

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710086915.9

[51] Int. Cl.

G02B 3/02 (2006.01)

G02B 1/00 (2006.01)

C03C 3/15 (2006.01)

C03B 11/08 (2006.01)

C03C 3/068 (2006.01)

C03C 3/062 (2006.01)

[43] 公开日 2007年9月26日

[11] 公开号 CN 101042441A

[22] 申请日 2007.3.20

[21] 申请号 200710086915.9

[30] 优先权

[32] 2006.3.20 [33] JP [31] 2006-076073

[71] 申请人 HOYA 株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 林和孝

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 柳春雷

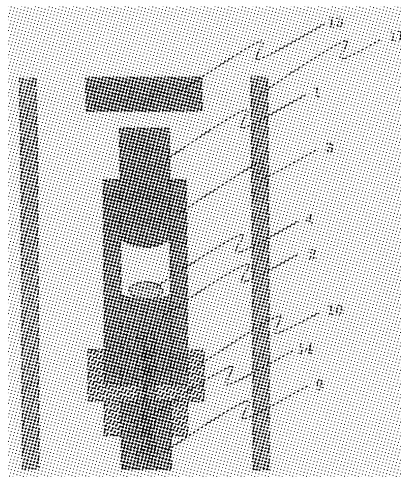
权利要求书 2 页 说明书 28 页 附图 1 页

[54] 发明名称

非球面透镜及其制造工艺

[57] 摘要

本发明公开了一种非球面透镜及其制造工艺。非球面透镜由高折射性低散射性的玻璃形成，其用于构成紧凑并高性能的图像检测光学单元，并且其通过精密模压形成，该光学玻璃具有超过 1.83 的折射率  $n_d$  和 40 或更大的阿贝数  $v_d$ ，并按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$ ，和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ ，该非球面透镜在其表面上形成有光学薄膜。



1. 一种非球面透镜，其通过对光学玻璃进行精密模压形成，所述非球面透镜由如下的光学玻璃形成，所述光学玻璃具有超过 1.83 的折射率  $n_d$  和 40 或更大的阿贝数  $\nu_d$ ，并按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$ ，和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ ，所述非球面透镜在其表面上形成有光学薄膜。

2. 根据权利要求 1 所述的非球面透镜，其中，所述光学玻璃包含作为可选成分的如下成分：0 至 20% 的  $Gd_2O_3$ ，0 至 20% 的  $SiO_2$ ，0 至 10% 的  $ZrO_2$ ，0 至 10% 的  $Ta_2O_5$ ，0 至 10% 的  $WO_3$ ，0 至 10% 的  $Nb_2O_5$ ，0 至 10% 的  $TiO_2$ ，0 至 10% 的  $Bi_2O_3$ ，0 至 10% 的  $GeO_2$ ，0 至 10% 的  $Ga_2O_3$ ，0 至 10% 的  $Al_2O_3$ ，0 至 10% 的  $BaO$ ，0 至 10% 的  $Y_2O_3$ ，和 0 至 10% 的  $Yb_2O_3$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的非球面透镜，其中，所述光学玻璃具有低于  $640^\circ C$  的玻璃转变温度。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的非球面透镜，所述非球面透镜在具有从目标侧向图像侧布置的多个透镜的图像检测光学系统中是定位得最靠近目标的透镜。

5. 一种制造非球面透镜的工艺，其是通过加热由光学玻璃形成的玻璃材料和对所述玻璃材料进行精密模压的步骤实现的，

所述工艺包括加热由光学玻璃形成的玻璃材料，对所述玻璃材料进行精密模压并在其表面上形成光学薄膜，所述光学玻璃具有超过 1.83 的折射率  $n_d$  和 40 或更大的阿贝数  $\nu_d$ ，并按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$ ，和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的制造非球面透镜的工艺，其中，将通过精密模压获得的非球面透镜退火，并接着研磨或抛光以形成非光学功能表面，清洗所述非球面透镜并接着在光学功能表面上形成所述光学薄膜。

7. 一种透镜单元，其具有如权利要求 1 至 4 中任一项所述的非球面透镜或者由权利要求 5 或 6 所述的工艺制造的非球面透镜，以及具有正折射

---

能力的透镜，所述具有正折射能力的透镜由具有 1.82 或更大的折射率  $n_d$  和 25 或更小的阿贝数  $\nu_d$  的光学玻璃形成，并具有防反射膜，

所述非球面透镜具有负折射能力并具有防反射膜，

所述非球面透镜与所述具有正折射能力的透镜组合以修正色差。

8. 一种图像检测光学单元，其包括如权利要求 7 所述的透镜单元。

## 非球面透镜及其制造工艺

### 技术领域

本发明涉及由精密模压玻璃形成的非球面透镜及其制造工艺。

### 背景技术

近年来，随着更高性能数码相机的发展趋势，对于具有大孔率的变焦透镜的需求日益增长。因此需要图像检测光学系统的尺寸缩减。作为满足这种需要的变焦透镜，提出了如 JP-A-2005-331641 中描述的图像检测光学系统。

以上图像检测光学系统在从目标侧向图像侧的方向上包括具有负折射性的第一透镜组、具有正折射性的第二透镜组和具有正折射性的第三透镜组。第一透镜组由具有负折射能力的透镜和具有正折射能力的透镜构成，第二透镜组由具有正折射能力的透镜和具有负折射能力的透镜构成，而第三透镜组由具有正折射能力的透镜构成。以上图像检测光学系统具有用于在预定位置上确定开放光圈数的光束的元件。

在关注以上第一透镜组时，具有负折射性的透镜（此后称作“透镜 G11”）由具有超过 1.83 的折射率（ $n_d$ ）所表示的高折射性和 40 或更大的阿贝数（ $\nu_d$ ）所表示的低散射性的玻璃形成，并且其是两个表面都具有非球面形状凹透镜。另一方面，具有正折射性的透镜（此后称作“透镜 G12”）是球面凸透镜，其由具有 1.82 或更大折射率（ $n_d$ ）所表示的高折射性和 25 或更小的阿贝数（ $\nu_d$ ）所表示的高散射性的玻璃形成。

### 发明内容

以上透镜 G12 是球面透镜并可以通过研磨和抛光来制造。另一方面，透镜 G11 是非球面透镜，因此期望通过精密模压方法来制造，精密模压方法也被称作光学模制方法。用于构成透镜 G11 的玻璃需要具有适于精密模

压的低温软化性。

从光学性质的角度考虑，透镜 G11 和 G12 两者都理想地由高折射性玻璃形成以缩减尺寸。此外，在变焦透镜中，期望修正每个透镜组的色差。而且，当构成透镜 G11 的玻璃与构成透镜 G12 的玻璃之间在阿贝数上的差增大时，色差的良好修正和尺寸缩减都能得到满足。

为了遵循以上需要，至少需要由具有 40 或更大阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的玻璃来制造透镜 G11。透镜 G12 如上所述由具有 1.82 或更大折射率 ( $n_d$ ) 和 25 或更小的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的高折射性高散射性玻璃形成。为了进一步增大折射率 ( $n_d$ ) 并进一步减小阿贝数 ( $\nu_d$ )，需要增大给予玻璃高折射性和高散射性的分量，例如  $Nb_2O_5$ 、 $TiO_2$  等。但是，存在这样的成分，其可以增加玻璃的分色 (coloring)，而降低可见光区域的短波长侧的透射性。在由例如变焦透镜之类的多个透镜组成的图像检测光学系统中，需要提高每个透镜的透射性，由此期望以不过多地减小构成透镜 G12 的玻璃的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 但将构成透镜 G11 的玻璃的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 增大到 40 或更多的方式来增大透镜 G12 和透镜 G11 之间的阿贝数差。

当通过对由与透镜 G12 的分色相关的要求不严格的图像检测光学系统 (例如 CCD 或 CMOS 的图像检测设备) 所取得的图像数据进行处理来实现色彩修正时 (例如数码相机或数码摄像机)，透镜 G12 可以由具有更高折射性和更低散射性的玻璃形成。但是，即使在这种情况下，构成透镜 G11 的玻璃理想地具有由超过 1.83 的折射率和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 表示的性质。

同时，在变焦透镜中，构成其的透镜数量与焦距固定的图像检测光学系统相比更大。因此需要将通过形成防反射膜来把每个透镜的表面反射抑制到低水平的情况考虑在内。但是，当透镜 G11 涂覆有防反射膜时，有时引起与防反射膜粘附到通过精密模压制造的玻璃表面 (即，非球面光学功能表面) 相关的问题，以及与其耐久度相关的问题。

