选小于6密耳,最优选小于4密耳的厚度。

[0103] 固化层的厚度主要由装置形成材料的两种性能控制,即临界曝光(E_c)和穿透深度(D_p)。

[0104] E_c 定义为引起足够数目的反应以形成凝胶的最低曝光量。曝光(E)定义为射到表面上的能量并按照能量/面积(焦耳/ cm^2)测量。 E_c 取决于材料和波长。如果装置形成材料接收比 E_c 更多的曝光,则凝胶物质更多聚合并且该质量变得更强直到达到已经赋予足够的曝光而完成聚合过程的点。可以通过添加一种或多种光引发剂或自由基清除剂(阻聚剂)改变装置形成材料的 E_c 。

[0105] D_p 是光化辐射能穿透装置形成材料的深度。穿透深度与装置形成材料吸收辐射的能力成反比并且一般是波长依赖性的。装置形成材料的穿透深度可以通过添加一种或多种UV吸收剂来调节。通过提高UV吸收剂在装置形成材料中的浓度,可以减小穿透深度。

[0106] 根据本发明,可以通过相关于 D_p 和 E_c 控制来自辐射源的辐照而控制固化层的厚度。例如,当装置形成材料具有较小 E_c 时,可以让激光束按较快速度扫描浴表面以获得较薄固化层,因为引起聚合需要的曝光较小。因为光化辐射随着它进入装置形成材料越来越深而变得越来越弱,上水平(浴表面处和刚好该表面以下)比下水平接收更大强度,并因此接收更大的曝光。因此,上水平将凝胶化,而在下水平处的装置形成材料却没有凝胶化。

[0107] 在一个优选的实施方案中,装置形成材料按足以将装置形成材料的穿透深度减小到所需 D_p 的浓度包含至少一种UV吸收剂。向装置形成材料添加UV吸收剂是有利的。这可以将UV吸收剂结合到所得接触透镜或眼内透镜中,如本领域中已知的那样。UV吸收剂能够使对眼睛的UV相关损害最小化。示例性的UV吸收剂包括,但不限于,4-甲基丙烯酰氧基2-羟基二苯甲酮(MOBP)、2-(3'-甲基烯丙基-2'-羟基-5'-甲基苯基)苯并三唑、取

代的 2- 羟基二苯甲酮、2- 羟基 -5- 丙烯酰氧基苯基 -2H- 苯并三唑等。

[0108] 活化能束可以是电子束、X 射线,或优选 UV 光或可见光。适合的光源包括,但不限于,He: Cd 激光器、氩离子激光器、氮激光器、金属蒸气激光器、Nd: YAG 激光器。激光器可以以一个波长线产生单线或以数个波长产生数个线。例如,市售 HeCd 激光器在 325nm 产生单个波长线。市售氩离子激光器可以经设置以各种单个波长或同时以数个波长发出 UV 范围中的激光。氩离子激光器的主要 UV 线处于大致 364nm、252nm 和 334nm 和其它波长。激光器可以经设置同时在这些所有波长发出激光,其中 364nm 线、351nm 线和 334nm 线 / 其它线的功率输出分别为大约 40%、40%和 20%。

[0109] 在本发明的另一个优选的实施方案中,采用两种活化能束获得固化层,其中这些能束具有不同波长并且可以对装置形成材料产生两种不同的穿透深度值。使用产生更小 D_p 值的能束扫描层的周边以使锐利层边界的出现最小化,以可以获得具有较平滑表面的眼科装置。或者,可以在本发明方法中使用两种相同的能束,第一和第二束。在这个实施方案中,装置形成材料 24 仅当这两个能束交叉时凝胶,这是改进制造工艺的分辨率的方法。通常,这两个能束将按不同角度进入装置形成材料 24,优选其具有大于 30 度的角位差以提供其中装置形成材料 24 将凝胶化的适当控制的交叉范围。应该理解的是,所述能束中一个或两个可以经过模具 22 进入装置形成材料 24。能束还可以经过装置形成材料容器的顶部进入装置形成材料 24。

