



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 105837028 B

(45)授权公告日 2019.03.12

(21)申请号 201610208274.9

(22)申请日 2016.04.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105837028 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(66)本国优先权数据

201510167574.2 2015.04.10 CN

(73)专利权人 成都光明光电股份有限公司

地址 610100 四川省成都市龙泉驿区成龙大道三段359号

(72)发明人 孙伟

(74)专利代理机构 成都希盛知识产权代理有限公司

公司 51226

代理人 蒲敏

(51)Int.Cl.

G03C 3/068(2006.01)

G02B 1/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102272064 A, 2011.12.07, 说明书第44-55、217-246段、715-717段、第40页实施例1-17、第51页实施例3-6.

CN 104203852 A, 2014.12.10, 说明书第25页实施例17、第220-238段.

CN 103930383 A, 2014.07.16, 说明书第13页实施例1、第212-230段.

US 2013/0135714 A1, 2013.05.30, 全文.

审查员 陈志君

权利要求书2页 说明书17页

(54)发明名称

光学玻璃

(57)摘要

本发明提供了一种折射率 n_d 为1.78~1.95、阿贝数 v_d 为32~50的高折射低分散特性的光学玻璃,且玻璃组成中不含 GeO_2 ,不易失透。光学玻璃,以阳离子%表示,包括: Si^{4+} :1~20%; B^{3+} :25~60%; La^{3+} :10~40%; Y^{3+} :0~15%; Nb^{5+} :0~20%; Ti^{4+} :0~15%; Ta^{5+} :0~10%; W^{6+} :0~5%; Zr^{4+} :0~15%; Zn^{2+} :0~10%; Bi^{3+} :0~10%。本发明提供了透过率优良的光学玻璃,并且提供一种由所述光学玻璃形成的玻璃预制体和光学元件。根据上述光学玻璃以及由上述玻璃预制件或光学元件坯料制造的光学元件例如透镜等,能够用于光学系统。

1. 光学玻璃, 其特征在于, 以阳离子摩尔%表示, 包括:

Si^{4+} : 1~20%;

B^{3+} : 25~60%;

并且, Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为30~70%;

La^{3+} : 10~40%;

Y^{3+} : 2.8~15%;

La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为20~55%;

$(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2;

Nb^{5+} : 0~20%;

Ti^{4+} : 0~15%;

Ta^{5+} : 0~10%;

W^{6+} : 0~5%;

Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~20%;

$(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.876~1;

$(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.01~0.255;

$(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.02~0.6;

Zr^{4+} : 0~15%;

Zn^{2+} : 0~10%;

Bi^{3+} : 0~10%;

Gd^{3+} : 0~5.2%;

玻璃密度为5g/cm³以下。

2. 如权利要求1所述的光学玻璃, 其特征在于, 还包括:

Li^{+} 、 Na^{+} 和 K^{+} 的合计量小于10%;

和/或 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量小于10%。

3. 如权利要求1所述的光学玻璃, 其特征在于, 还包括,

Li^{+} 、 Na^{+} 和 K^{+} 的合计量小于5%;

和/或 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量小于5%。

4. 如权利要求1所述的光学玻璃, 其特征在于, 其中, Si^{4+} : 2~15%; 和/或 B^{3+} : 大于或等于25%但小于45%; 和/或 La^{3+} : 15~35%; 和/或 Y^{3+} : 2.8~13%; 和/或 Yb^{3+} : 0~10%; 和/或 Nb^{5+} : 0~15%; 和/或 Ti^{4+} : 1~8%; 和/或 Ta^{5+} : 0~7%; 和/或 Zr^{4+} : 0~10%; 和/或 Zn^{2+} : 0~5%; 和/或 Bi^{3+} : 0~6%; 和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为30~60%; 和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~50%; 和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~15%; 和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.02~0.255; 和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.03~0.5。

5. 如权利要求1所述的光学玻璃, 其特征在于, 其中, Si^{4+} : 5~13%; 和/或 B^{3+} : 大于或等于30%但小于45%; 和/或 La^{3+} : 20~35%; 和/或 Y^{3+} : 2.8~10%; 和/或 Gd^{3+} : 1~5.2%; 和/或 Yb^{3+} : 0~5%; 和/或 Nb^{5+} : 0.5~10%; 和/或 Ti^{4+} : 3~8%; 和/或 Zn^{2+} : 大于或等于0但小于1.1%; 和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为40~55%; 和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为30~50%; 和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为3~15%; 和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.9~1; 和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.03~0.255; 和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.03~0.5。

($\text{La}^{3+} + \text{Y}^{3+} + \text{Gd}^{3+} + \text{Yb}^{3+}$) 为 0.04~0.4。

6. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,其中, Gd^{3+} :2.5~5.2%;和/或 Ti^{4+} :3~7%。

7. 如权利要求1-6任一权利要求所述的光学玻璃,其特征在于,玻璃折射率 n_d 为1.85~1.95,阿贝数 v_d 为32~40;其玻璃透射比达到70%时对应的波长为420nm以下。

8. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,其中, Si^{4+} :2~15%;和/或 B^{3+} :45~60%;和/或 La^{3+} :15~35%;和/或 Y^{3+} :2.8~13%;和/或 Yb^{3+} :0~10%;和/或 Nb^{5+} :0~15%;和/或 Ti^{4+} :0~8%;和/或 Ta^{5+} :0~7%;和/或 Zr^{4+} :0~10%;和/或 Zn^{2+} :0~5%;和/或 Bi^{3+} :0~6%;和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为40~65%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~50%;和/或 $(\text{Si}^{4+} + \text{B}^{3+}) / (\text{La}^{3+} + \text{Y}^{3+} + \text{Gd}^{3+} + \text{Yb}^{3+})$ 为大于或等于1.5 但小于2;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~15%;和/或 $(\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Ta}^{5+} + \text{W}^{6+}) / (\text{Si}^{4+} + \text{B}^{3+})$ 为0.02~0.255;和/或 $(\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Ta}^{5+} + \text{W}^{6+}) / (\text{La}^{3+} + \text{Y}^{3+} + \text{Gd}^{3+} + \text{Yb}^{3+})$ 为0.03~0.5。

9. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,其中, Si^{4+} :5~13%;和/或 B^{3+} :45~55%;和/或 La^{3+} :20~35%;和/或 Y^{3+} :2.8~10%;和/或 Yb^{3+} :0~5%;和/或 Nb^{5+} :0.5~10%;和/或 Ti^{4+} :0~5%;和/或 Zn^{2+} :0.5~5%;和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为50~65%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~45%;和/或 $(\text{Si}^{4+} + \text{B}^{3+}) / (\text{La}^{3+} + \text{Y}^{3+} + \text{Gd}^{3+} + \text{Yb}^{3+})$ 为大于或等于1.7但小于2;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~8%;和/或 $(\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+}) / (\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Ta}^{5+} + \text{W}^{6+})$ 为0.9~1;和/或 $(\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Ta}^{5+} + \text{W}^{6+}) / (\text{Si}^{4+} + \text{B}^{3+})$ 为0.03~0.255;和/或 $(\text{Nb}^{5+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Ta}^{5+} + \text{W}^{6+}) / (\text{La}^{3+} + \text{Y}^{3+} + \text{Gd}^{3+} + \text{Yb}^{3+})$ 为0.04~0.4。

10. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,其中, Zn^{2+} :1.1~3%;和/或 Gd^{3+} :大于或等于0但小于2.5%;和/或 Ti^{4+} :大于或等于0但小于3%。

11. 如权利要求1-3、8-10任一权利要求所述的光学玻璃,其特征在于,玻璃折射率 n_d 为1.78~1.85,阿贝数 v_d 为40~50;其玻璃透射比达到80%时对应的波长为420nm以下。

12. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,其中,组成中不含 Ta^{5+} 。

13. 如权利要求1所述的光学玻璃,其特征在于,玻璃折射率 n_d 为1.78~1.95,阿贝数 v_d 为32~50,玻璃析晶上限温度为1250℃以下。

14. 玻璃预制件,其特征在于,由所述权利要求1-13项中任一权利要求所述的光学玻璃形成。

15. 光学元件,其特征在于,由所述权利要求1-13项中任一权利要求所述的光学玻璃形成。

光学玻璃

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有高折射率低色散特性的光学玻璃,以及由上述玻璃形成的压制成型用玻璃预制件和光学元件。

背景技术

[0002] 高折射率低色散光学玻璃能够修正色差,使光学系统小型化,因此近年来得到快速发展。特别是折射率 n_d 为1.78~1.95、阿贝数 v_d 为32~50的高折射率低色散光学玻璃,市场需求日益增大。

[0003] 这类光学玻璃通常采用的配方体系是铈硼酸盐玻璃体系,但如果作为网络形成体的 B_2O_3 和 SiO_2 的含量较高,可能导致光学玻璃的折射率 n_d 下降;但若配方体系中赋予玻璃高折射率的成分相对较多的话,又容易导致玻璃稳定性下降、在制造过程中失透等问题。同时,玻璃的低成本化是近年来玻璃改良的方向,以往制造中常常引入昂贵的原料 GeO_2 ,成本较高。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种折射率 n_d 为1.78~1.95、阿贝数 v_d 为32~50的高折射低分散特性的光学玻璃,且玻璃组成中不含 GeO_2 ,不易失透。

[0005] 本发明还要提供一种由上述光学玻璃形成的玻璃预制件和光学元件。

[0006] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是:光学玻璃,以阳离子%表示,包括:

[0007] Si^{4+} :1~20%;

[0008] B^{3+} :25~60%;

[0009] 并且, Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为30~70%;

[0010] La^{3+} :10~40%;

[0011] Y^{3+} :0~15%;

[0012] La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为20~55%;

[0013] $(Si^{4+}+B^{3+}) / (La^{3+}+Y^{3+}+Gd^{3+}+Yb^{3+})$ 为大于1但小于2.5;

[0014] Nb^{5+} :0~20%;

[0015] Ti^{4+} :0~15%;

[0016] Ta^{5+} :0~10%;

[0017] W^{6+} :0~5%;

[0018] Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~20%;

[0019] $(Nb^{5+}+Ti^{4+}) / (Nb^{5+}+Ti^{4+}+Ta^{5+}+W^{6+})$ 为0.7~1;

[0020] $(Nb^{5+}+Ti^{4+}+Ta^{5+}+W^{6+}) / (Si^{4+}+B^{3+})$ 为0.01~0.5;

[0021] $(Nb^{5+}+Ti^{4+}+Ta^{5+}+W^{6+}) / (La^{3+}+Y^{3+}+Gd^{3+}+Yb^{3+})$ 为0.02~0.6;

[0022] Zr^{4+} :0~15%;

[0023] Zn^{2+} :0~10%;

