



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112079567 B

(45) 授权公告日 2025.04.04

(21) 申请号 202010498517.3

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2020.06.04

C03C 3/097 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C03C 3/068 (2006.01)

申请公布号 CN 112079567 A

C03C 4/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.12.15

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

CN 102367197 A, 2012.03.07

2019-111015 2019.06.14 JP

CN 104926110 A, 2015.09.23

(73) 专利权人 HOYA株式会社

审查员 郭钊颖

地址 日本东京都

(72) 发明人 庄司昂浩

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

权利要求书2页 说明书21页

(54) 发明名称

光学玻璃及光学元件

(57) 摘要

本发明提供具有期望的光学常数、且再加热时的稳定性优异的光学玻璃，以及由上述光学玻璃制成的光学元件。该光学玻璃的阿贝数 v_d 为 36.40 以上， SiO_2 含量为 25~55 质量%， B_2O_3 含量为 13 质量% 以下， Li_2O 含量为 20 质量% 以下， Na_2O 含量为 17 质量% 以下， ZrO_2 含量为 2~22 质量%， Nb_2O_5 含量为 12~42 质量%， SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{TiO}_2 + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{WO}_3 + \text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为 2.00 以下， Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 R_2O 与总含量 R_2O 的合计的质量比 $[\text{R}_2\text{O} / (\text{R}_2\text{O} + \text{R}_2\text{O})]$ 为 0.60 以上， SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为 93 质量% 以上， SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / \text{ZrO}_2]$ 为 5.00 以下。

1. 一种光学玻璃, 其阿贝数 νd 为36.40以上,
 SiO_2 的含量为25~55质量%,
 B_2O_3 的含量为13质量%以下,
 Li_2O 的含量为20质量%以下,
 Na_2O 的含量为17质量%以下,
 ZrO_2 的含量为2~22质量%,
 Nb_2O_5 的含量为12~42质量%,
 BaO 的含量为5.0质量%以下,
 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量 $[\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5]$ 为38.0质量%以上,
 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 W_2O_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{TiO}_2 + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{W}_2\text{O}_3 + \text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为1.48以上且1.85以下,
 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 $R\text{O}$ 与总含量 $R_2\text{O}$ 的合计的质量比 $[R_2\text{O} / (R\text{O} + R_2\text{O})]$ 为0.60以上,
 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[R_2\text{O} / \text{ZrO}_2]$ 为2.00以下,
 SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 W_2O_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93质量%以上,
 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / \text{ZrO}_2]$ 为5.00以下。

2. 一种光学玻璃, 其阿贝数 νd 为36.40以上,
 SiO_2 的含量为25~55质量%,
 B_2O_3 的含量为13质量%以下,
 Li_2O 的含量为20质量%以下,
 Na_2O 的含量为17质量%以下,
 ZrO_2 的含量为2~22质量%,
 Nb_2O_5 的含量为12~42质量%,
 La_2O_3 的含量为7.0质量%以下,
 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 W_2O_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{TiO}_2 + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{W}_2\text{O}_3 + \text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为1.0以上且1.85以下,
 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 $R\text{O}$ 与总含量 $R_2\text{O}$ 的合计的质量比 $[R_2\text{O} / (R\text{O} + R_2\text{O})]$ 为0.60以上,
 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[R_2\text{O} / \text{ZrO}_2]$ 为2.00以下,
 SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 W_2O_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93质量%以上,
 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / \text{ZrO}_2]$ 为4.30以下,

B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2]$ 为0.240以下。

3. 一种光学玻璃, 其阿贝数 νd 为36.40以上,

SiO_2 的含量为25~55质量%,

B_2O_3 的含量为13质量%以下,

Li₂O的含量为20质量%以下，
Na₂O的含量为17质量%以下，
ZrO₂的含量为2~22质量%，
Nb₂O₅的含量为12~42质量%，
BaO的含量为5.0质量%以下，
SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量[SiO₂+B₂O₃+P₂O₅]为38.0质量%以上，
SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Nb₂O₅、TiO₂、Bi₂O₃、WO₃及Ta₂O₅的总含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) / (Nb₂O₅+TiO₂+Bi₂O₃+WO₃+Ta₂O₅)]为1.48以上且1.85以下，
Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于MgO、CaO、SrO、BaO及ZnO的总含量R₀与总含量R₂O的合计的质量比[R₂O / (R₂O+R₀)]为0.60以上，
Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于ZrO₂的含量的质量比[R₂O/ZrO₂]为2.00以下，
SiO₂、B₂O₃、P₂O₅、Li₂O、Na₂O、K₂O、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、TiO₂、Nb₂O₅、WO₃、ZrO₂、La₂O₃、Gd₂O₃及Y₂O₃的总含量为93质量%以上，
SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于ZrO₂的含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) / ZrO₂]为5.45以下，
B₂O₃的含量相对于ZrO₂的含量的质量比[B₂O₃/ZrO₂]为1.05以下。
4. 根据权利要求1~3中任一项所述的光学玻璃，其中，
Na₂O的含量相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O的质量比[Na₂O/R₂O]为0.80以下。
5. 根据权利要求1~3中任一项所述的光学玻璃，其中，
Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量的质量比、与Na₂O的含量相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O的质量比的合计[{R₂O / (SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) } + (Na₂O/R₂O)]为1.30以下。
6. 根据权利要求4所述的光学玻璃，其中，
Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量的质量比、与Na₂O的含量相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O的质量比的合计[{R₂O / (SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) } + (Na₂O/R₂O)]为1.30以下。
7. 一种光学元件，其由权利要求1~6中任一项所述的光学玻璃制成。

光学玻璃及光学元件

技术领域

[0001] 本发明涉及具有期望的光学常数的光学玻璃及光学元件。

背景技术

[0002] 玻璃加热至高于玻璃化转变温度Tg的温度时会软化。作为利用该性质的光学元件的成型方法,已知有下述加压成型法:对将玻璃原料加热熔融并成型而得到的玻璃原材料进行再加热,使其软化,进行加压而成为期望的形状。此时,通过玻璃的再加热,存在玻璃发生结晶、玻璃失透的情况。对于再加热时的稳定优异的玻璃而言,不易因再加热而发生结晶,失透也得到抑制。近年来,要求再加热时具有更高的稳定性。

[0003] 专利文献1中公开了具有给定的折射率nd及阿贝数vd的光学玻璃。然而,已知专利文献1的玻璃未必满足所要求的稳定性。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2017-154963号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的问题

[0008] 因此,本发明的目的在于,提供具有期望的光学常数、进而再加热时的稳定性优异的光学玻璃、以及由上述光学玻璃制成的光学元件。

[0009] 解决问题的方法

[0010] 本发明的主旨如下所述。

[0011] (1)一种光学玻璃,其阿贝数vd为36.40以上,

[0012] SiO₂的含量为25~55质量%,

[0013] B₂O₃的含量为13质量%以下,

[0014] Li₂O的含量为20质量%以下,

[0015] Na₂O的含量为17质量%以下,

[0016] ZrO₂的含量为2~22质量%,

[0017] Nb₂O₅的含量为12~42质量%,

[0018] SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Nb₂O₅、TiO₂、Bi₂O₃、W₀₃及Ta₂O₅的总含量的质量比

[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) / (Nb₂O₅+TiO₂+Bi₂O₃+W₀₃+Ta₂O₅)] 为2.00以下,

[0019] Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于MgO、CaO、SrO、BaO及ZnO的总含量R₀与总含量R₂O的合计的质量比[R₂O/(R₂O+R₀)]为0.60以上,

[0020] SiO₂、B₂O₃、P₂O₅、Li₂O、Na₂O、K₂O、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、TiO₂、Nb₂O₅、W₀₃、ZrO₂、La₂O₃、Gd₂O₃及Y₂O₃的总含量为93质量%以上,

[0021] SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于ZrO₂的含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) / ZrO₂]为5.00以下。

- [0022] (2)一种光学玻璃,其阿贝数 ν_d 为36.40以上,
- [0023] SiO_2 的含量为25~55质量%,
- [0024] B_2O_3 的含量为13质量%以下,
- [0025] Li_2O 的含量为20质量%以下,
- [0026] Na_2O 的含量为17质量%以下,
- [0027] ZrO_2 的含量为2~22质量%,
- [0028] Nb_2O_5 的含量为12~42质量%,
- [0029] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{TiO}_2+\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{WO}_3+\text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为2.00以下,
- [0030] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 RO 与总含量 $R_2\text{O}$ 的合计的质量比 $[R_2\text{O}/(R_2\text{O}+\text{R}\text{O})]$ 为0.60以上,
- [0031] SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93质量%以上,
- [0032] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/\text{ZrO}_2]$ 为5.45以下,
- [0033] B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2]$ 为0.240以下。
- [0034] (3)一种光学玻璃,其阿贝数 ν_d 为36.40以上,
- [0035] SiO_2 的含量为25~55质量%,
- [0036] B_2O_3 的含量为13质量%以下,
- [0037] Li_2O 的含量为20质量%以下,
- [0038] Na_2O 的含量为17质量%以下,
- [0039] ZrO_2 的含量为2~22质量%,
- [0040] Nb_2O_5 的含量为12~42质量%,
- [0041] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{TiO}_2+\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{WO}_3+\text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为2.00以下,
- [0042] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 RO 与总含量 $R_2\text{O}$ 的合计的质量比 $[R_2\text{O}/(R_2\text{O}+\text{R}\text{O})]$ 为0.60以上, SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93质量%以上, SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/\text{ZrO}_2]$ 为5.45以下,
- [0043] B_2O_3 的含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2]$ 为1.05以下。
- [0044] (4)根据(1)~(3)中任一项所述的光学玻璃,其中,
- [0045] Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 的质量比 $[\text{Na}_2\text{O}/R_2\text{O}]$ 为0.80以下。
- [0046] (5)根据(1)~(4)中任一项所述的光学玻璃,其中,
- [0047] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量的质量比、与 Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 的质量比的合计 $[\{R_2\text{O}/(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)\} + (\text{Na}_2\text{O}/R_2\text{O})]$ 为1.30以下。
- [0048] (6)根据(1)~(5)中任一项所述的光学玻璃,其中,
- [0049] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[R_2\text{O}/\text{ZrO}_2]$ 为2.00以下。
- [0050] (7)一种光学元件,其由上述(1)~(6)中任一项所述的光学玻璃制成。