[0110] 在优选的实施方案中,辐射图案由图案产生器 12 产生。在可选的实施方案中,可以通过在浴的表面或模具上扫描能束产生辐射图案。通过计算机或控制器控制图案产生器的位图图案的产生或能束的扫描以遵循所需图案。此种计算机控制通常受控制信号影响,该控制信号是从眼科装置的 3-D 数学模型转换的。转换过程包括以数学方式将所述 3-D 数学模型分离或“切”成多个较薄且垂直叠加的层,每个层在该层的水平处具有限定的厚度分布和与所述模型的平面横截面或弯曲截面对应的几何结构。

[0111] 通常,在 CAD 软件的帮助下产生眼科装置的 3-D 数学模型。本领域技术人员知道如何设计眼科装置,然后构造该设计的数学表面而获得 3-D 数学模型。例如,具有任何表面设计(包括不可旋转对称表面)的接触透镜可以使用光学计算机辅助设计(CAD)系统和机械 CAD 系统设计。

[0112] 使用光学 CAD 系统设计光学模型透镜。“光学模型透镜”是指在计算机系统中设计的一般不含属于接触透镜的其它非光学系统的接触透镜,接触透镜的示例性的非光学系统包括,但不限于斜面、晶状体和连接接触透镜的前和后表面的边缘。

[0113] “斜面”是指位于接触透镜的后表面的边缘处的非光学表面区。一般而言,斜面是显著扁平的曲面并通常与接触透镜的基曲(光学后表面)混合并表现为接近边缘的向上锥形。这保持更陡峭的基曲半径不夹持眼睛并允许边缘稍微提升。这种边缘提升对眼泪越过角膜的合适流动是重要的并使得透镜更舒适地配合。

[0114] “晶状体”是指接触透镜的前表面的在光学区和边缘之间的非光学表面区。晶状体的主要功能是控制透镜边缘的厚度。

[0115] 任何已知的、适合的光学计算机辅助设计(CAD)系统可用来设计光学模型透镜。示例性的光学计算机辅助设计系统包括,但不限于得自 Breault Research Organization 的 Advanced System Analysis program(ASAP) 和 ZEMAX(Focus Software, Inc.)。优

选地,将使用得自BreaultResearch Organization的Advanced System Analysis program(ASAP)与得自ZEMAX(Focus Software, Inc.)的输入进行光学设计。

[0116] 可以通过,例如,机械CAD系统将光学模型透镜的设计变换成包括光学区、非光学区和非光学特征的机械透镜设计。接触透镜的示例性的非光学区和特征包括,但不限于斜面、晶状体、连接接触透镜的前和后表面的边缘、取向特征等。示例性的取向特征包括,但不限于,使用变化的厚度分布来控制透镜取向的棱面平衡体(ballast)、其中移除透镜几何结构的部分以控制透镜取向的多面表面(例如,去脊(ridge-off)区)、通过与眼睑相互作用而使透镜取向的脊特征。优选地,当将优化的光学模型透镜的设计转换成机械透镜设计时,可以将接触透镜类的一些常见特征结合。

[0117] 任何已知的、适合的机械CAD系统可以用于本发明。优选地,使用能够精确地且以数学方式表现高阶表面的机械CAD系统设计接触透镜。此种机械CAD系统的实例是Pro/Engineer。

[0118] 优选地,可以使用允许接收系统(光学CAD或机械CAD)构造预期设计的NURB或Beizier表面的转换格式在光学CAD和机械CAD系统之间来回变换接触透镜的设计。示例性的变换格式包括,但不限于,VDA(Verbandder Automobilindustrie)和IGES(Initial GraphicsExchangeSpecification)。通过使用此种变换格式,透镜的总体表面可以呈连续形式,该连续形式便于具有径向非对称形状的透镜的制备。

[0119] 任何数学函数可以用于描述眼科透镜的前表面、后表面或周边,只要它们具有允许优化透镜的设计的足够的动态范围。示例性的数学函数包括二次曲面和二次函数、任何阶的多项式、Zernike多项式、指数函数、三角函数、双曲函数、有理函数、傅里叶数列和子波函数(wavelet)。优选地,使用两种或更多种数学函数的组合描述眼科透镜的正(前)表面和底(后)表面。更优选,使用Zernike多项式描述眼科透镜的正(前)表面和底(后)表面。更加优选地,使用Zernike多项式和样条基数学函数一起描述眼科透镜的正(前)表面和底(后)表面。