- [0024] Bi^{3+} : 0~10%。
- [0025] 进一步的,还包括:
- [0026] Li^+ 、 Na^+ 和 K^+ 的合计量小于10%;
- [0027] 和/或 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量小于10%。
- [0028] 进一步的,还包括,
- [0029] Li^+ 、 Na^+ 和 K^+ 的合计量小于5%;
- [0030] 和/或 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量小于5%。
- [0031] 进一步的,其中, Si^{4+} : 2~15%;和/或 B^{3+} : 25~45% (不含45%);和/或 La^{3+} : 15~35%;和/或 Y^{3+} : 0~13%;和/或 Gd^{3+} : 0~10%;和/或 Yb^{3+} : 0~10%;和/或 Nb^{5+} : 0~15%;和/或 Ti^{4+} : 1~8%;和/或 Ta^{5+} : 0~7%;和/或 Zr^{4+} : 0~10%;和/或 Zn^{2+} : 0~5%;和/或 Bi^{3+} : 0~6%;和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为30~60%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~50%;和/或 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2.2;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~15%;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.8~1;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.02~0.4;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.03~0.5。
- [0032] 进一步的,其中, Si^{4+} : 5~13%;和/或 B^{3+} : 30~45% (不含45%);和/或 La^{3+} : 20~35%;和/或 Y^{3+} : 0~10%;和/或 Gd^{3+} : 1~8%;和/或 Yb^{3+} : 0~5%;和/或 Nb^{5+} : 0.5~10%;和/或 Ti^{4+} : 3~8%;和/或 Zn^{2+} : 0~1.1% (不含1.1%);和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为40~55%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为30~50%;和/或 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为3~15%;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.9~1;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.03~0.35;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.04~0.4。
- [0033] 进一步的,其中, Gd^{3+} : 2.5~8%;和/或 Ti^{4+} : 3~7%。
- [0034] 进一步的,上述玻璃折射率 n_d 为1.85~1.95,阿贝数 v_d 为32~40;其玻璃透射比达到70%时对应的波长为420nm以下。
- [0035] 进一步的,其中, Si^{4+} : 2~15%;和/或 B^{3+} : 45~60%;和/或 La^{3+} : 15~35%;和/或 Y^{3+} : 0~13%;和/或 Gd^{3+} : 0~10%;和/或 Yb^{3+} : 0~10%;和/或 Nb^{5+} : 0~15%;和/或 Ti^{4+} : 0~8%;和/或 Ta^{5+} : 0~7%;和/或 Zr^{4+} : 0~10%;和/或 Zn^{2+} : 0~5%;和/或 Bi^{3+} : 0~6%;和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为40~65%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~50%;和/或 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于或等于1.5但小于2.5;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~15%;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.8~1;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.02~0.4;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.03~0.5。
- [0036] 进一步的,其中, Si^{4+} : 5~13%;和/或 B^{3+} : 45~55%;和/或 La^{3+} : 20~35%;和/或 Y^{3+} : 0~10%;和/或 Gd^{3+} : 0~8%;和/或 Yb^{3+} : 0~5%;和/或 Nb^{5+} : 0.5~10%;和/或 Ti^{4+} : 0~5%;和/或 Zn^{2+} : 0.5~5%;和/或 Si^{4+} 、 B^{3+} 的合计量为50~65%;和/或 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25~45%;和/或 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为1.7~2.3;和/或 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~8%;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.9~1;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.03~0.35;和/或 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.04~0.4。
- [0037] 进一步的,其中, Zn^{2+} : 1.1~3%;和/或 Gd^{3+} : 0~2.5% (不含2.5%);和/或 Ti^{4+} : 0~

3% (不含3%)。

[0038] 进一步的,上述玻璃折射率 n_d 为1.78~1.85,阿贝数 v_d 为40~50;其玻璃透射比达到80%时对应的波长为420nm以下。

[0039] 进一步的,其中,组成中不含 Ta^{5+} 。

[0040] 进一步的,上述玻璃折射率 n_d 为1.78~1.95,阿贝数 v_d 为32~50,玻璃密度为5g/cm³以下,玻璃析晶上限温度为1250℃以下。

[0041] 玻璃预制件,由上述的光学玻璃形成。

[0042] 光学元件,由上述的光学玻璃形成。

[0043] 发明的有益效果是:本发明提供一种折射率 n_d 为1.78~1.95、阿贝数 v_d 为32~50且透过率优良的光学玻璃,并且提供一种由所述光学玻璃形成的玻璃预制体和光学元件。根据上述光学玻璃以及由上述玻璃预制件或光学元件坯料制造的光学元件例如透镜等,能够用于光学系统。

具体实施方式

[0044] 为了达到本发明的目的,本发明人经过反复研究,发现具有特定的玻璃组成的光学玻璃能够达到本发明的目的。

[0045] 下面对本发明组成范围的限定理由进行说明,如果没有特殊说明,各成分的含量和合计量以阳离子%表示。所述含量和合计量均为摩尔含量。

[0046] Si^{4+} 是玻璃的网络形成阳离子,具有维持玻璃稳定性、维持适于熔融玻璃成形的粘性、改善化学耐久性等效果,但若 Si^{4+} 的含量低于1%,得不到上述效果;如果其含量超过20%,则难以实现期望的折射率和阿贝数,且玻璃难熔,失透加剧。因此,将 Si^{4+} 的含量限定为1~20%。进一步的, Si^{4+} 的含量优选的下限为2%,更优选的下限为5%;优选的上限为15%,更优选的上限为13%,更进一步优选的上限为12%。

[0047] B^{3+} 也是玻璃的网络形成阳离子,是玻璃低色散化且维持熔融性、降低液相温度以及提高玻璃稳定性的必需成分。如果其含量小于25%,则玻璃稳定性下降,并且无法得到上述效果;如果其含量超过60%,则难以满足期望的折射率,并且化学耐久性会恶化。因此,本发明的 B^{3+} 的含量为25~60%。进一步的, B^{3+} 的含量优选的下限为30%,更优选的下限为32%; B^{3+} 的含量优选的上限为55%,更优选的上限为48%。

[0048] 特别的,当 B^{3+} 含量为25~45%时,进一步的, B^{3+} 含量为30~45% (不含45%)时,能提高玻璃的化学稳定性和耐热性,且更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85~1.95,阿贝数 v_d 为32~40;当 B^{3+} 含量为45~60%时,进一步的, B^{3+} 含量为45~55%时,更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.78~1.85,阿贝数 v_d 为40~50。

[0049] 另外, B^{3+} 和 Si^{4+} 均是网络形成组分,从达到期望的折射率以及维持成玻璃性等方面出发,要使 B^{3+} 和 Si^{4+} 的总含量达到30%以上;但如果 B^{3+} 和 Si^{4+} 的总含量超过70%,则难以得到需要的光学特性,因此将 B^{3+} 和 Si^{4+} 的合计量限定为30~70%,优选范围为40~65%。

[0050] 特别的,当 B^{3+} 和 Si^{4+} 的合计量为30~60%时,进一步的, B^{3+} 和 Si^{4+} 的合计量为40~55%时,更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85~1.95,阿贝数 v_d 为32~40并提高玻璃的化学稳定性和耐热性;当 B^{3+} 和 Si^{4+} 的合计量为40~65%时,进一步的, B^{3+} 和 Si^{4+} 的合计量为50~65%时,更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.78~1.85,阿贝数 v_d 为40~50。

[0051] La^{3+} 是实现高折射率低分散特性的必需成分。如果其量小于10%，则难以得到期望的折射率；如果含量超过40%，则析晶上限温度上升，耐失透性恶化。因此， La^{3+} 的含量为10～40%。进一步的， La^{3+} 的含量优选的上限为35%，更优选的上限为30%； La^{3+} 的含量优选的下限为15%，更优选的下限为20%。