进行了本发明以克服以上问题，并且试图提供由高折射性低散射性玻璃形成的、并用于构成紧凑的高性能图像检测光学系统的非球面透镜及其制造处理。

作为克服以上问题的手段，本发明提供了：

(1) 一种非球面透镜，其通过对光学玻璃进行精密模压形成，所述非球面透镜由如下的光学玻璃形成，所述光学玻璃具有超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ ) 和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ )，并按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$ ，和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ ，所述非球面透镜在其表面上形成有光学薄膜。

(2) 根据以上 (1) 所述的非球面透镜，其中，所述光学玻璃包含作为可选成分的如下成分：0 至 20% 的  $Gd_2O_3$ ，0 至 20% 的  $SiO_2$ ，0 至 10% 的  $ZrO_2$ ，0 至 10% 的  $Ta_2O_5$ ，0 至 10% 的  $WO_3$ ，0 至 10% 的  $Nb_2O_5$ ，0 至 10% 的  $TiO_2$ ，0 至 10% 的  $Bi_2O_3$ ，0 至 10% 的  $GeO_2$ ，0 至 10% 的  $Ga_2O_3$ ，0 至 10% 的  $Al_2O_3$ ，0 至 10% 的  $BaO$ ，0 至 10% 的  $Y_2O_3$ ，和 0 至 10% 的  $Yb_2O_3$ 。

(3) 根据以上 (1) 或 (2) 所述的非球面透镜，其中，所述光学玻璃具有低于  $640^\circ C$  的玻璃转变温度。

(4) 根据以上 (1) 至 (3) 中任一项所述的非球面透镜，所述非球面透镜在具有从目标侧向图像侧布置的多个透镜的图像检测光学系统中是定位得最靠近目标的透镜。

(5) 一种制造非球面透镜的工艺，其是通过加热由光学玻璃形成的玻璃材料和对所述玻璃材料进行精密模压的步骤实现的，

所述工艺包括加热由光学玻璃形成的玻璃材料，对所述玻璃材料进行精密模压并在其表面上形成光学薄膜，所述光学玻璃具有超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ ) 和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ )，并按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$ ，和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ 。

(6) 根据以上 (5) 所述的制造非球面透镜的工艺，其中，将通过精密模压获得的非球面透镜退火，并接着研磨或抛光以形成非光学功能表面，清洗所述非球面透镜并接着在光学功能表面上形成所述光学薄膜。

(7) 一种透镜单元，其具有如以上 (1) 至 (4) 中任一项所述的非球面透镜或者由以上 (5) 或 (6) 所述的工艺制造的非球面透镜，以及具有正折射能力的透镜，所述具有正折射能力的透镜由具有 1.82 或更大的折

射率 ( $n_d$ ) 和 25 或更小的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的光学玻璃形成, 并具有防反射膜,

所述非球面透镜具有负折射能力并具有防反射膜,

所述非球面透镜与所述具有正折射能力的透镜组合以修正色差。

(8) 一种图像检测光学单元, 其包括如以上 (7) 所述的透镜单元。

根据本发明, 可以提供一种由高折射性低散射性玻璃形成的、并用于构成紧凑的高性能图像检测光学系统的非球面透镜及其制造工艺。

此外, 还可以提供包括以上非球面透镜的紧凑的高性能透镜单元和包括以上透镜单元的图像检测光学系统。

## 附图说明

图 1 示出了示例 1 中使用的精密模压装置的一个示例的示意性剖视图。

## 具体实施方式

在通过对由光学玻璃形成的玻璃材料进行精密模压制造的非球面透镜中, 有时引起与在非球面透镜的表面上涂覆的防反射膜之类的光学薄膜的粘附性相关的问题。在通过对具体的玻璃进行精密模压来制造透镜时会发生此问题。

本发明人已经研究了以上问题而获得了以下发现。

已经认为以上问题是由通过精密模压形成的透镜表面的物理性质而引起的。有时在透镜表面上在其涂覆防反射膜之前发现模糊或黄化现象。难以被认为是模糊或黄化现象的表面变化被认为引起光学薄膜对透镜表面的粘附性的劣化。就是说, 认为即使不表现为具有模糊或黄化现象的透镜也高度可能地引起粘附性的劣化。

容易模糊或黄化的透镜具有大折射率并具有在允许精密模压的温度范围内的玻璃转变温度, 而该透镜由具有相对高的玻璃转变温度的玻璃形成。这样的玻璃包含  $\text{Li}_2\text{O}$  以增大其折射率并降低其玻璃转变温度, 并包含大量  $\text{B}_2\text{O}_3$  作为用于形成玻璃网络的成分。

包含在以上玻璃中的  $\text{Li}_2\text{O}$  和  $\text{B}_2\text{O}_3$  两者都是高度挥发性的成分，并在高温时从玻璃表面挥发。当在精密模压期间加热温度较高时，挥发发生到更大的程度，且已经挥发的成分粘附到透镜表面或压制模具上。当压制模具被重复使用时，已经挥发并粘附到模具上的成分接着粘附到正被模制的透镜。

此外，在其中用于确保压制模具内玻璃的更容易的扩散的碳膜涂覆在玻璃材料表面上的精密模压方法中，在涂覆时已经挥发的成分和碳反应而引起透镜表面的模糊。

因此，为了克服以上问题，有效的是从玻璃排除  $\text{Li}_2\text{O}$ 。但是，因为  $\text{Li}_2\text{O}$  是具有维持大反射率并同时极大地降低玻璃转变温度的效果的成分，所以需要引入或加入用于代替  $\text{Li}_2\text{O}$  的  $\text{ZnO}$  来维持大反射率并同时降低玻璃转变温度。具体地，当玻璃转变温度是  $640^\circ\text{C}$  或更高时，即使排除了  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃也将会在精密模压期间经历较大程度的挥发，并且压制模具的劣化增大，由此期望确保玻璃转变温度低于  $640^\circ\text{C}$ 。出于此目的，引入至少 22mol% 的  $\text{ZnO}$  以防止玻璃转变温度的升高。但是，当  $\text{ZnO}$  被过多地引入时，不能满足用于紧凑并高性能的图像检测光学系统的透镜所期望的 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的需求，玻璃的化学耐久度劣化而削弱了透镜表面的性质，并降低了光学薄膜的粘附性。此外，抗析晶性也降低，在玻璃材料的成形期间或者在精密模压期间玻璃易于析晶。因此需要将  $\text{ZnO}$  的含量限制到 42mol% 或更少。

与  $\text{Li}_2\text{O}$  不同， $\text{B}_2\text{O}_3$  是用于形成玻璃网络的成分，且不能从玻璃的成分排除，并且需要引入至少 20mol% 的  $\text{B}_2\text{O}_3$ 。但是，需要将其含量限制到 45mol% 或更少以减少挥发。

$\text{La}_2\text{O}_3$  是用于维持抵抗析晶的稳定性并维持玻璃的低散射性，同时增大折射率和化学耐久度的重要成分。引入至少 5mol% 的  $\text{La}_2\text{O}_3$ 。当其被过多地引入时，玻璃抵抗析晶的稳定性劣化，由此  $\text{La}_2\text{O}_3$  的含量的上限被限制为 24mol% 或更少。

因此已经完成了本发明。即，本发明的非球面透镜是通过对光学玻璃进行精密模压形成的非球面透镜。



该非球面透镜由如下所述的光学玻璃形成，该光学玻璃具有超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ ) 和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ )，并按 mol% 计包括 20 至 40 % 的  $B_2O_3$ ，5 至 24% 的  $La_2O_3$  和 22 至 42% 的  $ZnO$ ，但不包含  $Li_2O$ ，该非球面透镜具有形成在其表面上的光学薄膜。

就是说，本发明的非球面透镜是通过精密模压被制造为非球面透镜形式的透镜以将其优化用于具有变焦功能的紧凑且高性能的图像检测光学系统，且该透镜通过对具有由超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ ) 和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 所表示的光学性质的光学玻璃进行模制来形成，以给予该透镜适于作为具有负折射能力的性能以定位在以上光学系统的前端（当透镜被计算在内时最靠近目标）的透镜的性质。而且，其表面设置有光学薄膜，例如用于减少表面反射并防止重影和光斑的防反射膜。因为如上所述非球面透镜由具有以上成分的玻璃模制，所以光学薄膜在粘附性上得到改善，并可以提供高度可靠的透镜。