[0051] 发明的效果

[0052] 根据本发明,可以提供具有期望的光学常数、进而再加热时的稳定性优异的光学玻璃、以及由上述光学玻璃制成的光学元件。

具体实施方式

[0053] 以下,对本发明的实施方式进行说明。需要说明的是,在本发明及本说明书中,只要没有特别记载,光学玻璃的玻璃组成以氧化物基准表示。此处,“氧化物基准的玻璃组成”是指,按照玻璃原料在熔融时全部分解而在光学玻璃中以氧化物的形式存在的物质进行换算而得到的玻璃组成,各玻璃成分的表述按照习惯记载为 SiO_2 、 TiO_2 等。只要没有特别记载,则玻璃成分的含量及总含量为质量基准,“%”是指“质量%”。

[0054] 玻璃成分的含量可以通过公知的方法、例如电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)、电感耦合等离子体质谱分析法(ICP-MS) 等方法进行定量。另外,在本说明书及本发明中,构成成分的含量为0%是指,实质上不含该构成成分,允许以不可避免的杂质水平含有该成分。

[0055] 另外,在本说明书中,只要没有特别记载,折射率是指在氦的d射线(波长587.56nm)下的折射率nd。

[0056] 以下,按照第1实施方式、第2实施方式、第3实施方式的形式对本发明的光学玻璃进行说明。

[0057] 第1实施方式

[0058] 第1实施方式的光学玻璃的阿贝数vd为36.40以上,

[0059] SiO_2 的含量为25~55%,

[0060] B_2O_3 的含量为13%以下,

[0061] Li_2O 的含量为20%以下,

[0062] Na_2O 的含量为17%以下,

[0063] ZrO_2 的含量为2~22%,

[0064] Nb_2O_5 的含量为12~42%,

[0065] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{TiO}_2+\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{WO}_3+\text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为2.00以下,

[0066] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 RO 与总含量 R_2O 的合计的质量比 $[\text{R}_2\text{O}/(\text{R}_2\text{O}+\text{R}\text{O})]$ 为0.60以上,

[0067] SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93%以上, SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/\text{ZrO}_2]$ 为5.00以下。

[0068] 在第1实施方式的光学玻璃中,阿贝数vd为36.40以上。阿贝数vd也可以设为36.50~45.00、36.60~43.00、36.70~41.00、36.80~40.00、或36.90~39.50。

[0069] 可以通过适宜调整各玻璃成分的含量而使阿贝数vd为期望的值。阿贝数vd相对较低的成分、即高分散化成分为 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 WO_3 、 Bi_2O_3 、 Ta_2O_5 等。另一方面,阿贝数vd相对较高的成分、即低分散化成分为 SiO_2 、 B_2O_3 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 La_2O_3 、 BaO 、 CaO 、 SrO 等。

[0070] 在第1实施方式的光学玻璃中, SiO_2 的含量为25~55%。 SiO_2 的含量的下限优选为

27%，进一步按照下述顺序更优选为29%、30%、31%、32%、33%。另外， SiO_2 的含量的上限优选为53%，进一步按照下述顺序更优选为50%、48%、46%、44%、42%、40%、38%。 SiO_2 为玻璃的网络形成成分。 SiO_2 的含量过少时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外， SiO_2 的含量过多时，存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散Pg,F上升的担忧。

[0071] 在第1实施方式的光学玻璃中， B_2O_3 的含量为13%以下。 B_2O_3 的含量的上限优选为12%，进一步按照下述顺序更优选为11%、10%、9%、8%。另外， B_2O_3 的含量的下限优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%。 B_2O_3 的含量也可以为0%。 B_2O_3 为玻璃的网络形成成分。 B_2O_3 的含量过多时，存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散Pg,F上升的担忧。 B_2O_3 的含量过少时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0072] 在第1实施方式的玻璃中， Li_2O 的含量为20%以下。 Li_2O 的含量的上限优选为18%，进一步按照下述顺序更优选为17%、16%、15%、14%、13%、12%。另外， Li_2O 的含量的下限优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%。 Li_2O 是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。 Li_2O 的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外， Li_2O 的含量过少时，存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。

[0073] 在第1实施方式的玻璃中， Na_2O 的含量为17%以下。 Na_2O 的含量的上限优选为16%，进一步按照下述顺序更优选为15%、14%、13%、12%、11%、10%、9%。 Na_2O 的含量的下限优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%。 Na_2O 的含量也可以为0%。 Na_2O 与 Li_2O 同样，是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。 Na_2O 的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外， Na_2O 的含量过少时，存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。

[0074] 在第1实施方式的玻璃中， ZrO_2 的含量为2~22%。 ZrO_2 的含量的下限优选为4%，进一步按照下述顺序更优选为5%、6%、7%、8%、9%。另外， ZrO_2 的含量的上限优选为20%，进一步按照下述顺序更优选为18%、16%、15%、14%、13%。 ZrO_2 是有助于低Pg,F化的成分。 ZrO_2 的含量过多时，存在液相线温度LT上升的担忧。另外， ZrO_2 的含量过少时，存在Pg,F上升的担忧。

[0075] 在第1实施方式的光学玻璃中， Nb_2O_5 的含量为12~42%。 Nb_2O_5 的含量的下限优选为14%，进一步按照下述顺序更优选为16%、18%、20%、21%、22%、23%、24%、25%。另外， Nb_2O_5 的含量的上限优选为40%，进一步按照下述顺序更优选为38%、36%、34%、33%、32%、31%、30%。 Nb_2O_5 是有助于兼顾高分散化和低Pg,F化的成分。 Nb_2O_5 的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧，而且存在熔解性降低的担忧。 Nb_2O_5 的含量过少时，存在低分散化的担忧。

[0076] 在第1实施方式的光学玻璃中， SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{TiO}_2+\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{WO}_3+\text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为2.00以下。该质量比的上限优选为1.95，进一步按照下述顺序更优选为1.90、1.85、1.80、1.75、1.74、1.73、1.72、1.71、1.70。另外，该质量比的下限优选为1.00，进一步按照下述顺序更优选为1.10、1.20、1.25、1.30、1.32、1.34、1.36、1.38、1.40。通过将该质量比设为上述范围，可以将阿贝数vd控制为期望的范围。该质量比过大时，存在超出阿贝数vd为期望的范围的担忧。另外，该质量比过小时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0077] 在第1实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 $R\text{O}$ 与总含量 $R_2\text{O}$ 的合计的质量比 $[R_2\text{O}/(R_2\text{O}+R\text{O})]$ 为 0.60 以上。该质量比的下限优选为 0.62, 进一步按照下述顺序更优选为 0.64、0.66、0.68、0.70、0.72、0.74、0.76、0.78、0.80。另外, 该质量比的上限优选为 1, 而且该质量比更优选为 1。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低玻璃的 Pg, F 。该质量比过小时, 存在后面叙述的式(8)表示的 $\Delta \text{Pg}, \text{F}$ 上升的担忧。

[0078] 在第1实施方式的光学玻璃中, SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为 93% 以上。该总含量的下限优选为 94%, 进一步按照下述顺序更优选为 95%、96%、97%、98%、99%。另外, 该总含量的上限优选为 100%, 而且该总含量更优选为 100%。该总含量过小时, 存在玻璃的着色增大的担忧, 而且存在不能得到期望的光学常数、再加热时的稳定性等恶化的担忧, 此外, 存在玻璃的原料成本增大的担忧。

[0079] 在第1实施方式的光学玻璃中, SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)/\text{ZrO}_2]$ 为 5.00 以下。该质量比的上限优选为 4.80, 进一步按照下述顺序更优选为 4.70、4.50、4.40、4.30、4.20、4.10、4.00。另外, 该质量比的下限优选为 2.00, 进一步按照下述顺序更优选为 2.20、2.40、2.60、2.80、3.00、3.20、3.30、3.40、3.50。通过将该质量比设为上述范围, 可以兼顾低 Pg, F 化和再加热时的稳定性的提高。该质量比过大时, 存在 Pg, F 上升的担忧。该质量比过小时, 存在液相线温度 LT 上升的担忧, 而且存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0080] 在第1实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2]$ 的上限优选为 0.240, 进一步按照下述顺序更优选为 0.238、0.236、0.234、0.232、0.230。该质量比的下限优选为 0.020, 进一步按照下述顺序更优选为 0.030、0.040、0.050、0.060。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低比重, 提高透射率。

[0081] 在第1实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2]$ 的上限优选为 1.05, 进一步按照下述顺序更优选为 1.00、0.95、0.90、0.85、0.80、0.75。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12、0.14、0.16、0.18、0.20。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低 Pg, F 。

[0082] 在第1实施方式的光学玻璃中, Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 的质量比 $[\text{Na}_2\text{O}/R_2\text{O}]$ 的上限优选为 0.80, 进一步按照下述顺序更优选为 0.79、0.78、0.77、0.76、0.75、0.70、0.69、0.68、0.67、0.66、0.65。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25。通过将该质量比设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0083] 在第1实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量的质量比、与 Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 的质量比的合计 $[\{R_2\text{O}/(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5)\} + (\text{Na}_2\text{O}/R_2\text{O})]$ 的上限优选为 1.30, 进一步按照下述顺序更优选为 1.28、1.26、1.24、1.22、1.20、1.18、1.16、1.14、1.12、1.10、1.08、1.06、1.04、1.02、1.00。该合计的下限优选为 0.30, 进一步按照下述顺序更优选为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65。通过将该合计设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0084] 在第1实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2\text{O}$ 相对于 ZrO_2 的含量的质