[0120] 在完成接触透镜的光学和机械设计后,透镜设计(3-D数学模型)通常呈中性文件格式,例如,IGES或VDA,或呈专利文件格式(例如,Pro/E文件格式)。然后以数学方式将所述透镜设计分离或切成多个较薄且垂直叠加的层,每个层在该层的水平处具有限定的厚度分布和与所述透镜模型的平面横截面或弯曲截面对应的几何结构。然后,将多个所述薄的垂直叠加层中的每一个的厚度分布和几何结构转换成控制信号,该控制信号控制活化能束一次一个地印刷多个所述薄且垂直叠加的层中的每一个。涉及接触透镜的“垂直”是指平行于接触透镜的中心轴的方向。接触透镜的中心轴是指在接触透镜的前表面(凸出弯曲表面)的法线方向穿过该表面的顶点的线。

[0121] 本发明方法值得注意的是根据本发明的接触透镜可以由光可固化/可交联或可聚合装置形成材料按与现有技术相比非常简单和有效的方法制备。这基于多个因素。一方面,生产中不涉及完全的模具组也不涉及车床。可以消除与模具相联系的成本。其次,不存在与装置形成材料的基本上无溶剂的液体或熔体或所述装置形成材料的溶液的分配相关的严格的生产技术要求。装置形成材料的溶液或基本上无溶剂的液体或熔体可以具有宽范围的粘度。

[0122] 装置形成材料主要包含一种或多种预聚物将是有利的,所述预聚物优选呈基本上

纯的形式（例如，通过超滤纯化）。因此，在通过光化辐射交联之后，眼科装置可以实际上不再要求随后的纯化，例如尤其是未聚合成分的复杂萃取。另外，交联可以无溶剂地或在水溶液中进行，从而随后的溶剂交换或水化步骤不是必要的。

[0123] 本发明方法还值得注意的是，连同通信网络，例如互联网，基于立体光刻的本发明方法可以容易地且经济地执行而制备定制接触透镜或在远程位置中，例如，在眼睛医生或分散生产设施的办公室中制备任何接触透镜。还有助于涉及接触透镜的定货、制造和递送的电子商务。

[0124] “定制接触透镜”是指按订单要求定制的接触透镜。

[0125] 互联网包括经过通信链路互联的许多个多计算机和计算机网络。互联的计算机使用各种服务，例如电子邮件、Gopher 和全球网（“WWW”）交换信息。WWW 服务允许服务器计算机系统（即，互联网服务器或网址）将信息的图形网页发送给远程客户计算机系统。远程客户计算机系统然后可以显示网页。WWW 的每种资源（例如，计算机或网页）通过统一资源地址（“URL”）被唯一识别。为了观察具体的网页，客户计算机系统在请求（例如，超文本传输协议（“HTTP”）请求）中指定网页的 URL。该请求被转送到支持该网页的网络服务器。当该网络服务器接收该请求时，它将该网页发送给客户计算机系统。当客户计算机系统接收该网页时，它通常使用浏览器显示该网页。浏览器是完成网页的请求和显示网页的专用应用程序。

[0126] 当前，通常使用超文本标记语言（“HTML”）限定网页。HTML 提供限定如何显示网页的一组标准标记。当用户指示浏览器显示网页时，浏览器发送请求给服务器计算机系统以将限定该网页的 HTML 文件传送至客户计算机系统。当该请求的 HTML 文件被客户计算机系统接收时，浏览器显示由该 HTML 文件限定的网页。HTML 文件含有控制文本、图形、控件及其它特征的显示的各种标记。HTML 文件可以含有可在服务器计算机系统或其它服务器计算机系统上利用的其它网页的 URL。

[0127] 在另一个方面中，本发明提供为特定病人制备眼科透镜的方法。该方法包括：接收包括所述病人的眼睛的一组特性数据的处方；基于该处方设计眼科透镜的 3-D 数学模型；将所述 3-D 数学模型以数学方式切成多个薄且垂直叠加的层，每个层在该层的水平处具有限定的厚度分布和与所述 3-D 数学模型的横截面对应的几何结构；以及将多个所述薄且垂直叠加的层中的每一个的厚度分布和几何结构转换成控制信号，该控制信号控制立体光刻机以在可交联或可聚合装置形成材料的浴中层靠叠加层地产生眼科透镜。