[0052] 本发明优选同时引入两种或两种以上稀土氧化物。本发明人发现，两种或两种以上稀土类阳离子共存，使玻璃组成中整体的稀土类阳离子增加，通过引入这些作用相类似的组份，实现高折射低色散的光学性能，同时还能更好地控制玻璃析晶。

[0053] Y^{3+} 与 La^{3+} 共存具有降低析晶上限温度、大幅度地改善耐失透性的作用，同时相对 Gd^{3+} 与 Ta^{3+} 而言，引入 Y^{3+} 玻璃透过率更优异。但如果 Y^{3+} 的含量超过15%，则析晶上限温度上升，耐失透性恶化。因此， Y^{3+} 的含量为0～15%。进一步的， Y^{3+} 的含量优选范围为0～13%，更优选的范围为0～10%。

[0054] Gd^{3+} 、 Yb^{3+} 也可以与 La^{3+} 共存而具有降低液相温度、大幅度地改善耐失透性、改善化学耐久性的作用。本发明人发现，从维持低色散性并且提高折射率以及改善耐失透性等方面出发， La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 以及 Yb^{3+} 合计量范围为20～55%，优选范围为25～45%。其中， Gd^{3+} 的含量范围为0～10%，优选范围为0～8%，更优选不加入。 Yb^{3+} 的含量范围为0～10%，优选0～5%，更优选不加入。

[0055] 特别的，当 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为25～50%时，进一步的，当 La^{3+} 、 Y^{3+} 、 Gd^{3+} 和 Yb^{3+} 的合计量为30～50%时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85～1.95，阿贝数 v_d 为32～40，其玻璃透射比达到70%时对应的波长为420nm以下。

[0056] 特别的，当 Gd^{3+} 的含量为1～8%时，进一步的，当 Gd^{3+} 的含量为2.5～8%时，能降低玻璃的液相温度、提高玻璃融液的成型性；当 Gd^{3+} 的含量为0～8%时，进一步的，当 Gd^{3+} 的含量为0～2.5%（不含2.5%）时，玻璃的耐失透性能更优异。

[0057] 另外，如果 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 不足1时，则玻璃的成玻璃性就会下降；但如果超过2.5，则难以维持需要的光学特性，因此 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2.5，优选为大于1但小于2.2，更优选为大于1但小于2。

[0058] 特别的，当 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2.2时，进一步的，当 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于1但小于2时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85～1.95，阿贝数 v_d 为32～40，其玻璃透射比达到70%时对应的波长为420nm以下；当 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为大于或等于1.5但小于2.5时，进一步的，当 $(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为1.7～2.3时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.78～1.85，阿贝数 v_d 为40～50，其玻璃透射比达到80%时对应的波长为420nm以下，并能有效改善玻璃的析晶性能。

[0059] 本发明为了在维持低色散性的同时提高玻璃的折射率，导入 La^{3+} 等稀土类组分作为玻璃组分。但是，如果仅通过稀土类组分提高折射率，则玻璃的热稳定性会显著下降， Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 、 W^{6+} 、 Zr^{4+} 和 Bi^{4+} 等组分具有提高折射率的作用，并且具有提高分散性的作用，因而需要含有 Nb^{5+} 、 Ta^{5+} 、 Ti^{4+} 、 W^{6+} 、 Zr^{4+} 和 Bi^{4+} 中至少一种及一种以上的组分。

[0060] Nb^{5+} 具有提高折射率、降低玻璃析晶上限温度、改善耐失透性的作用，同时通过与作为玻璃组分的 La^{3+} 共存来改善玻璃的热稳定性。如果 Nb^{5+} 的含量超过20%，则玻璃析晶上限温度会上升，耐失透性会恶化，难以实现期望的阿贝数，此外玻璃的着色也会增强。因此， Nb^{5+} 的含量范围为0～20%，优选为0～15%，更优选为0.5～10%。

[0061] Ti^{4+} 也具有提高折射率、改善化学耐久性和耐失透性的作用。如果 Ti^{4+} 的含量超过15%，则玻璃转变温度或析晶上限温度会上升，模压成型性能变差，同时显示出玻璃着色的倾向。因此， Ti^{4+} 的含量范围为0~15%，优选为0~8%。

[0062] 尤其是，当折射率 n_d 大于1.85时， Ti^{4+} 的含量优选1~8%，更优选3~8%，进一步优选3~7%；当折射率 n_d 小于1.85时， Ti^{4+} 的含量优选为0~8%，更优选0~5%，进一步优选0~3%（不含3%），更进一步优选为不加入。

[0063] Ta^{5+} 具有实现高折射率低色散、提高玻璃稳定性的作用。但是， Ta^{5+} 是昂贵的成分，并且如果其含量超过10%，则析晶上限温度会上升，耐失透性会下降。因此， Ta^{5+} 的含量范围为0~10%，优选为0~7%，更优选不加入。

[0064] W^{6+} 可提高折射率，降低析晶上限温度，但如果 W^{6+} 的含量超过5%，则会显示出模压成形性下降并且玻璃着色的倾向。因此， W^{6+} 的含量范围为0~5%。

[0065] 并且，在 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 、 W^{6+} 等提高玻璃折射率的组分中，相对来说， Nb^{5+} 不易引起与模压成形模具的氧化还原反应，不易带来玻璃与模压成形模具的熔结、玻璃表面的雾化和损坏等缺陷。另外，如果 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 以及 W^{6+} 的合计量超过20%，则难以维持需要的光学特性和成玻璃性。因此 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 和 W^{6+} 的合计量为0~20%，优选为0~15%，进一步优选仅引入 Nb^{5+} 。

[0066] 特别的，当 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 以及 W^{6+} 的合计量为3~15%时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85~1.95，阿贝数 v_d 为32~40，其玻璃透射比达到70%时对应的波长为420nm以下；当 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 、 Ta^{5+} 以及 W^{6+} 的合计量为0~8%时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.78~1.85，阿贝数 v_d 为40~50，其玻璃透射比达到80%时对应的波长为420nm以下，同时能有效降低玻璃的析晶上限温度。