量比 $[R_2O/ZrO_2]$ 的上限优选为2.00,进一步按照下述顺序更优选为1.95、1.90、1.85、1.80、1.78、1.76、1.74、1.72、1.70、1.68、1.66、1.64、1.62、1.60。该质量比的下限优选为1.00,进一步按照下述顺序更优选为1.05、1.10、1.15、1.20、1.25、1.30、1.35、1.40、1.45。通过将该质量比设为上述范围,可以抑制再加热时的稳定性的降低,并且抑制Pg,F的上升。

[0085] (玻璃成分)

[0086] 对于第1实施方式的光学玻璃中的上述以外的玻璃成分的含量及比率,以下示出非限定性的实例。

[0087] 在第1实施方式的光学玻璃中, P_2O_5 的含量的上限优选为10.0%,进一步按照下述顺序更优选为9.0%、8.0%、7.0%、6.0%、5.0%、4.0%。另外, P_2O_5 的含量的下限优选为0%,进一步也可以为0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、或3.0%。 P_2O_5 的含量也可以为0%。通过将 P_2O_5 的含量设为上述范围,可以抑制相对部分色散Pg,F的上升,保持玻璃的热稳定性。

[0088] 在第1实施方式的光学玻璃中, SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量 $[SiO_2+B_2O_3+P_2O_5]$ 的上限优选为50.0%,进一步按照下述顺序更优选为49.5%、49.0%、48.5%、48.0%、47.5%、47.0%、46.5%、46.0%、45.5%、45.0%。另外,总含量 $[SiO_2+B_2O_3+P_2O_5]$ 的下限优选为30.0%,进一步按照下述顺序更优选为31.0%、32.0%、33.0%、34.0%、35.0%、36.0%、37.0%、38.0%、39.0%、40.0%。

[0089] 在第1实施方式的光学玻璃中, Al_2O_3 的含量的上限优选为20.0%,进一步按照下述顺序更优选为15.0%、10.0%、5.0%、3.0%、1.0%。 Al_2O_3 的含量也可以为0%。通过将 Al_2O_3 的含量设为上述范围,可以保持玻璃的耐失透性及热稳定性。

[0090] 在第1实施方式的光学玻璃中, K_2O 的含量的上限优选为25.0%,进一步按照下述顺序更优选为20.0%、18.0%、16.0%、14.0%、12.0%、10.0%、5.0%、2.0%、1.0%。 K_2O 的含量的下限优选为0%,更优选为0.5%。 K_2O 的含量也可以为0%。

[0091] K_2O 是有助于相对部分色散Pg,F的降低的成分,具有降低液相线温度、改善玻璃的热稳定性的作用,但其含量变多时,化学耐久性、耐候性、再加热时的稳定性降低。因此, K_2O 的含量优选为上述范围。

[0092] 在第1实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 $R_2O[Li_2O+Na_2O+K_2O]$ 的上限优选为25.0%,进一步按照下述顺序更优选为24.0%、23.0%、22.0%、21.0%、20.0%。另外,总含量 R_2O 的下限优选为5.0%,进一步按照下述顺序更优选为6.0%、7.0%、8.0%、9.0%、10.0%。通过将总含量 R_2O 设为上述范围,可以降低玻璃的粘性,而且可以抑制Pg,F的上升。

[0093] 在第1实施方式的光学玻璃中, Cs_2O 的含量的上限优选为10%,进一步按照下述顺序更优选为5%、3%、1%。 Cs_2O 的含量的下限优选为0%。

[0094] Cs_2O 具有改善玻璃的热稳定性的作用,但其含量变多时,化学耐久性、耐候性降低。因此, Cs_2O 的含量优选为上述范围。

[0095] 在第1实施方式的光学玻璃中, TiO_2 的含量的上限优选为15.0%,进一步按照下述顺序更优选为14.0%、13.0%、12.0%、11.0%、10.0%、9.0%、8.0%、7.0%、6.0%、5.0%。另外, TiO_2 的含量的下限优选为0%,进一步可以为0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、或3.0%。 TiO_2 的含量也可以为0%。通过将 TiO_2 的含量设为上述范围,可以实现期望的光学常

数,而且可以抑制Pg,F的上升,抑制比重的增大。

[0096] 在第1实施方式的光学玻璃中,WO₃的含量的上限优选为5%,进一步按照下述顺序更优选为4%、3%、2%。WO₃的含量也可以为0%。通过将WO₃的含量设为上述范围,可以提高透射率,而且可以降低相对部分色散Pg,F及比重。

[0097] 在第1实施方式的光学玻璃中,Bi₂O₃的含量的上限优选为5%,进一步按照下述顺序更优选为4%、3%、2%。另外,Bi₂O₃的含量的下限优选为0%。通过将Bi₂O₃的含量设为上述范围,可以提高透射率,而且可以降低相对部分色散Pg,F及比重。

[0098] 在第1实施方式的光学玻璃中,Nb₂O₅、TiO₂及ZrO₂的总含量与SiO₂及B₂O₃的总含量的质量比[(Nb₂O₅+TiO₂+ZrO₂) / (SiO₂+B₂O₃)]的上限优选为1.50,进一步按照下述顺序更优选为1.45、1.40、1.35、1.30、1.25、1.20、1.15、1.10、1.05、1.00。该质量比的下限优选为0.50,进一步按照下述顺序更优选为0.55、0.60、0.62、0.64、0.66、0.68、0.70、0.72、0.74、0.76。通过将该质量比设为上述范围,可以使折射率为期望的范围。

[0099] 在第1实施方式的光学玻璃中,Ta₂O₅的含量的上限优选为5.0%,进一步按照下述顺序更优选为4.0%、3.0%、2.0%、1.0%。另外,Ta₂O₅的含量的下限优选为0%。

[0100] Ta₂O₅是具有改善玻璃的热稳定性的作用的玻璃成分,且为降低相对部分色散Pg,F的成分。另一方面,Ta₂O₅的含量变多时,原料费成本变高,另外,比重上升。因此,Ta₂O₅的含量优选为上述范围。

[0101] 在第1实施方式的光学玻璃中,Nb₂O₅、TiO₂、Bi₂O₃、WO₃及Ta₂O₅的总含量[Nb₂O₅+TiO₂+Bi₂O₃+WO₃+Ta₂O₅]的上限优选为40.0%,进一步按照下述顺序更优选为39.0%、38.0%、37.0%、36.0%、35.0%、34.0%、33.0%、32.0%、31.0%、30.0%。该总含量的下限优选为15.0%,进一步按照下述顺序更优选为16.0%、17.0%、18.0%、19.0%、20.0%、21.0%、22.0%、23.0%。

[0102] 在第1实施方式的光学玻璃中,Ta₂O₅的含量相对于ZrO₂的含量的质量比[Ta₂O₅/ZrO₂]的上限优选为0.45,进一步按照下述顺序更优选为0.40、0.35、0.30、0.25、0.20、0.15、0.10、0.05。该质量比的下限优选为0,而且该质量比更优选为0。通过将该质量比设为上述范围,可以使光学常数为期望的范围,而且可以降低玻璃的原料成本。

[0103] 在第1实施方式的光学玻璃中,SiO₂、B₂O₃、P₂O₅、Nb₂O₅、TiO₂及WO₃的总含量相对于Li₂O、Na₂O、K₂O及ZrO₂的总含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅+Nb₂O₅+TiO₂+WO₃) / (Li₂O+Na₂O+K₂O+ZrO₂)]的上限优选为3.50,进一步按照下述顺序更优选为3.40、3.30、3.20、3.10、3.00。该质量比的下限优选为1.70,进一步按照下述顺序更优选为1.80、1.90、2.00、2.10。

[0104] 在第1实施方式的光学玻璃中,SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) / R₂O]的上限优选为4.00,进一步按照下述顺序更优选为3.80、3.60、3.40。该质量比的下限优选为1.50,进一步按照下述顺序更优选为1.60、1.70、1.80、1.90、2.00。

[0105] 在第1实施方式的光学玻璃中,Nb₂O₅的含量相对于ZrO₂的含量的质量比[Nb₂O₅/ZrO₂]的上限优选为3.20,进一步按照下述顺序更优选为2.90、2.70、2.50。该质量比的下限优选为1.20,进一步按照下述顺序更优选为1.40、1.60、1.80。

[0106] 在第1实施方式的光学玻璃中,SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O的质量比、与Nb₂O₅的含量相对于ZrO₂的含量的质量比的合计[{(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅) /

$R_2O\} + (Nb_2O_5/ZrO_2)$] 的上限优选为 6.20, 进一步按照下述顺序更优选为 5.80、5.60、5.50、5.10、5.00。该质量比的下限优选为 3.00, 进一步按照下述顺序更优选为 3.10、3.20、3.30、3.40、3.50、3.60、3.70、3.80、3.90、3.95、4.00、4.05、4.10。

[0107] 在第1实施方式的光学玻璃中, MgO的含量的上限优选为 20%, 进一步按照下述顺序更优选为 10%、5%、3%。另外, MgO的含量的下限优选为 0%。

[0108] 在第1实施方式的光学玻璃中, CaO的含量的上限优选为 20%, 进一步按照下述顺序更优选为 18%、16%、14%。另外, CaO的含量的下限优选为 0%, 进一步按照下述顺序更优选为 1.0%、1.5%、2.0%。