[0128] 眼睛的处方最低程度地包括眼睛的低阶像差，例如散焦、散光和棱镜，和可选地后表面（凹面）的适当曲度。优选地，眼睛的处方包括眼睛的波前像差和 / 或眼睛的角膜形貌数据。

[0129] 个体的眼睛的波前像差可以通过本领域技术人员已知的任何适合的方法测定。例如，Liang 等人在 J. Optical Soc. Am. 11 :1-9 中揭示了如何使用 Hartmann-Shack 系统测定眼睛在各种瞳孔直径下的波前像差。波前像差一般以 Zernike 多项式量化，该 Zernike 多项式是在单位圆内正交的一组函数。因为 Zernike 多项式是正交的，所以像差是可分离的并且可以这样处理。第一阶 Zernike 模是线性项。第二阶 Zernike 模是二次项，它们与像差例如散焦和散光对应。第三阶 Zernike 模是三次项，它们与彗差和彗差状像差对应。第四阶 Zernike 模式含有球面像差以及其它模式。第五 Zernike 模式是高阶的不规则的像差。

瞳孔内的波前中的局部不规则性由这些高阶的 Zernike 模式表示。

[0130] 本文所使用的眼睛的“高阶”像差是指超过散焦和散光的单色像差,即第三阶、第四阶、第五阶和更高阶波前像差。

[0131] 可以使用角膜形貌仪或角膜地形仪 (videokeratoscope) 获得角膜形貌数据。角膜形貌数据可以呈适合用于设计眼科透镜的任何形式。示例性的形式包括,但不限于,Zernike 多项式、点云数据等。优选,角膜形貌数据呈将眼睛的波前像差量化的形式。包含在眼睛的一组特性数据中的角膜形貌数据也可以是来源于人口研究的平均角膜形貌。

[0132] 设计、以数学方式切片和转换的步骤在计算机系统中进行,该计算机系统经由界面与顾客(病人或眼睛护理医生)连接。计算机系统和顾客之间的界面可以是任何常规界面,例如互联网、网络、宽域网、点到点拨号连接、硬线联络、无线联络等。不太优选地,界面是手动通信方式,例如处方的纸印本,它通过传真或邮件或手交给计算机操作员来传送,计算机操作员使用例如,键盘、触摸屏、语音识别硬件和软件或扫描仪将信息输入计算机。

[0133] 在本发明的一个优选的实施方案中,为特定病人制备眼科透镜的方法还包括使用于制备眼科透镜的控制信号变得可利用的步骤。在这个实施方案中,可以经由上述界面使控制信号直接地从计算机传送给顾客,或不太优选地,将控制信号记录在计算机可读的介质里,将该介质寄往或手交给顾客。

[0134] 图 4 是说明本发明的优选实施方案的方框图。这一优选的实施方案提供使用全球网在互联网内在远程位置为特定病人制备一对眼科透镜的方法。

[0135] 参照图 4,服务器系统 110 包括服务器引擎 111、透镜设计引擎 113、查询引擎 112、立体光刻引擎 114、用户标识符表 122、各种网页 121、病人数据库 131、眼睛护理医生数据库 132 和 SKU 数据库 133。

[0136] 服务器引擎 111 接收进入由 URL 识别的网页的 HTTP 请求并为各种用户计算机系统提供网页。一旦当顾客计算机系统首先与服务器系统相互作用,服务器引擎就还向用户计算机系统分配和发送用户标识符。顾客计算机系统然后包括它的用户标识符与送到服务器系统的所有消息,从而服务器系统可以识别消息源。

[0137] 透镜设计引擎 113 是基于病人眼睛的处方设计一对眼科透镜的 3-D 数学模型的计算机程序。该处方优选包括个体眼睛的波前像差和角膜形貌。透镜设计引擎 113 可以为该对眼科透镜产生为适应角膜形貌和校正像差而优化的一组物理和光学参数。这组物理和光学参量可以用来产生一对新的定制透镜或被查询引擎 112(即计算机程序)用于针对含有所有预先设计的眼科透镜的 SKU 数据库搜索。查询引擎采用算法来为两个眼睛中的每一个找出一列 SKU,它们中每一个可以充分地适应该眼睛的角膜形貌和充分地校正该眼睛的像差。这列 SKU 包括透镜信息,例如一种或多种可交联或可聚合装置形成材料,每种透镜与相应眼睛的角膜形貌的顺应性,和用特定 SKU 可达到的视力。优选地,每种透镜与相应眼睛的角膜形貌的顺应性作为交互式三维图示显示在用户计算机系统中并且用特定 SKU 可达到的视力作为图示,例如,模拟视网膜图像质量显示在相同计算机系统中。病人可以选择一种可交联或可聚合装置形成材料和一对 SKU 或可以请求设计一对新的眼科透镜。