[0067] 控制 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.7~1，可实现光学特性和玻璃的热稳定性，以及不易引起与模压成形模具的氧化还原反应。更优选 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.8~1，进一步优选 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+})/(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})$ 为0.9~1。

[0068] 另外，为了在维持成玻璃性的同时实现需要的光学特性，控制 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{Si}^{4+}+\text{B}^{3+})$ 为0.01~0.5，优选为0.02~0.4，更优选为0.03~0.35；控制 $(\text{Nb}^{5+}+\text{Ti}^{4+}+\text{Ta}^{5+}+\text{W}^{6+})/(\text{La}^{3+}+\text{Y}^{3+}+\text{Gd}^{3+}+\text{Yb}^{3+})$ 为0.02~0.6，优选0.03~0.5，更优选为0.04~0.4。

[0069] Zr^{4+} 也是具有提高折射率的作用的组分。如果 Zr^{4+} 的含量超过15%，则会显示出玻璃难熔，成玻璃性变差，析晶上限温度上升的倾向。因此，将 Zr^{4+} 的含量范围限定为0~15%，优选为0~10%。

[0070] Zn^{2+} 具有使玻璃熔融温度或转变温度降低的作用。但在本发明中，如果其含量超过10%，则折射率会降低，玻璃的化学耐久性会降低，因而， Zn^{2+} 的含量范围为0~10%，优选为0~5%，更优选不含 Zn^{2+} 。

[0071] 特别的，当 Zn^{2+} 的含量为0~1.1%（不含1.1%）时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.85~1.95，阿贝数 v_d 为32~40；当 Zn^{2+} 的含量为0.5~5%时，进一步的，当 Zn^{2+} 的含量为1.1~3%时，更有利于玻璃得到折射率 n_d 为1.78~1.85，阿贝数 v_d 为40~50，并且有利于降低玻璃的高温粘度和膨胀系数。 Bi^{3+} 具有提高折射率和玻璃稳定性的作用，但其色散高，如果其含量超过10%，则实现不了所述的阿贝数，可见区域中的光线透射率会下降。因此， Bi^{3+} 的含量范围为0~10%，优选范围为0~6%，更优选为不含 Bi^{3+} 。

[0072] Li^+ 、 Na^+ 和 K^+ 是改善玻璃熔融性、降低玻璃转变温度的任意成分。如果 Li^+ 、 Na^+ 和 K^+ 的总含量超过10%，则难以实现期望的折射率，并且玻璃稳定性和化学耐久性也会下降，因此， Li^+ 、 Na^+ 和 K^+ 的合计量小于10%，优选小于5%，更优选不含有。

[0073] Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 具有改善玻璃的熔融性、降低玻璃转变温度的作用。但是，如果 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量超过10%，则玻璃耐失透性恶化，折射率下降，化学耐久性也会恶化。因此， Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Sr^{2+} 的合计量小于10%，优选小于5%，更优选不含有。

[0074] 本发明的光学玻璃是氧化物玻璃，实际上阴离子成分由 O^{2-} 构成。如上所述，作为澄清剂也可以添加少量的 Cl^- 、 F^- ，但是 O^{2-} 的含量优选大于或等于98阴离子%，更优选大于或等于99阴离子%，进一步优选大于或等于99.5阴离子%，最优选为100阴离子%。

[0075] 本发明的光学玻璃的折射率 n_d 范围为1.78~1.95。当高折射率化优先时，优选范围为折射率 n_d 的下限为1.80；当从维持玻璃稳定性出发，优选范围为折射率的上限为1.92。

[0076] 本发明的光学玻璃的阿贝数 v_d 为32~50。当与高分散玻璃制成的透镜组合来修正色差时，阿贝数 v_d 大些是有利的。从这样的观点出发，阿贝数 v_d 优选的下限为35，另一方面，缓和阿贝数 v_d 的上限在维持和提高玻璃稳定性方面会发挥有利作用。从这样的观点出发，阿贝数 v_d 优选的上限为48。

[0077] 下面，对本发明的光学玻璃的光线透射性进行说明。

[0078] 在本发明的光学玻璃中，玻璃 n_d 大于或等于1.85时，其玻璃透射比达到70%时对应的波长(λ_{70})小于或等于420nm；当玻璃 n_d 小于1.85时，其玻璃透射比达到80%时对应的波长(λ_{80})小于或等于420nm。

[0079] 在本发明中， λ_{70} 优选小于或等于410nm，再优选为小于或等于400nm，更优选为小于或等于390nm。

[0080] 在本发明中， λ_{80} 优选小于或等于410nm，再优选为小于或等于400nm，更优选为小于或等于390nm。

[0081] 上述 λ_{70} 或 λ_{80} 是在280~700nm的波长范围内光线透射率为70%或80%的波长。这里，光线透射率是使用具有研磨成 $10.0 \pm 0.1\text{mm}$ 的厚度的彼此平行的面的玻璃样品，从与所述研磨的面垂直方向的入射光而得到的分光透射率。分光透射率也包含样品表面上的光的反射损失。另外，上述研磨意味着相对于测定波长域的波长、表面粗度被平滑化为足够小的状态。

[0082] 本发明光学玻璃的析晶上限温度优选范围为小于或等于1250℃，更优选范围为小于或等于1200℃，进一步优选范围为小于或等于1150℃，最优选范围为小于或等于1100℃。

[0083] 本发明光学玻璃的密度 ρ 优选范围为小于或等于5g/cm³，更优选范围为小于或等于4.95g/cm³，进一步优选范围为小于或等于4.8g/cm³，更进一步优选范围为小于或等于4.5g/cm³，最优选范围为小于或等于4.3g/cm³。

[0084] 下面，对本发明的光学玻璃的制造方法进行说明。

[0085] 与目标的玻璃组成相对应地称量粉体状的化合物原料或碎玻璃原料，进行调和，在供应至铂合金制的熔融容器内之后，对其进行加热、熔融。在完全熔融上述原料并进行玻璃化之后，使该熔融玻璃的温度上升并进行澄清。通过搅拌器的搅拌使澄清后的熔融玻璃进行均匀化，并连续供应给玻璃流出管道而流出，进行急冷、固化，得到玻璃成形体。