[0109] 在第1实施方式的光学玻璃中, SrO的含量的上限优选为 20%, 进一步按照下述顺序更优选为 10%、5%、3%。另外, SrO的含量的下限优选为 0%。

[0110] 在第1实施方式的光学玻璃中, BaO的含量的上限优选为 10%, 进一步按照下述顺序更优选为 5.0%、3.0%、2.0%。BaO的含量的下限优选为 0%。

[0111] MgO、CaO、SrO、BaO 均为具有改善玻璃的热稳定性及耐失透性的作用的玻璃成分。然而, 这些玻璃成分的含量变多时, 比重增加, 高分散性受损, 而且玻璃的热稳定性及耐失透性降低。因此, 这些玻璃成分的各含量分别优选为上述范围。

[0112] 在第1实施方式的光学玻璃中, ZnO的含量的上限优选为 10%, 进一步按照下述顺序更优选为 5.0%、3.0%、2.0%。另外, ZnO的含量的下限优选为 0%。

[0113] ZnO 是具有改善玻璃的热稳定性的作用的玻璃成分。然而, ZnO的含量过多时, 比重上升。因此, 从改善玻璃的热稳定性、保持期望的光学常数的观点考虑, ZnO的含量优选为上述范围。

[0114] 在第1实施方式的光学玻璃中, MgO、CaO、SrO、BaO 及 ZnO 的总含量 R0 [MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO] 的上限优选为 20.0%, 进一步按照下述顺序更优选为 15.0%、10.0%、8.0%、6.0%、4.0%、3.0%。该总含量的下限优选为 0%。通过将该总含量设为上述范围, 可以使折射率 nd 为期望的范围。

[0115] 在第1实施方式的光学玻璃中, MgO、CaO、SrO、BaO 及 ZnO 的总含量 R0 相对于 ZrO₂ 的含量的质量比 [R0/ZrO₂] 的上限优选为 0.74, 进一步按照下述顺序更优选为 0.70、0.60、0.50、0.40、0.30、0.20、0.10。该质量比的下限优选为 0。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低 Pg、F, 而且可以使折射率 nd 为期望的范围。

[0116] 在第1实施方式的玻璃中, Y₂O₃的含量的上限优选为 20%, 进一步按照下述顺序更优选为 10%、5%、3%。另外, Y₂O₃的含量的下限优选为 0%。

[0117] Y₂O₃的含量过多时, 玻璃的热稳定性降低, 在制造中玻璃容易失透。另外, 存在高分散性受损的担忧。因此, 从抑制玻璃的热稳定性的降低的观点考虑, Y₂O₃的含量优选为上述范围。

[0118] 在第1实施方式的玻璃中, Sc₂O₃的含量优选为 2% 以下。另外, Sc₂O₃的含量的下限优选为 0%。

[0119] 在第1实施方式的玻璃中, HfO₂的含量优选为 2% 以下。另外, HfO₂的含量的下限优选为 0%。

[0120] Sc₂O₃、HfO₂ 具有提高玻璃的高分散性的作用, 但其为高价的成分。因此, Sc₂O₃、HfO₂ 的各含量优选为上述范围。

[0121] 在第1实施方式的玻璃中, Lu_2O_3 的含量优选为2%以下。另外, Lu_2O_3 的含量的下限优选为0%。

[0122] Lu_2O_3 具有提高玻璃的高分散性的作用, 但由于分子量大, 也是增加玻璃的比重的玻璃成分。因此, Lu_2O_3 的含量优选为上述范围。

[0123] 在第1实施方式的玻璃中, GeO_2 的含量优选为2%以下。另外, GeO_2 的含量的下限优选为0%。

[0124] GeO_2 具有提高玻璃的高分散性的作用, 但在一般使用的玻璃成分中, 是明显高价的成分。因此, 从降低玻璃的制造成本的观点考虑, GeO_2 的含量优选为上述范围。

[0125] 在第1实施方式的光学玻璃中, La_2O_3 的含量的上限优选为10.0%, 进一步按照下述顺序更优选为9.0%、8.0%、7.0%、6.0%、5.0%、4.0%。另外, La_2O_3 的含量的下限优选为0.1%, 进一步按照下述顺序更优选为0.2%、0.3%、0.4%。 La_2O_3 的含量也可以为0%。通过将 La_2O_3 的含量的上限设为上述范围, 可以抑制比重的增大。

[0126] 在第1实施方式的玻璃中, Gd_2O_3 的含量优选为2%以下。另外, Gd_2O_3 的含量的下限优选为0%。

[0127] Gd_2O_3 的含量过多时, 玻璃的热稳定性降低。另外, Gd_2O_3 的含量过多时, 玻璃的比重增大, 不优选。而且, 存在原料成本增大的担忧。因此, 从良好地保持玻璃的热稳定性、同时抑制比重的增大的观点考虑, Gd_2O_3 的含量优选为上述范围。

[0128] 在第1实施方式的玻璃中, Yb_2O_3 的含量优选为2%以下。另外, Yb_2O_3 的含量的下限优选为0%。

[0129] 与 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Y_2O_3 相比, Yb_2O_3 的分子量大, 因此会增大玻璃的比重。另外, Yb_2O_3 的含量过多时, 玻璃的热稳定性降低。从防止玻璃的热稳定性的降低、抑制比重的增大的观点考虑, Yb_2O_3 的含量优选为上述范围。

[0130] 第1实施方式的玻璃优选主要由上述的玻璃成分、即作为必要成分的 SiO_2 、 ZrO_2 、及 Nb_2O_5 、作为任意成分的 B_2O_3 、 Li_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Cs_2O 、 TiO_2 、 W_2O_3 、 Bi_2O_3 、 Ta_2O_5 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 Y_2O_3 、 Sc_2O_3 、 HfO_2 、 Lu_2O_3 、 GeO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Yb_2O_3 构成。上述的玻璃成分的总含量优选为95%以上, 更优选为98%以上, 进一步优选为99%以上, 特别优选为99.5%以上。

[0131] 需要说明的是, 第1实施方式的玻璃优选基本上由上述玻璃成分构成, 但在不妨碍本发明的作用效果的范围内, 也可以含有其它成分。另外, 在本发明中, 不排除含有不可避免的杂质。

[0132] 除了上述成分以外, 上述光学玻璃可以含有少量作为澄清剂的 Sb_2O_3 等。澄清剂的总量(外加比例添加量) 优选设为0%以上且小于1%, 更优选设为0%以上且0.5%以下。

[0133] 外加比例添加量是指, 将除澄清剂以外的全部玻璃成分的总含量设为100%时的澄清剂的添加量以重量百分率表示的值。

[0134] Pb 、 As 、 Ce 、 Th 等是可能会造成环境负担的成分。因此, Pb 、 As 、 Ce 、 Th 的各自含量以氧化物换算均优选为0~0.1%, 更优选为0~0.05%, 进一步优选为0~0.01%。特别优选实质上不含有 Pb 、 As 、 Ce 、 Th 。

[0135] 此外, 上述光学玻璃可在可见区的宽范围得到高的透射率。为了有效利用这样的特长, 优选不含着色性的元素。作为着色性的元素, 可示例出 Cu 、 Co 、 Ni 、 Fe 、 Cr 、 Eu 、 Nd 、 Er 、 V

等。任一元素均优选小于100质量ppm,更优选为0~80质量ppm,进一步优选为0~50质量ppm,特别优选实质上不含有。

[0136] 另外,Ga、Te、Tb等是不需要导入的成分,也是高价的成分。因此,以质量%表示的Ga₂O₃、TeO₂、TbO₂的含量的范围分别均优选为0~0.1%,更优选为0~0.05%,进一步优选为0~0.01%,更进一步优选为0~0.005%,再进一步优选为0~0.001%,特别优选实质上不含有。

[0137] (玻璃特性)

[0138] <折射率nd>

[0139] 在第1实施方式的光学玻璃中,折射率nd优选为1.80~1.50。折射率nd也可以设为1.75~1.55、或1.70~1.60。

[0140] 可以通过适宜调整各玻璃成分的含量而使折射率nd为期望的值。具有相对地提高折射率nd的作用的成分(高折射率化成分)为Nb₂O₅、TiO₂、ZrO₂、Ta₂O₅、La₂O₃等。另一方面,具有相对地降低折射率nd的作用的成分(低折射率化成分)为SiO₂、B₂O₃、Li₂O、Na₂O、K₂O等。另外,例如,可以通过增加高折射率化成分Nb₂O₅、TiO₂及ZrO₂的总含量与低折射率成分SiO₂及B₂O₃的总含量的质量比[(Nb₂O₅+TiO₂+ZrO₂) / (SiO₂+B₂O₃)]而提高折射率nd,可以通过减少该质量比而降低折射率nd。

[0141] <相对部分色散Pg,F>

[0142] 在第1实施方式的光学玻璃中,相对部分色散Pg,F的上限优选为0.5850,进一步按照下述顺序更优选为0.5845、0.5840、0.5835、0.5830、0.5825、0.5820、0.5815、0.5810、0.5805、0.5800、0.5795、0.5790、0.5785、0.5780、0.5775、0.5770、0.5765、0.5760。通过将相对部分色散Pg,F设为上述范围,可以得到适于高阶的色差补正的光学玻璃。另一方面,相对部分色散Pg,F的下限没有特别限定,将0.5700作为目标。

[0143] 另外,在第1实施方式的光学玻璃中,相对部分色散Pg,F优选满足下述式(1)。

[0144] Pg,F≤0.6483-0.001802×vd • • • (1)

[0145] 相对部分色散Pg,F更优选满足下述式(2),进一步按照下述顺序更优选满足下述式(3)、下述式(4)、下述式(5)、下述式(6)、下述式(7)。

[0146] Pg,F≤0.6470-0.001802×vd • • • (2)