[0138] 本文所使用的“接触透镜可以充分地校正眼睛的像差”是指透镜可以校正眼睛的像差至少到眼睛护理医生规定的程度。

[0139] 立体光刻引擎 114 是计算机程序,其将眼科透镜的 3-D 数学模型以数学方式切成

多个薄且垂直叠加的层,每个层在该层的水平处具有限定的厚度分布和与所述 3-D 数学模型的平面横截面或弯曲截面对应的几何结构,并且其将多个所述薄且垂直叠加的层中的每一个的厚度分布和几何结构转换成控制信号,该控制信号控制立体光刻机以在可交联或可聚合装置形成材料的浴中层靠叠加层地产生眼科透镜。该产生的控制信号然后将被送到顾客计算机系统 140,该计算机系统 140 控制立体光刻机(未显示)而产生一对眼科透镜。

[0140] 病人数据库 131 含有病人特定的订单信息,例如病人名称,和各个病人或潜在病人的计费信息。

[0141] 眼睛护理医生数据库 132 含有眼睛护理医生特定的订单信息,例如眼睛护理医生所护理的病人的名称,和各个病人或潜在病人的眼睛护理医生的地址和联系信息。

[0142] 顾客标识符表 122 含有每个用户标识符对最后与用户计算机系统相联系的病人或眼睛护理医生的映射,该用户标识符是唯一地识别用户计算机系统的全球唯一标识符。

[0143] 顾客计算机系统 140 包括浏览器 141、分配的用户标识符 142 和输入/输出(I/O)界面装置。顾客标识符存储在文件(称为“cookie”)中。输入装置接收操作员的输入(例如数据、命令等)并经由通信介质将此种输入传送到顾客计算机系统 140。任何已知的、适合的输入装置可以用于本发明,例如键盘、指点器(鼠标、辊球、跟踪球、光笔等)、触摸屏等。视情况而定,用户输入还可以存储然后从数据/命令文件取回。输出装置向操作员输出信息。顾客计算机系统经由通信介质将这样的信息传送到输出装置。任何众所周知的、适合的输出装置可以用于本发明,例如监视器、打印机、软盘驱动器、语音合成器等。在一个更优选的实施方案中,经由通信介质将可以至少测量波前像差,优选至少测量个体眼睛的波前像差和角膜形貌的传感器系统与顾客计算机系统连接。

[0144] 用户计算机系统可以包括可以与服务器系统相互作用的硬件和软件的任何组合。一个实例是包括电视基系统的用户计算机系统。

[0145] 应当理解,本发明在远程位置为特定病人制备一对眼科透镜的方法可以在除互联网以外的各种环境中执行。除互联网以外的示例性环境包括,但不限于,电子邮件环境、局域网、宽域网和点到点拨号连接。

[0146] 在又一个方面中,本发明提供制备眼科透镜的系统,包括:计算机系统(110);与所述计算机系统(110)通信以促使用户输入眼睛的处方的装置;基于所述处方设计所述眼科装置的数字 3-D 数学模型的装置(113);数字地确定所述数字 3-D 数学模型的装置,所述数字 3-D 数学模型包括与所述数字 3-D 数学模型的横截面对应的几何结构;其特征在于,将所述数字 3-D 数学模型的几何结构转换成控制信号的装置,所述控制信号控制立体光刻机以在容器中的阳模(22)上产生所述眼科装置,所述阳模(22)具有阳模表面并被浸入光可固化材料(24)的浴中,所述立体光刻机通过经所述阳模(22)投射 UV 光的程序化图案而产生所述眼科装置(28)。