理想地，以上玻璃既不包含  $Li_2O$  也不包含其他碱金属成分。

当以上透镜被用作具有从目标侧到图像侧布置的多个透镜的构造的图像检测光学系统中定位得最靠近目标的透镜时，在该透镜在经常地暴露于外部空气或被水滴溅洒的状态下使用该透镜，于是其与其他未暴露的透镜相比在更严酷的状况下被使用。因此，在最前端的透镜中，技术上更重要的是维持设置在透镜表面上的光学薄膜的耐久度。

本发明的非球面透镜优选地由具有低于  $640^\circ C$  的玻璃转变温度的光学玻璃形成。其原因如上所述。即，可以抑制在精密模压期间为加热玻璃材料和压制模具所需的温度的过多升高，使得来自玻璃的挥发成分的量不增多，并且不会促进压制模具的劣化。以上玻璃转变温度优选地在  $630^\circ C$  或更低，更优选地在  $620^\circ C$  或更低，进一步优选地在  $615^\circ C$  或更低。

本发明的非球面透镜特别适用作为具有负折射能力的透镜（例如，凹透镜、双凹透镜或平凹透镜）。当通过精密模压制造具有以上形式的透镜时，玻璃材料被置于压制模具的中心部分并被按压。而且，玻璃材料在压力作用下扩散到由压制模具围绕的空间（腔体）中，且分布在中心部分中的玻璃由于按压而在腔体的周界部分中具有大体积的分布。即，对于具有

负折射能力的透镜，与具有正折射能力的透镜（例如，凸透镜、双凸透镜或平凸透镜）相比，玻璃在精密模压之前所具有的玻璃体积分布与玻璃在精密模压之后所具有的玻璃体积分布之间存在较大的差别。在以上模制中，易于发生玻璃的延展失效，由此在精密模压期间的加热温度有时被设定为高水平。在此情况下，当玻璃转变温度非常接近其中允许精密模压的温度范围的上限时，在通过模制制造具有负折射能力的透镜时加热温度有时超过合适的温度范围。但是，当玻璃材料的转变温度被限制为以上范围时，即使该透镜是具有负折射能力的透镜也可以提供不具有任何问题的优良的透镜。

另一方面，当无  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃的玻璃转变温度降低得过多时，有时难以获得所期望的光学性质，或者玻璃有时在抵抗析晶的稳定性方面劣化。因此玻璃转变温度的下限优选地是  $590^\circ\text{C}$  或更高，更优选地是  $595^\circ\text{C}$  或更高，进一步优选地是  $600^\circ\text{C}$  或更高。

以下将详细说明本发明所用的玻璃。以下由 % 所示的玻璃成分的含量或总含量以及添加剂的含量表示由 mol% 所示的含量或总含量，并且以下含量比率表示摩尔比率。

$\text{B}_2\text{O}_3$  已经解释过了。其含量是 20 至 45%，优选地是 20 至 43%，更优选地是 20 至 40%，还优选地是 22 至 38%，进一步优选地是 24 至 38%。

$\text{La}_2\text{O}_3$  已经解释过了。其含量是 5 至 24%，优选地是 6 至 23%，更优选地是 7 至 22%。

$\text{ZnO}$  已经解释过了。其含量是 22 至 42%，优选地是 23 至 41%。

出于已经解释过的原因， $\text{Li}_2\text{O}$  未作为玻璃成分引入，不过其在杂质水平不需要被完全排除。

此外，出于已经解释的原因，优选地不引入  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Cs}_2\text{O}$ 。在其中用于通过精密模压制造非球面透镜的玻璃材料直接由熔化的玻璃块成形的过程中，玻璃中的碱金属成分挥发而引起沟纹并有时使得光学均匀性劣化。相反，当使用不含有  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Cs}_2\text{O}$  的玻璃时，可以制造无析晶和沟纹的玻璃材料，并可以提供高质量的非球面透镜。

类似  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  是在折射性和化学耐久度上改善玻璃而不会劣化抵抗析晶的稳定性和低散射性的成分。当  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  被引入超过 20% 的量时, 抵抗析晶的稳定性劣化, 玻璃转变温度升高, 且可精密模压性趋于劣化, 由此其优选地引入 0 至 20% 的  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 。为了给予高折射性并同时提高化学耐久度, 优选地引入 1 至 19% 的  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 。 $\text{Gd}_2\text{O}_3$  的含量更优选地在 2 至 18% 的范围内。为了提高玻璃稳定性, 将  $\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  共同存在作为玻璃成分的组成物是优选的。当意图将该玻璃具体地用于通过在玻璃的冷却期间使其成形来由熔化的玻璃对玻璃材料进行精密模压的制造中时, 重要的是如上所述进一步提高玻璃稳定性以防止玻璃在其成形处理中的析晶。

为了维持 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 并同时获得高折射性的玻璃,  $\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  的总含量优选地地调节为 10 至 24%, 更优选地为 12 至 23%。

对于具有大含量  $\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  的玻璃,  $\text{SiO}_2$  降低了玻璃的液相温度, 在高温粘性上改善了玻璃, 并在稳定性上极大地改善了玻璃。但是,  $\text{SiO}_2$  被过多引入, 玻璃的折射率减小, 而且玻璃转变温度升高, 使得其精密模压困难。因此  $\text{SiO}_2$  的含量优选地是 0 至 20%, 更优选地是 0 至 18%。

$\text{ZrO}_2$  是作为用于高折射性和低散射性的成分使用的可选成分。当引入时,  $\text{ZrO}_2$  产生在高温粘性和抵抗析晶的稳定性方面改善玻璃而不会减小玻璃的折射率的效果。但是, 当引入超过 10% 的  $\text{ZrO}_2$  时, 液相温度急剧升高, 且抵抗析晶的稳定性劣化。因此,  $\text{ZrO}_2$  的含量优选地是 0 至 10%, 更优选地是 0 至 8%。

$\text{Ta}_2\text{O}_5$  是作为用于高折射性和低散射性的成分使用的可选成分。当少量引入时,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  产生改善高温粘性和抵抗析晶的稳定性而不会减小玻璃的折射率的效果。当引入超过 10% 的  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  时, 液相温度急剧升高并提高了散射性。因此其含量优选地是 0 至 10%, 更优选地是 0 至 8%。

$\text{WO}_3$  是根据需要引入以在稳定性和可熔性方面改善玻璃并增大折射率的成分。当  $\text{WO}_3$  的含量超过 10% 时, 散射性提高而不能获得所需的低散射性。因此, 其含量优选地是 0 至 10%, 更优选地是 0 至 8%。

$\text{Nb}_2\text{O}_5$  是用于维持玻璃稳定性并同时增大折射率的可选成分。当其被过多引入时，提高了散射性。因此，其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。

$\text{TiO}_2$  是能被引入以调节光学常数的可选成分。但是，当其被过多引入时，提高了散射性并不再获得预期的光学常数。因此， $\text{TiO}_2$  的含量被限制为 0 至 10%，更优选地为 0 至 8%。进一步优选地是不引入  $\text{TiO}_2$ 。

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  用于增大折射率并提高玻璃稳定性。当其被过多引入时，玻璃稳定性劣化，且液相温度升高。因此，其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 6%。

$\text{GeO}_2$  是用于增大折射率并提高玻璃稳定性的可选成分。其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。但是，因为  $\text{GeO}_2$  与其他成分相比不可比地昂贵，所以更优选地是不引入  $\text{GeO}_2$ 。

$\text{Ga}_2\text{O}_3$  也是用于增大折射率并提高玻璃稳定性的成分，且其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。但是，因为  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  与其他成分相比不可比地昂贵，所以更优选地是不引入  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  用于在高温粘性方面改善玻璃，降低液相温度并在可溶性方面改善玻璃，其也用于提高化学耐久度。当其过多引入时，折射率减小，且抵抗析晶的稳定性也降低。因此，其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。

$\text{BaO}$  是作为用于高折射性和低散射性的成分使用的可选成分。当少量引入时， $\text{BaO}$  在稳定性和化学耐久度方面改善玻璃。当引入超过 10% 的  $\text{BaO}$  时，玻璃抵抗析晶的稳定性被极大地削弱，并且玻璃的转变温度和屈服温度 (sag temperature) 升高。因此，其含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。

$\text{Y}_2\text{O}_3$  和  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  是作为用于高折射性和低散射性的成分使用的可选成分。当少量引入时，它们在稳定性和化学耐久度方面改善玻璃。当它们被过多地引入时，玻璃的抵抗析晶的稳定性被极大地削弱，并且玻璃的转变温度和屈服温度升高。因此， $\text{Y}_2\text{O}_3$  的含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%，而  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  的含量优选地是 0 至 10%，更优选地是 0 至 8%。

$\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  和  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  的总含量优选地被调节到 10 至 24%。