[0086] 另外，从得到均匀、低着色并且包含光学特性在内的诸特性稳定的玻璃方面出发，

优选光学玻璃的熔融温度为1300~1450℃的范围。

[0087] 本发明的玻璃预制件、光学元件由本发明的光学玻璃形成。本发明的玻璃预制件、光学元件具有高折射率低分散特性,不含Ge等昂贵的成分,因此能够以低成本提供光学价值高的各种透镜、棱镜等光学元件。

[0088] 实施例

[0089] 下面通过实施例来进一步详细说明本发明的技术方案,但是本发明不被这些实施例所限定。通过参考以下实施例并应用上述各玻璃成分的含量的调整法,而能够得到本发明的光学玻璃。

[0090] 首先,为了得到具有表1~9所示的组成(以阳离子%来表示)的氧化物玻璃,使用硝酸盐、碳酸盐、硫酸盐、氢氧化物、氧化物、硼酸等原料,称量各原料粉末,进行充分混合,成为调合原料,将该调合原料放入到铂制坩锅中,以1300-1450℃进行加热、熔融、澄清、搅拌,而成为均匀的熔融玻璃。将该熔融玻璃流入到预热过的铸模中,进行急冷,在玻璃转变温度附近的温度下保持两个小时之后,进行缓冷,从而得到实施例1~16的各光学玻璃。

[0091] 另外,实施例1~72的阴离子成分全部是 O^{2-} 。各玻璃的特性通过以下所示的方法进行测定。

[0092] (1) 折射率 n_d 和阿贝数 v_d

[0093] 折射率与阿贝数按照《GB/T 7962.1—1987无色光学玻璃测试方法折射率和色散系数》测试。

[0094] (2) 玻璃着色度(λ_{70} 、 λ_{80})

[0095] 光学玻璃短波透射光谱特性用着色度表示。将玻璃制作成 $10\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 厚度的样品,当玻璃 n_d 大于或等于1.85时,测试其玻璃透射比达到70%时对应的波长(λ_{70});当玻璃 n_d 小于1.85时,测试其玻璃透射比达到80%时对应的波长(λ_{80})。

[0096] (3) 玻璃密度(ρ)

[0097] 密度(ρ)按照《GB/T 7962.20—1987无色光学玻璃测试方法密度测试方法》测试。

[0098] (4) 玻璃析晶上限温度

[0099] 采用梯温炉法测定玻璃的析晶性能,将玻璃制成 $180 \times 10 \times 10\text{mm}$ 的样品,侧面抛光,放入带有温度梯度的炉内保温4小时后取出,在显微镜下观察析晶情况,玻璃出现晶体对应的最高温度即为玻璃的析晶上限温度。

[0100] 表1

[0101]

阳离子	实施例 1-8							
	1	2	3	4	5	6	7	8
B^{3+}	30.1	48.9	55.6	32.9	35.7	45.9	47.2	53.5
Si^{4+}	14.4	7.8	6.4	12.8	10.3	8.3	5.8	7.6
$B^{3+}+Si^{4+}$	44.5	56.7	62	45.7	46	54.2	53	61.1
La^{3+}	30.7	22.9	18.8	34.7	25.5	24.8	30.6	22.5
Y^{3+}	4.7	8.6	7.1	3.4	8.5	7.8	4.4	8.6
Gd^{3+}	6	0	0	0	4.8	0	0	0
Yb^{3+}	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣLn^{3+}	41.4	31.5	25.9	38.1	38.8	32.6	35	31.1
$(B^{3+}+Si^{4+})/\Sigma Ln^{3+}$	1.07	1.8	2.39	1.19	1.19	1.66	1.51	1.96
Nb^{5+}	3.8	4.9	4.7	9.1	6.5	3.3	5.5	1.9

[0102]

Ti^{4+}	5.7	0	0	7.0	4.3	0	3.1	0
Ta^{5+}	0	0	0	0	0	0	0	0
W^{6+}	0	0	2.0	0	0	0	0	0
ΣHR	9.5	4.9	6.7	16.1	10.8	3.3	8.6	1.9
$(Nb^{5+}+Ti^{4+})/\Sigma HR$	1	1	0.7	1	1	1	1	1
$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.21	0.08	0.1	0.35	0.23	0.06	0.16	0.03
$\Sigma HR/\Sigma Ln^{3+}$	0.23	0.16	0.25	0.42	0.27	0.1	0.24	0.06
Zr^{4+}	4.6	5.2	2.9	0.1	4.4	6.9	3.4	4.8
Zn^{2+}	0	1.7	2.5	0	0	3	0	1.1
Bi^{3+}	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^+	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^{2+}	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.910	1.835	1.810	1.904	1.901	1.830	1.831	1.804
vd	35.7	42.7	45.9	37.8	37.1	43.1	43.2	46.6
ρ (g/cm ³)	5.0	4.57	4.45	4.9	4.95	4.59	4.63	4.49
λ_{70} (nm)	400			395	390			
λ_{80} (nm)		400	395			405	410	390
析晶上限温度 (°C)	1250	1190	1140	1200	1230	1180	1150	1140

[0103] 表2

[0104]

阳离子	实施例 9-16							
	9	10	11	12	13	14	15	16
B^{3+}	40.2	52.1	51.6	34.6	36.3	46.8	40.2	54.5
Si^{4+}	8.3	4.6	8.4	7.9	9.3	5.3	4.7	6.6
$B^{3+}+Si^{4+}$	48.5	56.7	60	42.5	45.6	52.1	44.9	61.1
La^{3+}	27.4	18.8	23.8	35.3	28.5	30.1	39.8	25.1
Y^{3+}	9.1	10.6	7.5	3.4	8.1	3.9	4.4	4.6
Gd^{3+}	2.5	0	0	0	1.9	0	0	0
Yb^{3+}	0	0	0	0	0	2	0	0
ΣLn^{3+}	39	29.4	31.3	38.7	38.5	36	44.2	29.7
$(B^{3+}+Si^{4+})/\Sigma Ln^{3+}$	1.24	1.92	1.91	1.09	1.18	1.44	1.01	2.05
Nb^{5+}	4.8	6.9	3.1	9.7	7.4	3.4	5	2.8
Ti^{4+}	1.2	0	0	3.0	5.3	0	4	0
Ta^{5+}	0	0	0	0	0	0.5	0	0
W^{6+}	0	0	0	0	0	0.2	0	0
ΣHR	6	6.9	3.1	12.7	12.7	4.1	9	2.8
$(Nb^{5+}+Ti^{4+})/\Sigma HR$	1	1	1	1	1	0.82	1	1