[0147] 虽然参照优选的实施方案和实施例实施方案描述了本发明,但是本领域的技术人员应该理解各种修改、增补和删除在由以下权利要求所限定的本发明范围之内。

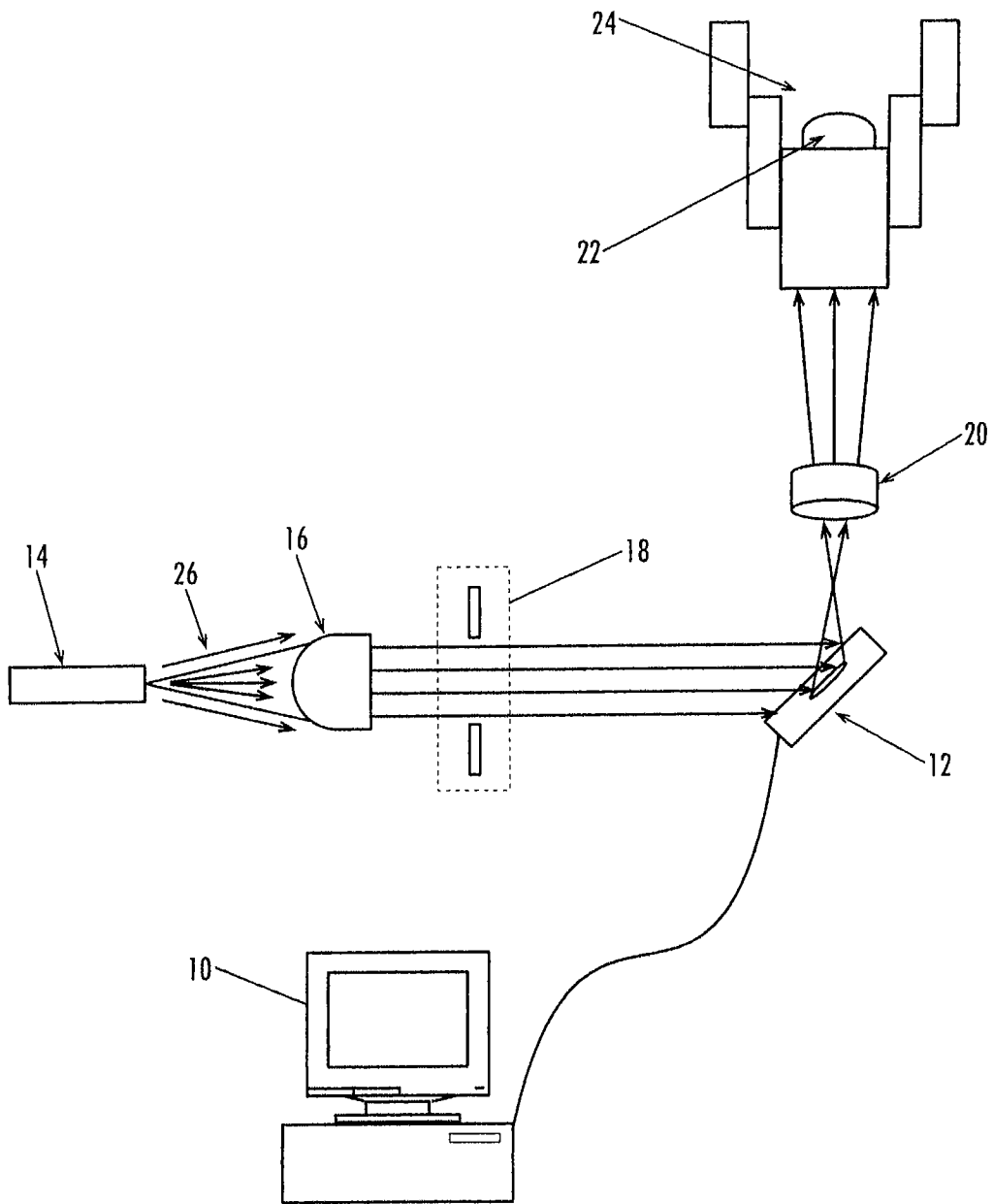


图 1