[0147] Pg,F≤0.6460-0.001802×vd • • • (3)

[0148] Pg,F≤0.6450-0.001802×vd • • • (4)

[0149] Pg,F≤0.6444-0.001802×vd • • • (5)

[0150] Pg,F≤0.6439-0.001802×vd • • • (6)

[0151] Pg,F≤0.6437-0.001802×vd • • • (7)

[0152] 通过使相对部分色散Pg,F满足上式,可以对由第1实施方式的光学玻璃制成的光学元件在宽的波长范围内良好地补正色差。

[0153] 在本申请发明中,阿贝数vd及相对部分色散Pg,F如下所述地算出。即,通过日本工业标准(JIS标准)JIS B 7071-1光学玻璃的折射率测定法-第1部:最小偏向角法来测定表A中示出的12个波长下的折射率。接下来,将通过测定得到的各射线的折射率代入日本工业标准(JIS标准)JIS B 7071-1光学玻璃的折射率测定法-第1部:最小偏向角法的附录B中规定的肖特分散式,通过最小二乘法求出肖特分散式的常数。然后,根据使用确定了常数的肖

特分散式而得到的各射线的折射率值,计算出阿贝数vd及相对部分色散Pg,F。

[0154] 表A

波长 (nm)	光谱射线	光源
1013.98	t射线(红外汞)	Hg
852.11	s射线(红外铯)	Cs
706.52	r射线(红色氦)	He
656.27	C射线(红色氢)	H
643.85	C'射线(红色镉)	Cd
587.56	d射线(黄色氦)	He
546.07	e射线(绿色汞)	Hg
486.13	F射线(蓝色氢)	H
479.99	F'射线(蓝色镉)	Cd
435.84	g射线(蓝色汞)	Hg
404.66	h射线(紫色汞)	Hg
365.01	i射线(紫外汞)	Hg

[0156] 肖特分散式: $n^2 = a_0 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda^{-2} + a_3\lambda^{-4} + a_4\lambda^{-6} + a_5\lambda^{-8}$

[0157] 式中,n为折射率,λ为波长(μm), $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ 为常数。

[0158] 在本申请发明中,相对部分色散Pg,F如上所述地算出:使用在12个不同波长(光谱射线)下测定的折射率的值,对被称作肖特分散式的将折射率与波长相关联的公式的波长项的系数进行拟合而求出,确定了这些系数后,使用该分散式而算出。通过使用在12个不同波长下测定的折射率的值,可以以高精度算出相对部分色散Pg,F。另一方面,也可以减少测定折射率的波长数,通过简化的方法算出相对部分色散Pg,F,但精度不充分,与使用在12个不同波长下测定的折射率而算出的值相比,通过简略的方法算出的相对部分色散Pg,F存在成为小的值的倾向。即,即使相对部分色散Pg,F的值相同,也会存在由该计算方法导致实际的与色差补正相关的性能存在优劣的情况。具体而言,如上所述地通过简略的方法算出的相对部分色散Pg,F被估算得较小,因此,即使该Pg,F的值为与在12个不同波长下测定的折射率算出的相对部分色散Pg,F相同的值,也存实际的与色差补正相关的性能差的情况。

[0159] 另外,ΔPg,F为相对于法线的Pg,F的偏差,如式(8)所示地求出。

$$\Delta Pg, F = Pg, F - (0.6483 - 0.001802 \times vd) \cdots \cdots (8)$$

[0161] 一般来说,在光学玻璃中,存在阿贝数vd越小、Pg,F越大的倾向,因此,通常将ΔPg,F作为异常分散性的指标。

[0162] <玻璃的比重>

[0163] 第1实施方式的光学玻璃的比重优选为3.30以下,更优选为3.20以下,进一步优选为3.10以下。

[0164] 相对地提高比重的成分为BaO、La₂O₃、ZrO₂、Nb₂O₅、Ta₂O₅等。另一方面,相对地降低比重的成分为SiO₂、B₂O₃、Li₂O、Na₂O、K₂O等。可以通过适宜调整这些成分的含量来控制比重。

[0165] <再加热时的稳定性>

[0166] 在第1实施方式的光学玻璃中,在玻璃化转变温度T_g下加热10分钟、进而在比该T_g高220°C的温度下加热10分钟,此时,优选平均每1g观察到的结晶数为25个以下、更优选为

20个以下、进一步优选为10个以下。

[0167] 需要说明的是,如下所述地对再加热时的稳定性进行评价。将 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 大小的玻璃试样在设定为该玻璃试样的玻璃化转变温度Tg的第1试验炉中加热10分钟、进一步在设定为比其玻璃化转变温度Tg高220°C的温度的第2试验炉中加热10分钟,然后用光学显微镜(观察倍率:40~100倍)确认结晶的有无。然后,测定平均每1g的结晶数。结晶数少时,可以评价为稳定性高,结晶数多时,可以评价为稳定性低。

[0168] <玻璃化转变温度Tg>

[0169] 第1实施方式的光学玻璃的玻璃化转变温度Tg的上限优选为650°C,进一步按照下述顺序更优选为640°C、630°C、620°C、610°C、600°C、590°C、580°C、570°C、560°C。另外,玻璃化转变温度Tg的下限优选为430°C,进一步按照下述顺序更优选为440°C、450°C、460°C、470°C。可以通过调整各玻璃成分的含量来控制玻璃化转变温度Tg。

[0170] 相对地降低玻璃化转变温度Tg的成分为Li₂O、Na₂O、K₂O等。相对地提高玻璃化转变温度Tg的成分为La₂O₃、ZrO₂、Nb₂O₅等。可以通过适宜调整这些成分的含量来控制玻璃化转变温度Tg。

[0171] <玻璃的透光性>

[0172] 第1实施方式的光学玻璃的透光性可以通过着色度λ80及λ5来进行评价。

[0173] 对于厚度 $10.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 的玻璃试样,测定在波长200~700nm范围的分光透射率,将外部透射率成为80%的波长设为λ80,将外部透射率成为5%的波长设为λ5。

[0174] 第1实施方式的光学玻璃的λ80优选为500nm以下、更优选为470nm以下、进一步优选为450nm以下。λ5优选为370nm以下、更优选为360nm以下、进一步优选为350nm以下。

[0175] (光学玻璃的制造)

[0176] 第1实施方式的玻璃以达到上述给定组成的方式调配玻璃原料,利用调配的玻璃原料、按照公知的玻璃制造方法制作即可。例如,调配多种化合物,充分混合而制成批原料,将批原料放入石英坩埚、铂坩埚中进行粗熔解(roughmelt)。将粗熔解得到的熔融物骤冷、粉碎,制作碎玻璃。进一步将碎玻璃放入铂坩埚中进行加热、再熔融(remelt),制成熔融玻璃,进一步在进行了澄清、均质化后,将熔融玻璃成形,进行缓慢冷却,得到光学玻璃。熔融玻璃的成形、缓慢冷却采用公知的方法即可。

[0177] 需要说明的是,只要能在玻璃中导入期望的玻璃成分、并使其达到期望的含量,则对调配批原料时使用的化合物就没有特别限定,作为这样的化合物,可列举氧化物、碳酸盐、硝酸盐、氢氧化物、氟化物等。

[0178] (光学元件等的制造)

[0179] 使用第1的实施方式的光学玻璃制作光学元件时,采用公知的方法即可。例如,在上述光学玻璃的制造中,将熔融玻璃注入铸模而成形为板状,制作由本发明的光学玻璃形成的玻璃材料。将得到的玻璃材料适当地切割、磨削、研磨,制作适于压制成形的大小、形状的碎片。将碎片加热、软化,通过公知的方法进行压制成形(再热压),制作近似于光学元件的形状的光学元件毛坯。对光学元件毛坯进行退火,通过公知的方法进行磨削、研磨而制作光学元件。

[0180] 根据使用目的,可以在制作的光学元件的光学功能面包覆反射膜、全反射膜等。

[0181] 根据本发明的一个方式,可提供由上述光学玻璃形成的光学元件。作为光学元件

的种类,可示例出球面透镜、非球面透镜等透镜、棱镜、衍射光栅等。作为透镜的形状,可例示出双凸透镜、平凸透镜、双凹透镜、平凹透镜、凸弯月透镜、凹弯月透镜等各种形状。光学元件可通过包括对由上述光学玻璃形成的玻璃成形体进行加工的工序的方法而制造。作为加工,可例示出切割、切削、粗磨削、精磨削、研磨等。进行这样的加工时,通过使用上述玻璃,可减轻破损,可稳定地提供高品质的光学元件。