此外，根据需要添加  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  作为消泡剂或净化 (refining) 剂。当基于全部玻璃成分的总含量的  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  的量在重量上超过 1% 时，压制模具的模制表面可能在精密模压期间受到损伤。基于全部玻璃成分的总含量的  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  的含量优选地在重量上是 0 至 1%，更优选地在重量上是 0 至 0.5%。

$\text{PbO}$  在作为玻璃成分引入的这些成分中是不优选的。 $\text{PbO}$  是有害的，而且当由含有  $\text{PbO}$  的玻璃形成的玻璃材料在非氧化气氛中被精密模压时，铅沉积在模制产品的表面上，而引起透镜的透明度削弱以及沉积的金属铅粘附到压制模具的问题。

$\text{Lu}_2\text{O}_3$  比其他成分更少地被用作常用光学玻璃成分，且其具有较高的稀有价值并作为用于光学玻璃的原料是昂贵的，由此优选地是不引入  $\text{Lu}_2\text{O}_3$ 。具有以上成分的光学玻璃可以在不引入  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  的情况下实现适于精密模压的玻璃材料。

光学玻璃理想地不包含例如镉、碲等将可能产生环境问题的元素，例如钷等放射性元素，例如砷等有毒元素。此外，考虑倒诸如玻璃熔化期间的挥发等问题，理想地不包含氟。

以下将说明以上玻璃的光学性质。首先，如上所述玻璃的阿贝数 ( $\nu_b$ ) 是 40 或更多，其上限优选地限制为 50 以给予玻璃适于将玻璃作为材料来模制的稳定性。以上玻璃具有超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ )，更优选地具有 1.84 或更大的大折射率 ( $n_d$ )，进一步优选地具有 1.85 或更大的大折射率 ( $n_d$ )。

折射率 ( $n_d$ ) 的上限不受具体限制，但是折射率 ( $n_d$ ) 还优选地被调节到 1.90 或更小以维持玻璃稳定性。

可以通过对氧化物、碳酸盐、硫酸盐、硝酸盐、氢氧化物等作为原料进行配重和调合以获得想要的玻璃组成物，将它们完全混合制备混合物组，在熔化容器中进行混合物组的加热、熔化、消泡和搅动以制备均匀且无泡的熔化玻璃并将其成形为玻璃材料，以来获得以上光学玻璃。具体地，可以通过已知的熔化方法制造以上光学玻璃。

用于制造本发明的非球面透镜的玻璃材料也被称作预制件，且其是待被加热并精密模压的预制玻璃成形材料。

精密模压是公知的所谓的“光学模制”，且其是其中通过压制模具的模制表面的形状的传递来形成光学元件的光学功能表面的方法。光学功能表面表示将光作为受控对象使其折射、反射、衍射光或者使其经过的表面，例如，透镜的透镜表面对应于光学功能表面。

玻璃材料的表面优选地涂覆有含碳膜，使得在精密模压期间玻璃在模具中完全地延展。理想地，含碳膜由碳作为主要成分构成（包含碳的膜，当膜中元素的含量以原子百分比表示时其中碳的含量大于任何其他元素的含量）。其具体示例包括碳膜和烃膜。当玻璃材料表面涂覆有含碳膜时，在精密模压期间可以防止玻璃和模具表面的熔合。例如，可以优选地采用石墨状碳膜作为含碳膜，可以采用例如真空汽相沉积方法、溅射法、离子镀膜方法等使用碳材料的公知方法，或者例如使用诸如烃之类的气体的热分解等公知方法。

如上所述，含碳膜在精密模压期间表现了优良的功能。但是，当含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃被精密模压时，这是透镜表面上产生模糊或黄化的原因之一。认为是由于玻璃中的 Li 离子和膜中的碳在高温状态下发生反应以在玻璃表面上产生碳酸盐而引起模糊或黄化。本发明的透镜是由不含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃，优选地是不含碱性成分的玻璃制成，所以即使在玻璃表面上形成含碳膜的状态下进行精密模压，也能避免在模制的物品表面出现模糊和黄化。透镜表面上碳酸盐的产生不仅是由于玻璃表面上的膜中存在的碳与玻璃中的 Li 离子之间的反应，而且还由于将玻璃材料或由含 Li 离子的玻璃形成的透镜在含碳气氛中带入高温状态。例如，在玻璃材料（预制件）上形成含碳膜时通过在含碳气氛中加热预制件可以产生碳酸盐，或者当透镜在含碳气氛例如在大气中退火时也可以产生碳酸盐。但是，因为本发明使用不含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃，所以即使在进行以上工艺时也可以防止玻璃表面上模糊和黄化的发生，并可以提高光学薄膜对透镜表面的粘附性。

在通过精密模压获得的透镜中，围绕光学功能表面的透镜周部在一些情况下是被研磨的或被抛光的，类似对中和磨边处理。在抛光非光学表面

的以上步骤之前，理想地，透镜被退火以减小应变，以防止透镜在研磨或抛光期间的破裂。在由包含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃形成的透镜中，Li 盐可以在退火期间的热作用下粘附到其光学功能表面，从而降低光学薄膜的粘附性。因此本发明对于通过研磨和/或抛光形成非光学功能表面（除了光学功能表面之外的表面）并通过精密模压形成并设置有光学薄膜的光学功能表面的透镜特别有效。

光学薄膜包括防反射膜和反射具有预定波长的光的膜。至于膜结构，其可以是单层膜或可以是多层膜。

作为防反射膜，使用诸如氟化镁、氧化硅、氧化铝、氧化锆、氧化钛、氧化钽等的材料，根据公知方法来设计膜厚和膜构成，并采用诸如汽相沉积等的方法来在透镜表面上形成预定膜。此外，因为透镜被用于图像检测光学系统中，所以优选地采用多层结构来作为膜结构，使得可以获得在整个可视光区域上的防反射效果。

以下将解释由本发明提供的、用于制造非球面透镜的工艺。本发明的工艺是用于通过加热由光学玻璃形成的玻璃材料和精密模压该玻璃材料的步骤来制造非球面透镜的工艺。

该工艺包括加热由光学玻璃形成的玻璃材料，精密模压该玻璃材料并在其表面上形成光学薄膜，该光学玻璃具有超过 1.83 的折射率 ( $n_d$ ) 和 40 或更大的阿贝数 ( $\nu_d$ )，其按 mol% 计包括 20 至 45% 的  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、5 至 24% 的  $\text{La}_2\text{O}_3$  和 22 至 42% 的  $\text{ZnO}$ ，但是不包含  $\text{Li}_2\text{O}$ 。

已经描述了本发明中透镜的功能、玻璃的功能、玻璃材料、优选成分和性质、精密模压、和光学薄膜的粘附性的提高。

用于精密模压的压制模具和模制条件可以从公知的那些中选择。但是，因为由不含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃形成的玻璃材料（优选地，不含碱金属成分的玻璃）被精密模压，所以与对于具有大量  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃的模压温度相比，模压温度趋于升高。在此状况下，优选地使用具有显著高的耐热性的由 SiC 制成的压制模具。优选地在 SiC 制成的模具的模制表面上形成含碳膜，优选为碳膜。碳膜可以通过汽相沉积或 CVD 方法或者其他方法来形成。当使用此模具时，优选地使用表面涂覆有以上解释的含碳膜的玻璃材料以进

行优良的精密模压。

即使当进行以上精密模压时，由于以上形成光学玻璃的玻璃材料的使用，光学薄膜的粘附性可以被维持在优良的状态。

在使用由 SiC 制成的压制模具、其模制表面设置有含碳膜的压制模具和其表面涂覆有含碳膜的玻璃材料中的至少一个的精密模压中，优选地在诸如氮气或氮气与氢气的混合物的非氧化气体的气氛中进行精密模压，以防止压制模具的模制表面或者形成在以上模制表面上的脱模膜的氧化并防止玻璃材料表面上的涂层的氧化。在非氧化气氛中，涂覆玻璃材料表面的含碳膜未被氧化，且此膜保留在通过精密模压获得的模制产品的表面上。以上膜被最终移除。为了相对容易并完全地移除含碳膜，可以在氧化气氛，例如在大气中加热透镜。因为构成透镜的玻璃不含  $\text{Li}_2\text{O}$ ，优选地不含碱性成分，所以不存在含碳膜中的碳或气氛中的二氧化碳与玻璃中的 Li 离子反应而在玻璃表面上形成碳酸盐的情况，由此可以在防止模糊和黄化的同时移除含碳膜。