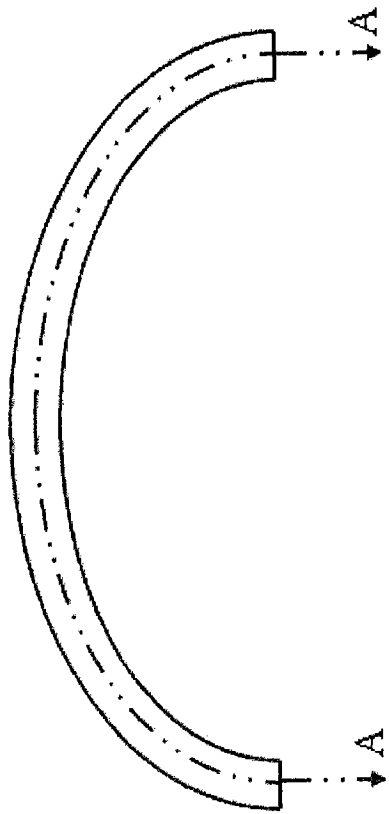


图 2a

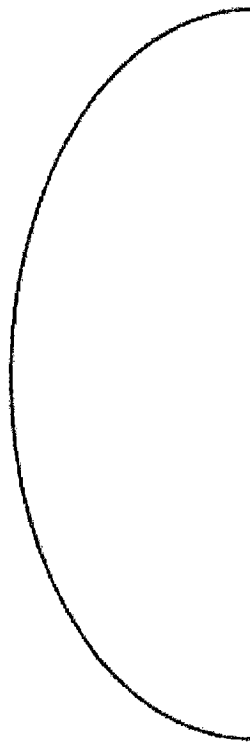


图 2b

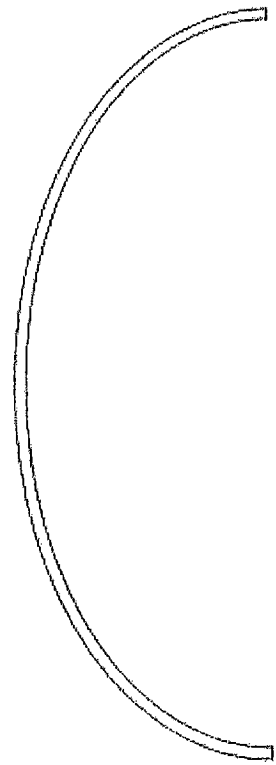


图 2c