[0182] 第2实施方式

- [0183] 第2实施方式的光学玻璃的阿贝数 vd 为36.40以上,
- [0184] SiO_2 的含量为25~55%,
- [0185] B_2O_3 的含量为13%以下,
- [0186] Li_2O 的含量为20%以下,
- [0187] Na_2O 的含量为17%以下,
- [0188] ZrO_2 的含量为2~22%,
- [0189] Nb_2O_5 的含量为12~42%,
- [0190] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 WO_3 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(SiO_2+B_2O_3+P_2O_5)/(Nb_2O_5+TiO_2+Bi_2O_3+WO_3+Ta_2O_5)]$ 为2.00以下,
- [0191] Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 的总含量 R_O 与总含量 R_2O 的合计的质量比 $[R_2O/(R_2O+R_O)]$ 为0.60以上,
- [0192] SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93质量%以上,
- [0193] SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(SiO_2+B_2O_3+P_2O_5)/ZrO_2]$ 为5.45以下,
- [0194] B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[B_2O_3/SiO_2]$ 为0.240以下。
- [0195] 在第2实施方式的光学玻璃中,阿贝数 vd 为36.40以上。阿贝数 vd 也可以设为36.50~45.00、36.60~43.00、36.70~41.00、36.80~40.00、或36.90~39.50。
- [0196] 可以通过适宜调整各玻璃成分的含量而使阿贝数 vd 为期望的值。阿贝数 vd 相对较低的成分、即高分散化成分为 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 WO_3 、 Bi_2O_3 、 Ta_2O_5 等。另一方面,阿贝数 vd 相对较高的成分、即低分散化成分为 SiO_2 、 B_2O_3 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 La_2O_3 、 BaO 、 CaO 、 SrO 等。
- [0197] 在第2实施方式的光学玻璃中, SiO_2 的含量为25~55%。 SiO_2 的含量的下限优选为27%,进一步按照下述顺序更优选为29%、30%、31%、32%、33%。另外, SiO_2 的含量的上限优选为53%,进一步按照下述顺序更优选为50%、48%、46%、44%、42%、40%、38%。 SiO_2 为玻璃的网络形成成分。 SiO_2 的含量过少时,存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外, SiO_2 的含量过多时,存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散 Pg , F 上升的担忧。
- [0198] 在第2实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量为13%以下。 B_2O_3 的含量的上限优选为12%,进一步按照下述顺序更优选为11%、10%、9%、8%。另外, B_2O_3 的含量的下限优选为0%,进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%。 B_2O_3 的含量也可以为0%。 B_2O_3 为玻璃的网络形成成分。 B_2O_3 的含量过多时,存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散 Pg , F 上升的担忧。 B_2O_3 的含量过少时,存在再加热时的稳定性降低的担忧。
- [0199] 在第2实施方式的玻璃中, Li_2O 的含量为20%以下。 Li_2O 的含量的上限优选为18%,

进一步按照下述顺序更优选为17%、16%、15%、14%、13%、12%。另外,Li₂O的含量的下限优选为0%,进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%。Li₂O是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。Li₂O的含量过多时,存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外,Li₂O的含量过少时,存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。

[0200] 在第2实施方式的玻璃中,Na₂O的含量为17%以下。Na₂O的含量的上限优选为16%,进一步按照下述顺序更优选为15%、14%、13%、12%、11%、10%、9%。Na₂O的含量的下限优选为0%,进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%。Na₂O的含量也可以为0%。Na₂O与Li₂O同样,是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。Na₂O的含量过多时,存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外,Na₂O的含量过少时,存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。

[0201] 在第2实施方式的玻璃中,ZrO₂的含量为2~22%。ZrO₂的含量的下限优选为4%,进一步按照下述顺序更优选为5%、6%、7%、8%、9%。另外,ZrO₂的含量的上限优选为20%,进一步按照下述顺序更优选为18%、16%、15%、14%、13%。ZrO₂是有助于低Pg,F化的成分。ZrO₂的含量过多时,存在液相线温度LT上升的担忧。另外,ZrO₂的含量过少时,存在Pg,F上升的担忧。

[0202] 在第2实施方式的光学玻璃中,Nb₂O₅的含量为12~42%。Nb₂O₅的含量的下限优选为14%,进一步按照下述顺序更优选为16%、18%、20%、21%、22%、23%、24%、25%。另外,Nb₂O₅的含量的上限优选为40%,进一步按照下述顺序更优选为38%、36%、34%、33%、32%、31%、30%。Nb₂O₅是有助于兼顾高分散化和低Pg,F化的成分。Nb₂O₅的含量过多时,存在再加热时的稳定性降低的担忧,而且存在熔解性降低的担忧。Nb₂O₅的含量过少时,存在低分散化的担忧。

[0203] 在第2实施方式的光学玻璃中,SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Nb₂O₅、TiO₂、Bi₂O₃、W₀₃及Ta₂O₅的总含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅)/(Nb₂O₅+TiO₂+Bi₂O₃+W₀₃+Ta₂O₅)]为2.00以下。该质量比的上限优选为1.95,进一步按照下述顺序更优选为1.90、1.85、1.80、1.75、1.74、1.73、1.72、1.71、1.70。另外,该质量比的下限优选为1.00,进一步按照下述顺序更优选为1.10、1.20、1.25、1.30、1.32、1.34、1.36、1.38、1.40。通过将该质量比设为上述范围,可以将阿贝数vd控制为期望的范围。该质量比过大时,存在阿贝数vd超出期望的范围的担忧。另外,该质量比过小时,存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0204] 在第2实施方式的光学玻璃中,Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于MgO、CaO、SrO、BaO及ZnO的总含量R₀与总含量R₂O的合计的质量比[R₂O/(R₀+R₂O)]为0.60以上。该质量比的下限优选为0.62,进一步按照下述顺序更优选为0.64、0.66、0.68、0.70、0.72、0.74、0.76、0.78、0.80。另外,该质量比的上限优选为1,而且该质量比更优选为1。通过将该质量比设为上述范围,可以降低玻璃的Pg,F。该质量比过小时,存在式(8)表示的ΔPg,F上升的担忧。

[0205] 在第2实施方式的光学玻璃中,SiO₂、B₂O₃、P₂O₅、Li₂O、Na₂O、K₂O、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、TiO₂、Nb₂O₅、W₀₃、ZrO₂、La₂O₃、Gd₂O₃及Y₂O₃的总含量为93%以上。该总含量的下限优选为94%,进一步按照下述顺序更优选为95%、96%、97%、98%、99%。另外,该总含量的上限优选为100%,而且该总含量更优选为100%。该总含量过小时,存在玻璃的着色增大的担忧,而且存在不能得到期望的光学常数、再加热时的稳定性等恶化的担忧,此外,存在玻璃的原料成本增大的担忧。

[0206] 在第2实施方式的光学玻璃中, SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / \text{ZrO}_2]$ 为 5.45 以下。该质量比的上限优选为 5.30, 进一步按照下述顺序更优选为 5.20、5.10、5.00、4.90、4.80、4.70、4.50、4.40、4.30、4.20、4.10、4.00。另外, 该质量比的下限优选为 2.00, 进一步按照下述顺序更优选为 2.20、2.40、2.60、2.80、3.00、3.20、3.30、3.40、3.50。通过将该质量比设为上述范围, 可以兼顾低 Pg 、 F 化和再加热时的稳定性提高。该质量比过大时, 存在 Pg 、 F 上升的担忧。该质量比过小时, 存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0207] 在第2实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2]$ 为 0.240 以下。该质量比的上限优选为 0.238, 进一步按照下述顺序更优选为 0.236、0.234、0.232、0.230。该质量比的下限优选为 0.020, 进一步按照下述顺序更优选为 0.030、0.040、0.050、0.060。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低比重, 提高透射率。该质量比过大时, 存在透射率恶化的担忧。

[0208] 在第2实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[\text{B}_2\text{O}_3 / \text{ZrO}_2]$ 的上限优选为 1.05, 进一步按照下述顺序更优选为 1.00、0.95、0.90、0.85、0.80、0.75。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12、0.14、0.16、0.18、0.20。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低 Pg 、 F 。

[0209] 在第2实施方式的光学玻璃中, Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 的质量比 $[\text{Na}_2\text{O} / \text{R}_2\text{O}]$ 的上限优选为 0.80, 进一步按照下述顺序更优选为 0.79、0.78、0.77、0.76、0.75、0.70、0.69、0.68、0.67、0.66、0.65。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25。通过将该质量比设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0210] 在第2实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量的质量比、与 Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 的质量比的合计 $[\{\text{R}_2\text{O} / (\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)\} + (\text{Na}_2\text{O} / \text{R}_2\text{O})]$ 的上限优选为 1.30, 进一步按照下述顺序更优选为 1.28、1.26、1.24、1.22、1.20、1.18、1.16、1.14、1.12、1.10、1.08、1.06、1.04、1.02、1.00。该合计的下限优选为 0.30, 进一步按照下述顺序更优选为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65。通过将该合计设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0211] 在第2实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[\text{R}_2\text{O} / \text{ZrO}_2]$ 的上限优选为 2.00, 进一步按照下述顺序更优选为 1.95、1.90、1.85、1.80、1.78、1.76、1.74、1.72、1.70、1.68、1.66、1.64、1.62、1.60。该质量比的下限优选为 1.00, 进一步按照下述顺序更优选为 1.05、1.10、1.15、1.20、1.25、1.30、1.35、1.40、1.45。通过将该质量比设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低, 并且抑制 Pg 、 F 的上升。