此外，需要以透镜将不会通过加热而变形的温度或更低的温度进行含碳膜的氧化和移除。具体地，优选在低于玻璃转变温度的温度范围内进行氧化和移除。

在精密模压中，预加热到等同于  $10^4$  至  $10^8 \text{Pa}\cdot\text{s}$  的玻璃粘度的温度的玻璃材料被供应在一对相对的上下模具构件之间，其模制表面在形状上制造得很精密，且玻璃材料被模压，从而模具的一个或多个模制表面的一个或多个形状可以被传递到玻璃材料。可以考虑光学玻璃的粘度等，根据需要确定压制的压力和时段，例如，压制压力可以被设定为 5 至 15Mpa，且压制时段可以被设定为 10 至 300 秒。诸如压制时段、压制压力等的压制条件可以根据模制产品的形状和尺寸，根据需要在已知的范围内设定。

然后，模具和玻璃模压产品被冷却，并优选地在应变点温度或更低时，打开模具并取出玻璃模制产品。为了将光学性质精密地调节至期望值，可以根据需要调节玻璃模制产品在其冷却期间的退火条件，例如退火速率等。

以上精密模压方法是其中玻璃材料被引入压制模具且玻璃材料和压制



模具两者被加热以进行精密模压的方法，但是还可以采用其中玻璃材料被加热并引入到预加热的压制模具中以进行精密模压的构造。在后者的方法中，预加热压制模具的温度可以被设定为低于加热玻璃材料的温度，并因此可以降低压制模具所暴露到其的温度，由此可以减小模具上的载荷。即使当由于采用不含  $\text{Li}_2\text{O}$  的玻璃而提高模压温度时，以上方法也可以减小模具上的载荷。

本发明适用于通过精密模压获得的非球面透镜被退火，然后通过研磨或抛光形成非光学功能表面，清洗非球面透镜并在光学功能表面上形成光学薄膜的情况。通过研磨或抛光形成非光学功能表面包括例如用于对中的处理。当透镜在精密模压和透镜的冷却期间具有应变集中时，透镜可能在处理期间破裂。因此，预先对透镜退火以减小应变，通过清洗来清洁透镜并接着在光学功能表面上形成诸如防反射膜之类的光学薄膜。在以上步骤中，在其退火期间不容易在受热的透镜表面上发生模糊或黄化，由此可以制造具有在粘附性方面优良的光学薄膜的非球面透镜。此外，对于制造即使清洗也不容易引起透镜表面模糊或黄化的、具有在粘附方面优良的光学薄膜的非球面透镜是有利的。

以上处理适用于制造具有负折射能力的非球面透镜（凹透镜、双凹透镜和平凹透镜）。关于这些透镜，存在这样的一些情况，在将玻璃完全地填充在压制模具中的空间（腔体）中时通过对玻璃进行模压来制造的透镜不被研磨或抛光。在以上模制中，如果在模压时的腔体容积和玻璃材料的体积不严格一致，则玻璃进入压制模具的模具构件之间的空间而形成模制毛刺，或者玻璃在腔体中的填充不足，由此透镜在表面精度等方面劣化。为了克服以上问题，采用其中腔体容积和玻璃材料的体积严格一致的方法，或者其中构成透镜的光学功能表面的部分的周界被留作非传递表面而不利用压制模具对其限定的方法。在后者的方法中，即使当玻璃材料的体积在不削弱光学功能表面精度的情况下能形成光学功能表面的范围内增长时，只要玻璃不完全填充在腔体中，就不会形成模制毛刺。

在使玻璃材料从熔化玻璃直接成型的方法中，体积随着不同的玻璃材料之间而略有不同，由此其中玻璃不完全填充在腔体中的后者的方法是所

期望的。在通过以上方法制造透镜时，光学功能表面的周界被研磨或抛光，并用作用于将透镜固定到透镜夹持器的定位基准表面。例如，当本发明的透镜用作 JP-A-2005-331641 中所述的透镜 11，并与透镜 12 结合以构成第一透镜组（其构成图像检测光学系统）时，以上基准表面不仅被用于精密地确定这两个透镜之间的距离，而且还被用作确定透镜方向的基准表面以精密地匹配两个透镜的方向来使透镜的光轴一致（例如，使透镜 G11 和 G12 的光轴精密一致）。

通过将透镜的周界侧表面研磨或抛光成圆筒形并（同时）形成垂直于光轴的平面，且光学功能表面位于凹表面侧上（当透镜是双凹透镜时，垂直于光轴的平面形成在两个凹表面侧中的至少一个上），来形成用于定位的以上基准表面。

根据以上实施例，即使当进行退火以完全减小应变使得透镜不会由以上研磨或抛光破裂时，透镜表面不改变，且可以优良地维持光学薄膜的粘附性。

在以上方式下，通过精密模压形成具有非球面形状的光学功能表面，并通过研磨或抛光形成非光学功能表面，且通过诸如汽相沉积方法之类的公知方法在这样获得的透镜的光学功能表面上形成光学薄膜。光学薄膜如已经解释的。

在这样获得的透镜中，玻璃和光学薄膜之间的粘附性是优良的。

本发明的非球面透镜具有负折射能力，并优选地与具有正折射能力并具有 1.82 或更大的折射率 ( $n_d$ ) 和 25 或更小的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的透镜组合，以用于透镜组中来进行色差修正。在此情况下，具有正折射能力的以上透镜包括例如凸透镜、双凸透镜和平凸透镜，且需要地在其光学功能表面上形成防反射膜。

构成以上具有正折射能力的透镜的玻璃优选地是具有超过 1.82 的折射率 ( $n_d$ ) 和 24.5 或更小的阿贝数 ( $\nu_d$ ) 的玻璃。

以上玻璃的一个示例是包括  $P_2O_5$  和  $Nb_2O_5$  的光学玻璃，并具体而言，其包括在通过研磨或抛光形成光学功能表面的情况时适用的第一玻璃和在通过精密模压形成光学功能表面的情况时适用的第二玻璃。

第一玻璃是这样的光学玻璃，其以质量百分比计包括 5 至 32% 的  $P_2O_5$ ，27 至 65% 的  $Nb_2O_5$ ，0 至 20% 的  $TiO_2$ ，0 至 12% 的  $WO_3$ ，0 至 15% 的  $Bi_2O_3$ ，0 至 30% 的  $BaO$ ，0 至 15% 的  $Li_2O$ 、 $Na_2O$  和  $K_2O$  的总量，0 至 6% 的  $CaO$ ，0 至 6% 的  $SrO$ ，0 至 6% 的  $ZnO$ ，0 至 16% 的  $B_2O_3$ ，0 至 5% 的  $SiO_2$ ，，0 至 5% 的  $ZrO_2$ ，0 至 10% 的  $Ta_2O_5$  和 0 至 5% 的  $Al_2O_3$ ，并且包含基于玻璃总含量的 0 至 1% 的  $Sb_2O_3$ 。

第二玻璃是包括  $P_2O_5$ 、 $Nb_2O_5$  和  $Li_2O$  的光学玻璃，更具体而言是这样的光学玻璃，其按 mol% 计包括 15 至 45% 的  $P_2O_5$ ，3 至 35% 的  $Nb_2O_5$ ，2 至 35% 的  $Li_2O$ ，0 至 20% 的  $TiO_2$ ，0 至 40% 的  $WO_3$ ，0 至 20% 的  $Bi_2O_3$ ，0 至 30% 的  $B_2O_3$ ，0 至 25% 的  $BaO$ ，0 至 25% 的  $ZnO$ ，0 至 20% 的  $MgO$ ，0 至 20% 的  $CaO$ ，0 至 20% 的  $BrO$ ，0 至 30% 的  $Na_2O$ ，0 至 30% 的  $K_2O$ ，45% 或更少的  $Li_2O$ 、 $Na_2O$  和  $K_2O$  的总含量，0 至 15% 的  $Al_2O_3$ ，0 至 15% 的  $SiO_2$ ，0 至 10% 的  $La_2O_3$ ，0 至 10% 的  $Gd_2O_3$ ，0 至 10% 的  $Yb_2O_3$ ，0 至 10% 的  $ZrO_2$  和 0 至 10% 的  $Ta_2O_5$ 。