[0105]

$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.12	0.12	0.05	0.29	0.27	0.07	0.2	0.04
$\Sigma HR/\Sigma Ln^{3+}$	0.15	0.23	0.1	0.32	0.32	0.11	0.2	0.09
Zr^{4+}	5.1	6.3	4.4	5.1	3.2	7.1	1.9	2.7
Zn^{2+}	0	0.7	1.2	0	0	0.7	0	2.7
Bi^{3+}	0	0	0	1	0	0	0	0
ΣR^{+}	0	0	0	0	0	1	0	0
ΣR^{2+}	1.4	0	0	0	0	0	0	1
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.910	1.831	1.807	1.902	1.902	1.805	1.910	1.807
vd	35.4	42.5	45.9	37.1	37.0	46.1	35.4	46.5
ρ (g/cm ³)	4.9	4.61	4.47	4.85	4.95	4.50	5.0	4.48
λ_{70} (nm)	400			395	390		390	
λ_{80} (nm)		390	400			395		390
析晶上限温度 (°C)	1220	1190	1180	1250	1200	1150	1200	1160

[0106] 表3

[0107]

阳离子	实施例 17—24							
	17	18	19	20	21	22	23	24
B ³⁺	34.6	37.2	31.7	34.5	28.7	38.5	40.7	33.7
Si ⁴⁺	11.5	7.1	15.4	9.4	17.6	12.5	17.2	8.4
La ³⁺	26.4	23.7	20.6	25.6	22.1	19.4	15.9	30
Y ³⁺	8.2	6.4	2.8	7.2	8.5	5.2	12.4	3.8
Gd ³⁺	3.6	5.2	7.2	4.3	4.7	6.1	1.5	2.3
Yb ³⁺	1.7	0	0	0	0.1	2.4	0	0
Nb ⁵⁺	4.6	3.7	2.5	5.8	8.2	6.6	9.4	10.5
Ti ⁴⁺	3.7	5.7	10.2	6.7	5.4	7.3	2.2	4.9
Ta ⁵⁺	0	0	1.4	0	0	0.2	0	0
W ⁶⁺	2.3	3.8	0	0	0	0.3	0	0
Zr ⁴⁺	2.7	4.6	8.2	5.3	3.2	1.5	0	6.4
Zn ²⁺	0	0	0	1.2	0	0	0.7	0
Bi ³⁺	0	1.4	0	0	0.7	0	0	0
ΣR^+	0.7	0	0	0	0.5	0	0	0
ΣR^{2+}	0	1.2	0	0	0.3	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.911	1.906	1.892	1.914	1.908	1.872	1.869	1.924
vd	35.2	37.4	33.5	36.4	33.4	38.1	38.5	37.2
ρ (g/cm ³)	4.82	4.95	5.0	4.92	4.85	4.93	4.84	4.91
λ_{70} (nm)	405	408	410	400	396	401	392	395
λ_{80} (nm)								

[0108]

析晶上限温度 (°C)	1220	1230	1225	1230	1235	1240	1225	1230
B ³⁺ +Si ⁴⁺	46.1	44.3	47.1	43.9	46.3	51	57.9	42.1
ΣLn^{3+}	39.9	35.3	30.6	37.1	35.4	33.1	29.8	36.1
(B ³⁺ +Si ⁴⁺)/ ΣLn^{3+}	1.155	1.255	1.539	1.183	1.308	1.541	1.943	1.166
ΣHR	10.6	13.2	14.1	12.5	13.6	14.4	11.6	15.4
(Nb ⁵⁺ + Ti ⁴⁺)/ ΣHR	0.783	0.712	0.901	1	1	0.965	1	1
$\Sigma \text{HR} / (\text{B}^{3+}+\text{Si}^{4+})$	0.23	0.298	0.299	0.285	0.294	0.282	0.200	0.366
$\Sigma \text{HR}/\Sigma \text{Ln}^{3+}$	0.266	0.374	0.461	0.337	0.384	0.435	0.389	0.427

[0109] 表4

[0110]

阳离子	实施例 25—32							
	25	26	27	28	29	30	31	32
B^{3+}	27.4	33.1	35.8	30.1	32.3	40.2	36.2	28.6
Si^{4+}	16.2	10.3	11.4	10.2	15.8	8	7.3	11.5
La^{3+}	15.4	17.1	24.5	13.4	22.1	27.1	18.8	24.5
Y^{3+}	13.2	4.3	8.6	11.5	6.1	0	9.2	7.1
Gd^{3+}	3.7	8.2	5.3	7.4	4.5	2.6	6.5	4
Yb^{3+}	1.1	0	0	0	0.4	0	0.5	0
Nb^{5+}	15.2	12.4	5.7	0.7	6.9	10.2	0	5.8
Ti^{4+}	0	1.7	5.1	13.1	5.7	6.7	13.3	6.4
Ta^{5+}	0.5	0	0	0	0	0	0	0
W^{6+}	0	0	0	0.6	0	0	0	0
Zr^{4+}	7.3	9.1	3.6	10.5	6.2	5.2	8.2	12.1
Zn^{2+}	0	0	0	0	0	0	0	0
Bi^{3+}	0	1.3	0	0.4	0	0	0	0
ΣR^+	0	0	0	2.1	0	0	0	0
ΣR^{2+}	0	2.5	0	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.876	1.895	1.910	1.875	1.904	1.911	1.892	1.912
vd	33.5	35.6	37.1	36.2	35.8	38.2	37.6	33.4
ρ (g/cm ³)	4.89	4.90	4.93	4.80	4.89	5.00	4.92	4.93
λ_{70} (nm)	390	392	398	410	395	394	412	398
λ_{80} (nm)								
析晶上限温度 (°C)	1210	1220	1215	1230	1200	1215	1205	1215

[0111]