[0212] 在第2实施方式的光学玻璃中, 上述以外的玻璃成分的含量及比率可以设为与第1实施方式同样。

[0213] 另外, 在第2实施方式的光学玻璃中, 上述以外的玻璃特性可以设为与第1实施方式同样。

[0214] 此外, 第2实施方式的光学玻璃的制造及光学元件等的制造也可以设为与第1实施方式同样。

[0215] 第3实施方式

- [0216] 第3实施方式的光学玻璃的阿贝数vd为36.40以上，
- [0217] SiO₂的含量为25~55%，
- [0218] B₂O₃的含量为13%以下，
- [0219] Li₂O的含量为20%以下，
- [0220] Na₂O的含量为17%以下，
- [0221] ZrO₂的含量为2~22%，
- [0222] Nb₂O₅的含量为12~42%，
- [0223] SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于Nb₂O₅、TiO₂、Bi₂O₃、W₀₃及Ta₂O₅的总含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅)/(Nb₂O₅+TiO₂+Bi₂O₃+W₀₃+Ta₂O₅)]为2.00以下，
- [0224] Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O相对于Li₂O、Na₂O及K₂O的总含量R₂O与MgO、CaO、SrO、BaO及ZnO的总含量RO的合计的质量比[R₂O/(R₂O+RO)]为0.60以上，
- [0225] SiO₂、B₂O₃、P₂O₅、Li₂O、Na₂O、K₂O、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、TiO₂、Nb₂O₅、W₀₃、ZrO₂、La₂O₃、Gd₂O₃及Y₂O₃的总含量为93质量%以上，
- [0226] SiO₂、B₂O₃及P₂O₅的总含量相对于ZrO₂的含量的质量比[(SiO₂+B₂O₃+P₂O₅)/ZrO₂]为5.45以下，
- [0227] B₂O₃的含量相对于ZrO₂的含量的质量比[B₂O₃/ZrO₂]为1.05以下。
- [0228] 在第3实施方式的光学玻璃中，阿贝数vd为36.40以上。阿贝数vd也可以设为36.50~45.00、36.60~43.00、36.70~41.00、36.80~40.00、或36.90~39.50。
- [0229] 可以通过适宜调整各玻璃成分的含量而使阿贝数vd为期望的值。阿贝数vd相对较低的成分、即高分散化成分为Nb₂O₅、TiO₂、ZrO₂、W₀₃、Bi₂O₃、Ta₂O₅等。另一方面，阿贝数vd相对较高的成分、即低分散化成分为SiO₂、B₂O₃、Li₂O、Na₂O、K₂O、La₂O₃、BaO、CaO、SrO等。
- [0230] 在第3实施方式的光学玻璃中，SiO₂的含量为25~55%。SiO₂的含量的下限优选为27%，进一步按照下述顺序更优选为29%、30%、31%、32%、33%。另外，SiO₂的含量的上限优选为53%，进一步按照下述顺序更优选为50%、48%、46%、44%、42%、40%、38%。SiO₂为玻璃的网络形成成分。SiO₂的含量过少时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外，SiO₂的含量过多时，存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散Pg,F上升的担忧。
- [0231] 在第3实施方式的光学玻璃中，B₂O₃的含量为13%以下。B₂O₃的含量的上限优选为12%，进一步按照下述顺序更优选为11%、10%、9%、8%。另外，B₂O₃的含量的下限优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%。B₂O₃的含量也可以为0%。B₂O₃为玻璃的网络形成成分。B₂O₃的含量过多时，存在高分散性受损、难以得到期望的光学常数、而且相对部分色散Pg,F上升的担忧。B₂O₃的含量过少时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。
- [0232] 在第3实施方式的玻璃中，Li₂O的含量为20%以下。Li₂O的含量的上限优选为18%，进一步按照下述顺序更优选为17%、16%、15%、14%、13%、12%。另外，Li₂O的含量的下限优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%。Li₂O是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。Li₂O的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外，Li₂O的含量过少时，存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。
- [0233] 在第3实施方式的玻璃中，Na₂O的含量为17%以下。Na₂O的含量的上限优选为16%，进一步按照下述顺序更优选为15%、14%、13%、12%、11%、10%、9%。Na₂O的含量的下限

优选为0%，进一步按照下述顺序更优选为1%、2%、3%、4%、5%。 Na_2O 的含量也可以为0%。 Na_2O 与 Li_2O 同样，是有助于玻璃的低粘性化及低Pg,F化的成分。 Na_2O 的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。另外， Na_2O 的含量过少时，存在玻璃的粘性上升、而且Pg,F上升的担忧。

[0234] 在第3实施方式的玻璃中， ZrO_2 的含量为2~22%。 ZrO_2 的含量的下限优选为4%，进一步按照下述顺序更优选为5%、6%、7%、8%、9%。另外， ZrO_2 的含量的上限优选为20%，进一步按照下述顺序更优选为18%、16%、15%、14%、13%。 ZrO_2 是有助于低Pg,F化的成分。 ZrO_2 的含量过多时，存在液相线温度LT上升的担忧。另外， ZrO_2 的含量过少时，存在Pg,F上升的担忧。

[0235] 在第3实施方式的光学玻璃中， Nb_2O_5 的含量为12~42%。 Nb_2O_5 的含量的下限优选为14%，进一步按照下述顺序更优选为16%、18%、20%、21%、22%、23%、24%、25%。另外， Nb_2O_5 的含量的上限优选为40%，进一步按照下述顺序更优选为38%、36%、34%、33%、32%、31%、30%。 Nb_2O_5 是有助于兼顾高分散化和低Pg,F化的成分。 Nb_2O_5 的含量过多时，存在再加热时的稳定性降低的担忧，而且存在熔解性降低的担忧。 Nb_2O_5 的含量过少时，存在低分散化的担忧。

[0236] 在第3实施方式的光学玻璃中， SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 W_2O_5 及 Ta_2O_5 的总含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{TiO}_2+\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{W}_2\text{O}_5+\text{Ta}_2\text{O}_5)]$ 为2.00以下。该质量比的上限优选为1.95，进一步按照下述顺序更优选为1.90、1.85、1.80、1.75、1.74、1.73、1.72、1.71、1.70。另外，该质量比的下限优选为1.00，进一步按照下述顺序更优选为1.10、1.20、1.25、1.30、1.32、1.34、1.36、1.38、1.40。通过将该质量比设为上述范围，可以将阿贝数vd控制为期望的范围。该质量比过大时，存在阿贝数vd超出期望的范围的担忧。另外，该质量比过小时，存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0237] 在第3实施方式的光学玻璃中， Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量R₂O相对于MgO、CaO、SrO、BaO及ZnO的总含量R0与总含量R₂O的合计的质量比 $[R_2\text{O} / (R_2\text{O}+R0)]$ 为0.60以上。该质量比的下限优选为0.62，进一步按照下述顺序更优选为0.64、0.66、0.68、0.70、0.72、0.74、0.76、0.78、0.80。另外，该质量比的上限优选为1，而且该质量比更优选为1。通过将该质量比设为上述范围，可以降低玻璃的Pg,F。该质量比过小时，存在式(8)表示的 $\Delta \text{Pg},\text{F}$ 上升的担忧。

[0238] 在第3实施方式的光学玻璃中， SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 W_2O_5 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 及 Y_2O_3 的总含量为93%以上。该总含量的下限优选为94%，进一步按照下述顺序更优选为95%、96%、97%、98%、99%。另外，该总含量的上限优选为100%，而且该总含量更优选为100%。该总含量过小时，存在玻璃的着色增大的担忧，而且存在不能得到期望的光学常数、再加热时的稳定性等恶化的担忧，此外，存在玻璃的原料成本增大的担忧。

[0239] 在第3实施方式的光学玻璃中， SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3+\text{P}_2\text{O}_5) / \text{ZrO}_2]$ 为5.45以下。该质量比的上限优选为5.30，进一步按照下述顺序更优选为5.20、5.10、5.00、4.90、4.80、4.70、4.50、4.40、4.30、4.20、4.10、4.00。另外，该质量比的下限优选为2.00，进一步按照下述顺序更优选：2.20、2.40、2.60、2.80、3.00、3.20、3.30、3.40、3.50。通过将该质量比设为上述范围，可以兼顾低Pg,F化和再加热时的稳定性的提高。该质量比过大时，存在Pg,F上升的担忧。该质量比过小时，存在再加热时的稳定性

降低的担忧。

[0240] 在第3实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[B_2O_3/ZrO_2]$ 为 1.05 以下。该质量比的上限进一步按照下述顺序更优选为 1.00、0.95、0.90、0.85、0.80、0.75。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12、0.14、0.16、0.18、0.20。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低 Pg, F 。该质量比过大时, 存在 Pg, F 增大的担忧。另外, 该质量比过小时, 存在再加热时的稳定性降低的担忧。

[0241] 在第3实施方式的光学玻璃中, B_2O_3 的含量相对于 SiO_2 的含量的质量比 $[B_2O_3/SiO_2]$ 的上限优选为 0.240, 进一步按照下述顺序更优选为 0.238、0.236、0.234、0.232、0.230。该质量比的下限优选为 0.020, 进一步按照下述顺序更优选为 0.030、0.040、0.050、0.060。通过将该质量比设为上述范围, 可以降低比重, 提高透射率。

[0242] 在第3实施方式的光学玻璃中, Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 的质量比 $[Na_2O/R_2O]$ 的上限优选为 0.80, 进一步按照下述顺序更优选为 0.79、0.78、0.77、0.76、0.75、0.70、0.69、0.68、0.67、0.66、0.65。该质量比的下限优选为 0.00, 进一步按照下述顺序更优选为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25。通过将该质量比设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0243] 在第3实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 SiO_2 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的总含量的质量比、与 Na_2O 的含量相对于 Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 的质量比的合计 $[{R_2O/(SiO_2+B_2O_3+P_2O_5)} + (Na_2O/R_2O)]$ 的上限优选为 1.30, 进一步按照下述顺序更优选为 1.28、1.26、1.24、1.22、1.20、1.18、1.16、1.14、1.12、1.10、1.08、1.06、1.04、1.02、1.00。该合计的下限优选为 0.30, 进一步按照下述顺序更优选为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65。通过将该合计设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低。

[0244] 在第3实施方式的光学玻璃中, Li_2O 、 Na_2O 及 K_2O 的总含量 R_2O 相对于 ZrO_2 的含量的质量比 $[R_2O/ZrO_2]$ 的上限优选为 2.00, 进一步按照下述顺序更优选为 1.95、1.90、1.85、1.80、1.78、1.76、1.74、1.72、1.70、1.68、1.66、1.64、1.62、1.60。该质量比的下限优选为 1.00, 进一步按照下述顺序更优选为 1.05、1.10、1.15、1.20、1.25、1.30、1.35、1.40、1.45。通过将该质量比设为上述范围, 可以抑制再加热时的稳定性的降低, 并且抑制 Pg, F 的上升。

[0245] 在第3实施方式的光学玻璃中, 上述以外的玻璃成分的含量及比率可以设为与第1实施方式同样。

[0246] 另外, 在第3实施方式的光学玻璃中, 上述以外的玻璃特性可以设为与第1实施方式同样。

[0247] 此外, 第3实施方式的光学玻璃的制造及光学元件等的制造也可以设为与第1实施方式同样。

[0248] 实施例

[0249] 以下, 通过实施例更详细地说明本发明。然而本发明不限定于实施例所示的方式。

[0250] (实施例1)