以上玻璃的其他示例，即，第三玻璃是包括  $SiO_2$ 、 $BaO$ 、 $TiO_2$  和  $Nb_2O_5$  的光学玻璃，并更具体而言，是这样的光学玻璃，其按质量百分比计包括 18 至 30% 的  $SiO_2$ ，12 至 23% 的  $BaO$ ，22 至 37% 的  $TiO_2$ ，7 至 16% 的  $Nb_2O_5$ ，5 至 20% 的  $Na_2O$ ，0 至 6% 的  $K_2O$ ，0 至 5% 的  $CaO$ ，0 至 5% 的  $SrO$ ，0 至 4% 的  $ZrO_2$ ，0 至 3% 的  $Ta_2O_5$ ，0 至 1% 的  $Sb_2O_3$  和 0 至 0.5% 的  $P_2O_5$ 。第三玻璃适于作为在通过研磨或抛光形成透镜的光学功能表面的情况的玻璃。

由这些高折射性低散射性玻璃中的任一种制造具有正折射能力的透镜。具有正折射能力的透镜根据光学设计可以是球面透镜或非球面透镜。当它是球面透镜时，使用以上第一至第三玻璃中的任一种并通过研磨和抛光形成光学功能表面。当它是非球面透镜时，使用以上第二玻璃并通过精密模压形成光学功能表面。

当具有更优良的光透射性的玻璃被用作构成本发明的透镜单元中具有负折射能力的透镜时，期望通过研磨或抛光形成上述透镜的光学功能表面，即，透镜的光学功能表面是被研磨的或被抛光的表面。在具有小阿贝

数并具有适于精密模压的低玻璃转变温度的玻璃中，与仅被研磨或抛光的玻璃相比，如已经描述的，其对可见光区域中短波长侧上的透射性降低。因此，当以上透镜由仅被研磨或抛光的玻璃（例如第三玻璃）构成时，可以提供以紧凑的透镜构造修正色差并在光透射性方面优良的透镜单元。

另一方面，当具有负折射能力的透镜由诸如第二玻璃之类的玻璃构成或被精密模压时，可以采用非球面透镜作为以上透镜，使得可以提供具有更紧凑的光学系统并具有更小色差的图像检测光学系统。在此情况下，因为在透镜单元中具有负折射能力的透镜由具有预定阿贝数的玻璃构成，所以即使不过多地减小构成具有正折射能力的透镜的玻璃的阿贝数，也可以实现优良的色差修正，由此可以提供在使用两个非球面透镜时在光透射性方面优良的透镜单元。

此外，当具有正折射能力的透镜由类似第一玻璃那样与第二和第三玻璃相比具有高折射性和高散射性的玻璃构成时，可以提供一种手段来实现具有更紧凑构造的图像检测光学单元。

在其中具有正折射能力的透镜由第一玻璃或第二玻璃构成的透镜单元中，与其中以上透镜由第三玻璃构成的透镜单元相比，可视光区域的短波长侧上的透射性趋于降低。在能够通过将图像数字化来修正色彩平衡的成像系统（例如数码静态相机或数码摄像机）中，可以修正以上透射性的降低。因此，其中具有正折射能力的透镜由第一玻璃或第二玻璃构成的以上透镜单元优选地用于诸如数码相机等的成像系统。

构成具有负折射能力的玻璃是具有如上所述大折射率和 40 或更大的阿贝数的上述玻璃，并具有优良的光透射性，由此扩大了对于构成具有正折射能力的透镜的玻璃的选择自由度。

防反射膜（优选地具有多层结构）至少形成在这样获得的具有正折射能力的透镜的光学功能表面上，以上具有负折射能力的非球面透镜与其组合，且这两个透镜固定到透镜夹持器，从而可以获得其色差被修正的透镜单元。

以上透镜单元适于作为在图像检测光学单元中布置得最靠近目标的透镜单元。在此情况下，透镜单元优选地是具有负折射能力的单元。

例如，以上单元（定位在目标侧上的具有负折射能力的透镜）、具有正折射能力的透镜单元和具有正折射能力的透镜单元以此顺序从目标侧向图像侧连续地布置，并确保从一个单元到另一个单元的距离不同，从而可以获得具有变焦功能的图像检测光学单元。而且，优选地提供从目标侧计算时第一单元和第二单元之间的有效光阑。

优选地在构成以上图像检测光学单元的每个透镜的光学功能表面上提供具有多层结构的防反射膜。

以上透镜单元和以上图像检测光学单元适于作为用于相机透镜（例如近距离调焦透镜、变焦透镜等）的单元和相机透镜（具体地，用于数码相机的透镜）。

以上已经关于具有负折射能力的非球面透镜解释了本发明的优选实施例，而本发明还可以对具有正折射能力的非球面透镜产生其效果。

#### 示例

此后将参考示例解释本发明，而本发明不受这些示例的限制。

根据以下方法测量光学玻璃的各种性质。

##### (1) 折射率 ( $n_d$ ) 和阿贝数 ( $\nu_d$ )

光学玻璃维持在玻璃转变温度 ( $T_g$ ) 和屈服温度 ( $T_s$ ) 之间的温度，并根据日本光学玻璃工业标准的折射率测量方法，以  $-30^\circ\text{C}/\text{小时}$  的温度降低速率测量所得到的光学玻璃的折射率 ( $n_d$ ) 和阿贝数 ( $\nu_d$ )（使用 Kalnew Optics 公司提供的“GMR-1”）。

##### (2) 玻璃转变温度 ( $T_g$ ) 和屈服温度 ( $T_s$ )

利用由 Rigaku 公司提供的用于热机械分析仪的装置“TMA8510”，在 98mN 的载荷下以  $4^\circ\text{C}/\text{分}$  的温度升高速率进行测量。

为了获得如表 1-1 和表 1-2 所示的玻璃成分，诸如  $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{ZnCO}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$  之类的氧化物、碳酸盐、硫酸盐、硝酸盐、氢氧化物等作为引入玻璃成分的原料被配重以制备具有每份总量为 250 至 300g 原料，且每份玻璃原料被充分混合以获得制备组。每份制备组被置于铂坩埚中并在维持在  $1,200$  至  $1,450^\circ\text{C}$  的电炉中在空气中搅拌 2 至 4 小时而熔化。在熔化后，每份熔化玻璃被模铸到  $40 \times 70 \times 15\text{mm}$  的碳制模具中，

并被冷却到玻璃转变温度，此后玻璃立即被置于退火炉中，在玻璃转变温度范围内退火约 1 小时，并在炉中冷却到室温以得到光学玻璃。在这样获得的光学玻璃中，通过 100 倍率的光学显微镜没有观察到沉积有结晶。

表 1-1 和表 1-2 示出了这样获得的光学玻璃的性质。

【表 1-1】

表 1-1

	1	2	3	4	5
玻璃成分 (mol%)					
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.48	36.96	35.34	36.09	33.43
SiO <sub>2</sub>	4.54	3.14	5.44	4.29	7.79
ZnO	36.48	30.82	30.46	30.98	27.28
Li <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.36	12.11	11.97	12.02	14.81
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.54	5.03	4.97	4.99	3.98
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.9	17.14	16.94	17.01	18.79
ZrO <sub>2</sub>	3.03	3.14	3.89	3.82	4.68
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.03	3.14	3.11	2.97	4.6
WO <sub>3</sub>	4.54	5.66	4.82	4.84	3.43
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GeO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
总量	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
碱金属氧化物的总含量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n <sub>d</sub>	1.8392	1.8392	1.8372	1.8356	1.8515
ν <sub>d</sub>	40.0	40.0	40.5	40.5	40.2
玻璃转变温度 (°C)	581	590	594	592	608

屈服温度 (°C)	623	635	637	635	655
-----------	-----	-----	-----	-----	-----

【表 1-2】

表 1-2

	6	7	8	9
玻璃成分 (mol%)				
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.18	36.13	36.54	42.26
SiO <sub>2</sub>	6.36	4.03	6.43	1.67
ZnO	28.14	28.55	24.1	21.76
Li <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.63	14.35	16.06	16.74
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.05	4.11	3.21	3.35
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.68	18.46	19.27	20.09
ZrO <sub>2</sub>	4.45	4.52	4.82	5.02
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.69	4.76	4.82	5.02
WO <sub>3</sub>	3.5	3.55	4.02	4.18
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
GeO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00
总量	100.00	100.00	100.00	100.00
碱金属氧化物的总含量	0.00	0.00	0.00	0.00
n <sub>d</sub>	1.8517	1.8517	1.8511	1.8516
ν <sub>d</sub>	40.2	40.1	40.2	40.4
玻璃转变温度 (°C)	604	602	609	614
屈服温度 (°C)	650	647	655	657
液相温度 (°C)	1040	1040	1050	1050
液相温度时的粘	5.1	4.5	4.8	3.9