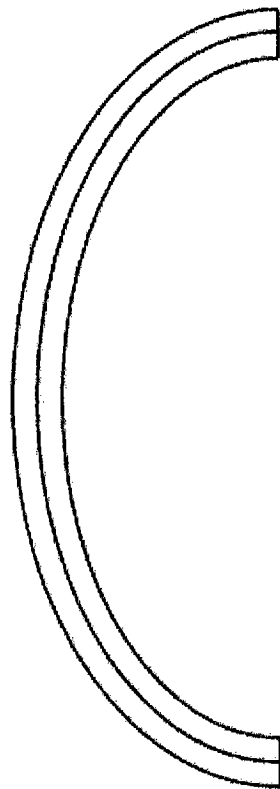


图 2d

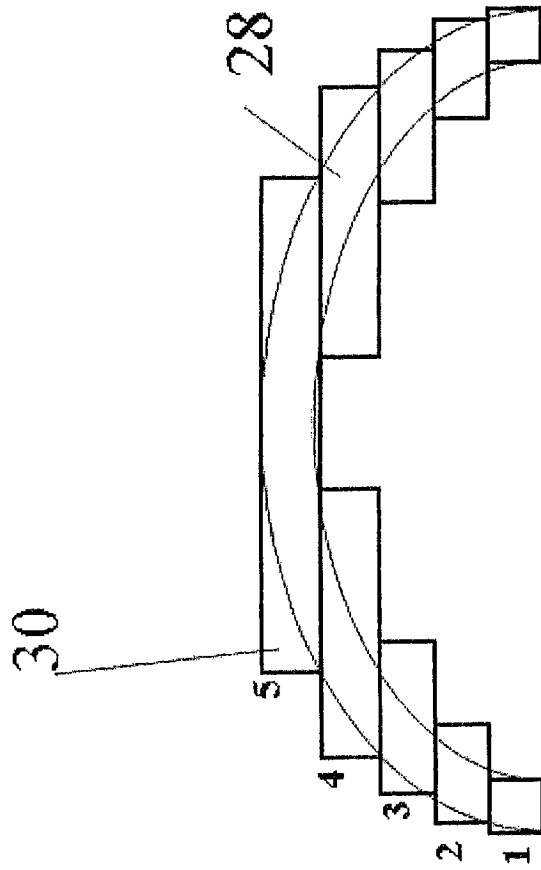


图 3

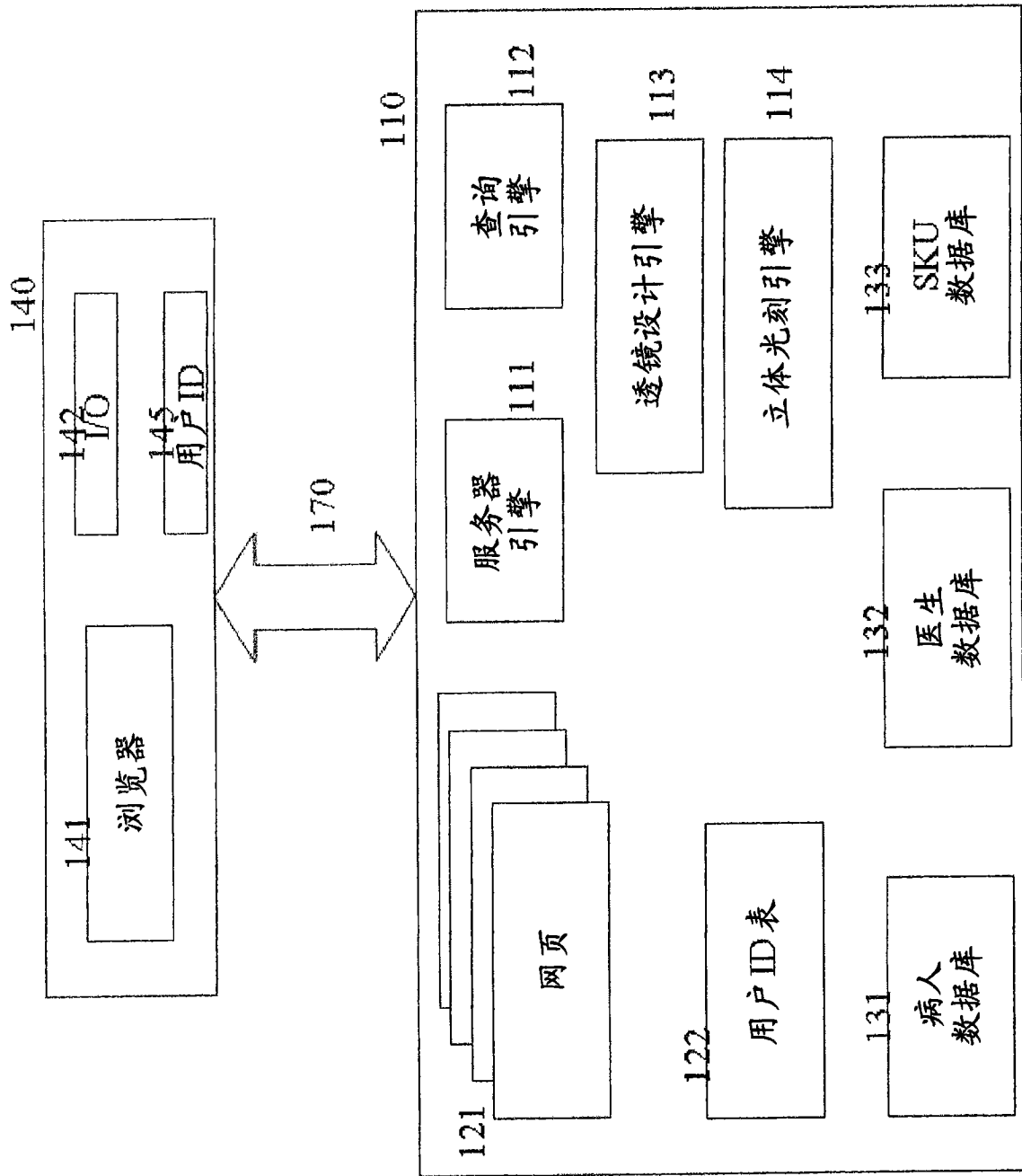


图 4