[0251] 按照以下的顺序制作具有表1中示出的玻璃组成的玻璃样品, 并进行了各种评价。

[0252] [光学玻璃的制造]

[0253] 首先, 准备与玻璃的构成成分对应的氧化物、氢氧化物、碳酸盐、及硝酸盐作为原

材料,以使得到的光学玻璃的玻璃组成为表1所示的各组成的方式称量上述原材料并进行调配,将原材料充分混合。将如此得到的调配原料(批原料)投入铂坩埚,于1350°C~1400°C加热2~4小时而制成熔融玻璃,进行搅拌以谋求均质化,澄清后,将熔融玻璃浇铸至预热到适当温度的模具。将浇铸后的玻璃于T_g~比玻璃化转变温度T_g低100°C的温度之间的任意温度进行30分钟的热处理,在炉内自然冷却至室温,从而得到了玻璃样品。

[0254] [玻璃成分组成确认]

[0255] 对于得到的玻璃样品,通过电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定了各玻璃成分的含量,确认了与表1所示的各组成一致。

[0256] [再加热试验(再加热时的稳定性)]

[0257] 将得到的玻璃样品切成1cm×1cm×1cm的大小,在设定为该玻璃样品的玻璃化转变温度T_g的第1试验炉中加热10分钟,进一步在设定为比其玻璃化转变温度T_g高220°C的温度的第2试验炉中加热10分钟。然后,通过光学显微镜(观察倍率:40~100倍)确认结晶的有无。并且测定了平均每1g的结晶数(异物数)。

[0258] [光学特性的测定]

[0259] 对得到的玻璃样品进一步在玻璃化转变温度T_g附近进行约30分钟~约2小时的退火处理后,在炉内以降温速度-30°C/小时冷却至室温,得到了退火样品。对得到的退火样品测定了折射率、阿贝数v_d、相对部分色散P_g,F、比重、玻璃化转变温度T_g、λ80及λ5,将结果示于表1。

[0260] (i) 折射率及阿贝数v_d以及相对部分色散P_g,F

[0261] 对于上述退火样品,通过日本工业标准(JIS标准)JIS B 7071-1光学玻璃的折射率测定法-第1部:最小偏向角法对表A中示出的12个波长下的折射率进行了测定。

[0262] 接下来,将通过测定得到的各射线的折射率代入日本工业标准(JIS标准)JIS B 7071-1光学玻璃的折射率测定法-第1部:最小偏向角法的附录B中规定的肖特分散式,通过最小二乘法求出肖特分散式的常数。然后,使用确定了常数的肖特分散式,计算出阿贝数v_d及相对部分色散P_g,F。

[0263] 表A

[0264]

波长(nm)	光谱射线	光源
1013.98	t射线(红外汞)	Hg
852.11	s射线(红外铯)	Cs
706.52	r射线(红色氦)	He
656.27	C射线(红色氢)	H
643.85	C'射线(红色镉)	Cd
587.56	d射线(黄色氦)	He
546.07	e射线(绿色汞)	Hg
486.13	F射线(蓝色氢)	H
479.99	F'射线(蓝色镉)	Cd
435.84	g射线(蓝色汞)	Hg
404.66	h射线(紫色汞)	Hg
365.01	i射线(紫外汞)	Hg

- [0265] 肖特分散式: $n^2 = a_0 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda^{-2} + a_3 \lambda^{-4} + a_4 \lambda^{-6} + a_5 \lambda^{-8}$
- [0266] 式中,n为折射率,λ为波长(μm), $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ 为常数。
- [0267] 需要说明的是,折射nd是指波长587.56nm下的折射率。
- [0268] (ii) 比重
- [0269] 比重通过阿基米德法测定。
- [0270] (iii) 玻璃化转变温度Tg
- [0271] 玻璃化转变温度Tg使用NETZSCH JAPAN公司制造的示差扫描量热分析装置(DSC3300SA)、以升温速度10°C/分进行了测定。
- [0272] (iv) $\lambda 80, \lambda 5$
- [0273] 将上述退火样品加工成厚度10mm、且具有相互平行且经光学研磨的平面,测定在波长280nm~700nm的波长区的分光透射率。将垂直入射至经光学研磨的一个平面的光线的强度设为强度A,将从另一个平面出射的光线的强度设为强度B,计算出了分光透射率B/A。将分光透射率为80%的波长设为 $\lambda 80$,将分光透射率为5%的波长设为 $\lambda 5$ 。需要说明的是,分光透射率中也包括试样表面的光线的反射损失。

试样No.	实验号	比较集						
		1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	38.02	43.50	40.42	44.95	34.31	41.97	38.58	43.14
B ₂ O ₃	3.04	0.00	3.23	0.00	7.80	3.36	3.09	3.31
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O	9.64	6.27	10.24	10.01	10.55	14.20	5.54	10.47
Na ₂ O	2.44	13.16	7.12	6.95	7.34	0.00	15.58	7.27
K ₂ O	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb ₂ O ₅	25.83	24.27	27.46	26.83	28.31	28.51	26.21	24.03
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.04	27.82
WO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZrO ₂	10.84	12.02	11.52	11.28	11.88	11.86	11.00	11.78
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La ₂ O ₃	3.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
SiO ₂	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
折光率(nd)	1.71622	1.66909	1.69281	1.68345	1.70284	1.70543	1.67671	1.67559
阿贝数(vd)	38.38	38.41	37.68	-	36.89	37.76	37.38	39.43
相对部分色散(Pg, F)	0.5742	0.5739	0.5754	-	0.5763	0.5728	0.5760	0.5716
比重	3.16	3.02	3.03	3.01	3.05	3.01	3.05	3.00
玻璃化转变温度Tg[℃]	531	545	522	546	494	541	522	509
$\lambda [5 \text{ nm}]$	389	407	407	398	387	417	391	380
$\lambda [80 \text{ nm}]$	321	325	324	321	323	323	322	319
$\lambda [5 \text{ um}]$	12.97	20.22	17.36	16.96	17.90	14.20	21.12	17.74
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaO+CaO+SrO+BaO+ZnO	1.59	1.79	1.59	1.68	1.48	1.59	1.59	1.59
(SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅)/(Nb ₂ O ₅ +TiO ₂ +BaO+ZrO ₂)	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)/(Li ₂ O+Nb ₂ O ₅ +MnO+CaO+SrO+BaO+ZnO)	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TaO ₅ /ZrO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O+MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +W ₃ O ₈ +Gd ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +Nb ₂ O ₅ +TiO ₂ +W ₃ O ₈)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O+ZrO ₂)	3.79	3.62	3.79	3.99	3.53	3.79	3.79	3.94
B ₂ O ₃ /SiO ₂	0.08	0.00	0.08	0.00	0.22	0.08	0.08	0.08
B ₂ O ₃ /ZrO ₂	0.28	0.00	0.28	0.00	0.64	0.28	0.28	0.36
Pb _{0.6} As _{0.2} Ce _{0.2} Th	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O+MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO +(Nb ₂ O ₅ +TiO ₂ +W ₃ O ₈)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O+ZrO ₂)	41.07	43.50	43.68	44.95	41.91	45.33	41.67	46.45
(SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +Nb ₂ O ₅ +TiO ₂ +W ₃ O ₈)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O+ZrO ₂)	2.92	2.10	2.46	2.54	2.36	2.82	2.11	2.39
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)/(Li ₂ O+Nb ₂ O ₅ +P ₂ O ₅)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.11	1.68	1.51	1.51	1.51	1.19	1.92	1.51
(SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅ +Nb ₂ O ₅)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	3.40	2.15	2.51	2.65	2.34	3.19	1.97	2.62
Nb ₂ O ₅ /ZrO ₂	2.38	2.02	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.04
((SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅)/(Nb ₂ O ₅ +TiO ₂ +W ₃ O ₈))/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	5.78	4.17	4.90	5.03	4.73	5.58	4.36	4.66
Nb ₂ O ₅ /B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅)/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.20	0.65	0.41	0.41	0.41	0.00	0.74	0.41
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)/(SiO ₂ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅) + Nb ₂ O ₅ /(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.50	1.12	0.81	0.79	0.84	0.31	1.24	0.79
再加热试验(平均数)	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	21	0
							0	266

[0274]

[表1]

[0275] (实施例2)

[0276] 使用在实施例1中制作的各光学玻璃、通过公知的方法制作透镜毛坯，通过研磨等公知方法对透镜毛坯进行加工，制作了各种透镜。

[0277] 制作的光学透镜为双凸透镜、双凹透镜、平凸透镜、平凹透镜、凹弯月透镜、凸弯月透镜等各种透镜。

[0278] 各种透镜通过与由其它种类的光学玻璃形成的透镜组合，可良好地补正二级的色差。

[0279] 另外，由于玻璃的比重比较低，因此各透镜与具有同等光学特性、大小的透镜相比重量小，可适宜用作各种摄像设备，特别是出于可节能的理由等，可适宜用作自动对焦式的摄像设备用。同样地，使用实施例1中制作的各种光学玻璃制作了棱镜。

[0280] 应该理解的是，本次公开的实施方式全部是示例性的，并不构成限制。本发明的范围由权利要求书、而不是上述的说明界定，旨在包括与权利要求等同的含义及范围内的全部变形。

[0281] 例如，通过对上述例示出的玻璃组成进行了说明书中记载的组成调整，可制作本发明的一个实施方式的光学玻璃。

[0282] 另外，当然可以将说明书中例示出的或作为优选的范围记载的事项中的2个以上任意组合。