度 (dPa·s)				
比重	5.25	5.24	5.21	5.2

用以下方式由以上玻璃制造用于精密模压的玻璃材料。

首先，使得在电炉中保持在 1,050 至 1,450℃（对应于 4 至 0.05dPa·s 的玻璃粘度）的熔化玻璃以恒定流率从温度调节到 1,050℃（对应于 4dPa·s 的玻璃粘度）的铂合金管连续地向下流动，熔化玻璃流的前端被玻璃材料成形模具接收，并当具有预定重量的熔化玻璃块从以上前端分离时，成形模具以比熔化玻璃流的向下流动速度足够快的速度向下移动，从而分离熔化玻璃块。当使得熔化玻璃向下流动时，其具有 7 dPa·s 的粘度。

玻璃材料成形模具的玻璃支撑表面由多孔材料构成，且高压气体被引入到多孔材料的相反侧，并通过多孔材料喷射。

在通过对其施加气压使得熔化玻璃块漂浮在上述玻璃支撑表面的同时，分离的熔化玻璃块被成形为具有一个旋转对称轴的玻璃材料，且玻璃材料被退火。以上述方式获得的熔化玻璃块分别具有与以上述方式获得的对应玻璃材料的质量相等的质量，且这样获得的玻璃材料具有±1%或更小的质量精确度。

在以上玻璃材料的成形中，使得熔化玻璃以恒定速率连续地流出温控铂管，被移动到管下方的玻璃材料成形模具向上移动以接收熔化玻璃流的下端。在此状态下，在熔化玻璃流的下端和其管侧之间形成狭窄部分，使玻璃材料成形模具在预定的时间迅速地向下移动。通过此操作，熔化玻璃流在狭窄部分中分离，并可以在玻璃支撑表面上获得包括下端并具有预定重量的熔化玻璃块。

多个玻璃材料成形模具一个接一个地被移动到管下方的位置，进行以上步骤以一个接一个地接收每个具有预定重量的熔化玻璃块，且熔化玻璃块被一个接一个地运走。成形模具布置在转台上，且该台可步进转动以进行以上操作。在使得每个熔化玻璃块漂浮在模具的玻璃支撑表面上方时，每个熔化玻璃块被成形为玻璃材料。通过重复从成形模具取出玻璃材料，用成形模具接收熔化玻璃块和将其成形为玻璃材料的步骤来制造玻璃材



料。使玻璃持续地漂浮，直到从成形模具取出每份玻璃材料。

每份这样制造的玻璃材料的整个表面通过使得熔化玻璃固化而形成，并且是自由表面。在其表面上及其每份的内部没有发现诸如条纹、析晶、裂纹和气泡之类的缺陷。

如下用如图 1 所示的精密模压装置对通过以上方法制造的玻璃材料进行精密模压。玻璃材料 4 被放置在每个都由 SiC 制成并在每个模制表面上形成有含碳膜（金刚石等碳膜）的上模具构件 1 和下模具构件 2 之间，然后，石英管 11 中的气氛被氮气氛代替，并且围绕石英管的外表面的加热器（未示出）被供电以加热石英管 11 的内部。模具内的温度被调节到使玻璃材料 4 的粘度变成  $10^5$  至  $10^9$  dPa·s 时的温度，然后在维持该温度的同时，使得按压杆 13 向下移动以从上方按压上模具构件 1，使得模具中的玻璃材料 4 被按压。以 5 至 15Mpa 的压力持续按压 10 至 300 秒。在按压之后，移除按压压力，并且通过非球面模压获得的玻璃模制产品在其中其与上模具构件 1 和下模具构件 2 接触的状态下被逐渐冷却到玻璃转变温度。然后，玻璃模制产品被迅速冷却到大约室温，并从模具取出被模制成非球面透镜的玻璃。

在以上精密模压中，玻璃不与引导上模具构件的套筒进行接触，上下模具构件的模制表面（的形状）被传递，玻璃被模制，且光学功能表面的周界构成非传递表面。

通过两种方法进行以上精密模压；在一种精密模压方法中，玻璃材料被引入到压制模具的上模具构件和下模具构件之间的空间中，压制模具和玻璃材料被一起加热，且玻璃材料被按压以制造非球面透镜，而在另一种精密模压方法中，将与预加热的压制模具分开加热的玻璃材料引入到压制模具中，并按压以制造非球面透镜。

图 1 示意性地示出了如何通过其中压制模具和玻璃材料被一起加热的方法进行精密模压，标号 3 表示套筒，9 表示支撑杆，10 表示支撑垫，而 14 表示温差电耦。用以上方式获得的具有凸透镜形式的非球面透镜在 560 °C 的气氛中退火 3 小时。在所获得透镜的表面上没有可视地观察到模糊，并且通过光学显微镜放大并观察，显示平滑的表面。

在以上示例中，制造了其两个表面都具有非球面形状的凸透镜。取决于根据需要对压制模具的形状和尺寸的选择，可以制造例如双凹透镜和平凹透镜之类具有负折射能力的非球面透镜，和例如双凸透镜和平凸透镜之类具有正折射能力的非球面透镜。

以上非球面透镜在其玻璃转变温度或更低的温度退火以通过氧化移除留在表面上的碳膜，减小透镜中的应变并精细地调节它们的折射指数。

光学功能表面的外周界，即，它们的非传递表面部分被研磨或抛光以进行对中和磨边，而形成当透镜固定在夹持器中时用于定位的基准表面。

在以上研磨或抛光之后，透镜被清洗、干燥并接着被置于汽相沉积装置的处理室中，通过汽相沉积形成光学多层膜以防止在可视光区域中在透镜表面上的反射。

以上述方式获得的涂覆有防反射膜的非球面透镜在玻璃与膜之间的粘附性方面是优良的，并且它们适于作为变焦透镜的最前位置上的凹透镜。

同时，含碳膜涂覆在由含  $\text{Li}_2\text{O}$  玻璃形成的每份玻璃材料的表面上，并使用由  $\text{SiC}$  制成的并在其模制表面上形成有碳脱模膜的压制模具对每份玻璃材料进行精密模压，以得到非球面凹透镜。这些透镜以如上所述的相同方式退火，被处理以对中和磨边，并被清洗，然后在每个透镜的光学功能表面上形成防反射膜。但是，观察到由于防反射膜的粘附性不够，该膜部分地脱落。

如表 2-1、2-2、2-3 和 2-4 所示的光学玻璃用于制造凸透镜。作为用于制造它们的方法，采用了这样一种方法，其中玻璃材料被加热并模压以获得具有接近期望的透镜形状的玻璃模制产品，玻璃模制产品被退火以减小应变并精细地调节其光学性质，而且其被研磨或抛光以完成球面透镜（称作“抛光方法”），或者这样一种方法，其中玻璃材料被加热并精密模压以制造非球面透镜（称作“精密模压方法”）。表 2-1、2-2、2-3 和 2-4 示出了使用怎样的玻璃和采用怎样的方法。

根据上述测量方法进行对折射率 ( $n_d$ )、阿贝数 ( $\nu_d$ ) 和玻璃转变温度 ( $T_g$ ) 的测量。

$\lambda_{70}$  表示在 280 至 700nm 的波长区域中通过使用被抛光为具有  $10.0 \pm$

0.1mm 的厚度并具有互相平行的平表面的玻璃样本并使得光从垂直方向入射抛光表面获得的光谱透射比变成 70% 处的波长；而  $\lambda_{50}$  表示在 280 至 700nm 的波长区域中通过使用被抛光为具有  $10.0 \pm 0.1\text{mm}$  的厚度并具有互相平行的平表面的玻璃样本并使得光从垂直方向入射抛光表面获得的光谱透射比变成 50% 处的波长。以上光谱透射比表示由  $I_{\text{out}}/I_{\text{in}}$  表明的量，其中  $I_{\text{in}}$  是对玻璃样本的入射光的强度， $I_{\text{out}}$  是从玻璃样本透射的光的强度。这是包括了玻璃样本内吸收和散射并还包括样本表面上反射的影响的量。

【表 2-1】

表 2-1

	11	12	13	14
玻璃成分 (mol%)				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19.5	20.0	25.5	22.0
SiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.5	0.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	3.0	2.0	5.5
TiO <sub>2</sub>	16.0	12.0	15.0	13.5
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37.5	44.5	47.0	48.5
Na <sub>2</sub> O	2.0	2.5	4.5	4.0
K <sub>2</sub> O	2.0	2.0	4.0	2.0
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0
BaO	20.5	14.0	1.5	4.5
ZnO	0.0	2.0	0.0	0.0
ZrO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (基于 玻璃成分)	0.75	0.20	0.30	0.50
总量	100.0	100.0	100.0	100.0
$n_d$	1.9516	1.9542	1.9459	1.9456
$\nu_d$	19.5	19.2	17.9	18.2

$\lambda_{70}$ (nm)	468	450	463	459
玻璃类型	第一玻璃			
透镜形状	球面凸透镜			
透镜制造方法	抛光方法			

【表 2-2】

表 2-2

	15	16	17	18
玻璃成分 (mol%)				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.0	14.5	19.5	23.5
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50.0	48.0	45.0	34.5
BaO	21.0	24.0	16.5	16.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.0	2.5	2.5	3.0
TiO <sub>2</sub>	6.0	6.0	8.5	18.0
Li <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.0	0.0
Na <sub>2</sub> O	0.0	0.0	3.0	0.0
K <sub>2</sub> O	4.0	5.0	4.0	5.0
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0
SrO	0.0	0.0	1.0	0.0
ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0
SiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0
ZrO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (基于 玻璃成分)	0.30	0.30	0.05	0.05
总量	100.0	100.0	100.0	100.0
$n_d$	1.9028	1.9491	1.9193	1.9309
$\nu_d$	21.1	21.0	20.5	19.2
$\Lambda_{50}$ (nm)	414	415	413	413

玻璃类型	第一玻璃
透镜形状	球面凸透镜
透镜制造方法	抛光方法

【表 2-3】

表 2-3

	19	20	21	22
玻璃成分 (mol%)				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23.8	24.0	24.0	24.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.0	4.0	4.0	4.0
SiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0
Li <sub>2</sub> O	12.0	18.0	18.0	18.0
Na <sub>2</sub> O	9.3	14.0	15.0	11.0
K <sub>2</sub> O	2.0	2.0	2.0	2.0
BaO	10.0	0.0	0.0	2.0
ZnO	5.0	0.0	2.0	0.0
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.0	6.0	8.0
TiO <sub>2</sub>	5.0	8.0	5.0	6.0
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17.9	20.0	18.0	19.0
WO <sub>3</sub>	12.0	10.0	6.0	6.0
总量	100.0	100.0	100.0	100.0
n <sub>d</sub>	1.84509	1.84937	1.86026	1.90015
ν <sub>d</sub>	23.54	21.96	22.61	21.51
玻璃转变温度 (°C)	503	493	442	461
玻璃类型	第二玻璃			
透镜形状	非球面凸透镜			

透镜制造方法

精密模压方法

【表 2-4】

表 2-4

	23	24	25
玻璃成分 (mol%)			
SiO <sub>2</sub>	24.9	28.9	24.9
BaO	16.1	13.1	15.9
TiO <sub>2</sub>	29.6	30.6	28.2
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13.1	13.1	15.7
Na <sub>2</sub> O	8.5	10.5	12.5
K <sub>2</sub> O	4.0	0.0	0.0
CaO	0.8	1.3	0.8
SrO	0.0	0.0	0.0
ZrO <sub>2</sub>	2.0	2.0	2.0
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.0	0.5	0.0
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.0	0.0
总量	100.0	100.0	100.0
n <sub>d</sub>	1.8417	1.84512	1.84565
ν <sub>d</sub>	23.97	93.96	23.9
玻璃转变温度 (°C)	611	625	615
λ <sub>70</sub> (nm)	433	429	418
玻璃类型	第三玻璃		
透镜形状	球面凸透镜		
透镜制造方法	抛光方法		

然后，在每个以上凸透镜的光学功能表面上形成具有多层结构的防反

射膜，并且凸透镜与以上凸透镜组合以获得如下的透镜单元。凸透镜和凹透镜以基于光学设计计算的距离固定到透镜夹持器，以获得色差效果。透镜的方向被确定为凹透镜的凹表面和凸透镜的凸表面互相相对。凹透镜的凸表面在目标侧上，凸透镜的凹表面在图像侧上。

然后，以上透镜单元被用作布置得最靠近目标侧的第一单元，由凸透镜、凸透镜和双凸透镜组成并总体上具有正折射能力的第二透镜单元布置在第一透镜单元的图像侧上，双凸透镜布置在第二透镜单元的图像侧上，以组装具有变焦功能的图像检测光学单元。在每个单元中的透镜之间的距离固定，并且第一透镜单元与第二透镜单元之间的距离和第二透镜单元与双凸透镜之间的距离可变，以实现变焦功能。在第二单元中，其透镜之间的距离被设定并固定，以修正单元中的色差。

在第二单元中，凸透镜的凹表面和凹透镜的凸表面附装到彼此，且如上所述双凸透镜以分开一定的距离固定。

以如上方式，可以制造紧凑的、高性能且高可靠性的具有变焦功能的图像检测光学单元。在用布置在图像平面上的诸如 CCD 或 CMOS 之类的实体图像检测设备将图像数字化为电子数据的图像检测光学单元（例如数码静态相机或数码摄像机）中，具有修正图像检测设备的色彩灵敏度的功能和低通滤波功能的过滤器布置在最靠近图像侧的透镜与图像检测设备之间。

已经参考具有变焦功能的图像检测单元解释了以上实施例，而其可以应用于安装在其焦距恒定的相机上的图像检测光学单元，例如具有相机的手机。

#### 工业实用性

本发明的非球面透镜可以适于用作构成图像检测光学系统的、由玻璃制成的非球面透镜，特别适于用作变焦透镜中最靠近目标的、具有负折射能力的透镜。

此外，本发明的制造工艺可以用于制造以上非球面透镜。

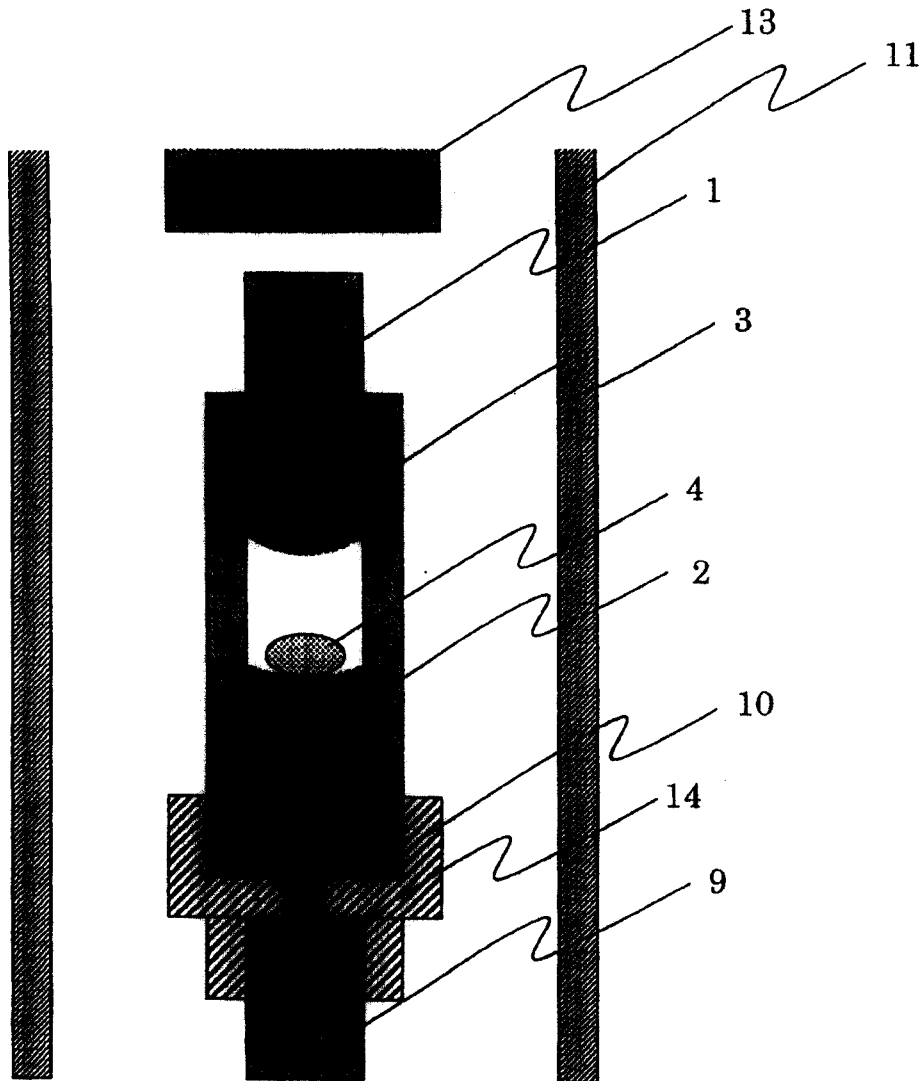


图1