$B^{3+}+Si^{4+}$	43.6	43.4	47.2	40.3	48.1	48.2	43.5	40.1
ΣLn^{3+}	33.4	29.6	38.4	32.3	33.1	29.7	35	35.6
$(B^{3+}+Si^{4+})/\Sigma Ln^{3+}$	1.305	1.466	1.229	1.248	1.453	1.623	1.243	1.126
ΣHR	15.7	14.1	10.8	14.4	12.6	16.9	13.3	12.2
$(Nb^{5+}+Ti^{4+})/\Sigma HR$	0.968	1	1	0.958	1	1	1	1
$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.360	0.325	0.229	0.357	0.262	0.351	0.306	0.304
$\Sigma HR/\Sigma Ln^{3+}$	0.470	0.476	0.281	0.446	0.381	0.569	0.38	0.343

[0112] 表5

[0113]

阳离子	实施例 33—40							
	33	34	35	36	37	38	39	40
B ³⁺	34.7	35.9	41.6	34.6	42.8	38.8	35.7	35.7
Si ⁴⁺	11.2	5.7	9	10.8	8.4	18.2	12.4	11.7
La ³⁺	23.6	27.3	21.1	26.2	33.4	18.3	20.6	23.6
Y ³⁺	7.8	2.5	5.1	9.1	3.5	14.2	11.5	7.4
Gd ³⁺	5.5	5.1	7.3	3.8	4.3	3.3	6.2	5.7
Yb ³⁺	0.3	3.4	0	0	0	0	0	0.5
Nb ⁵⁺	7.9	5.4	6.6	5.9	2.4	2.6	0.8	6.7
Ti ⁴⁺	3.8	2.6	6.7	5.1	1.6	3.2	1.6	4.2
Ta ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
W ⁶⁺	0	2.1	0	0	0	0	0	0
Zr ⁴⁺	5.2	7.2	2.6	4.2	3.6	1.4	11.2	4.5
Zn ²⁺	0	0.6	0	0	0	0	0	0
Bi ³⁺	0	0	0	0.3	0	0	0	0
ΣR ⁺	0	0.7	0	0	0	0	0	0
ΣR ²⁺	0	1.5	0	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.912	1.908	1.901	1.913	1.932	1.872	1.900	1.901
vd	37.0	36.8	38.4	36.8	38.5	37.4	37.1	37.1
ρ (g/cm ³)	4.92	4.89	4.91	4.93	4.92	4.92	5.00	4.89
λ ₇₀ (nm)	390	395	397	396	391	394	391	393
λ ₈₀ (nm)								
析晶上限温度 (°C)	1220	1215	1230	1220	1230	1210	1205	1210
B ³⁺ +Si ⁴⁺	45.9	41.6	50.6	45.4	51.2	57	48.1	47.4
ΣLn ³⁺	37.2	38.3	33.5	39.1	41.2	35.8	38.3	37.2

[0114]

(B ³⁺ +Si ⁴⁺)/ΣLn ³⁺	1.234	1.087	1.510	1.161	1.243	1.592	1.256	1.274
ΣHR	11.7	10.1	13.3	11	4	5.8	2.4	10.9
(Nb ⁵⁺ +Ti ⁴⁺)/ΣHR	1	0.792	1	1	1	1	1	1
ΣHR / (B ³⁺ +Si ⁴⁺)	0.255	0.243	0.263	0.242	0.0781	0.102	0.05	0.23
ΣHR/ΣLn ³⁺	0.315	0.264	0.397	0.281	0.097	0.162	0.063	0.293

[0115] 表6

[0116]

阳离子	实施例 41—48							
	41	42	43	44	45	46	47	48
B ³⁺	43.1	38.5	34.5	37.7	35.7	50.4	45.5	46.1
Si ⁴⁺	17.6	18.3	11.2	5.2	11.1	7.1	2.6	11.2
La ³⁺	14.7	24.3	24.9	14.3	25.5	22.4	18.2	18.4
Y ³⁺	3.2	4.1	7.5	13.2	8	8.4	7.1	4.5
Gd ³⁺	6.6	4.9	6.3	7.5	4.6	0	0	2.3
Yb ³⁺	3.2	0	0	0	0	0	0	2.1
Nb ⁵⁺	2.7	1.5	6.2	7.8	5.8	5.2	12.4	4.5
Ti ⁴⁺	1.4	2.1	4.7	6	3.2	0	0	0.4
Ta ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0.6	0
W ⁶⁺	0	0	0.5	0	0	0	1.5	0
Zr ⁴⁺	1.2	2.6	4.2	8.3	6.1	4.9	9.1	3.2
Zn ²⁺	0	0	0	0	0	1.6	2.7	4.4
Bi ³⁺	2.2	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^+	0	3.7	0	0	0	0	0	0.8
ΣR^{2+}	4.1	0	0	0	0	0	0.3	2.1
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.881	1.902	1.910	1.875	1.905	1.834	1.815	1.820
vd	38.8	37.5	36.7	37.2	37.1	42.6	43.8	43.3
ρ (g/cm ³)	4.95	4.91	4.93	4.92	4.90	4.52	4.45	4.51
λ_{70} (nm)	392	393	395	397	393			
λ_{80} (nm)						395	394	390
析晶上限温度 (°C)	1205	1210	1220	1215	1210	1135	1140	1155
B ³⁺ +Si ⁴⁺	60.7	56.8	45.7	42.9	46.8	57.5	48.1	57.3
ΣLn^{3+}	27.7	33.3	38.7	35	38.1	30.8	25.3	27.3
(B ³⁺ +Si ⁴⁺)/ ΣLn^{3+}	2.191	1.706	1.181	1.226	1.228	1.867	1.901	2.099

[0117]

ΣHR	4.1	3.6	11.4	13.8	9	5.2	14.5	4.9
(Nb ⁵⁺ + Ti ⁴⁺)/ ΣHR	1	1	0.956	1	1	1	0.855	1
$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.068	0.063	0.25	0.322	0.192	0.090	0.302	0.086
$\Sigma HR/\Sigma Ln^{3+}$	0.148	0.108	0.295	0.394	0.236	0.169	0.573	0.18

[0118] 表7

[0119]

阳离子	实施例 49—56							
	49	50	51	52	53	54	55	56
B^{3+}	52.1	56.4	48.1	46.2	57.1	45.6	47.2	49.6
Si^{4+}	3.4	2	6.4	10.2	4.2	12.2	5.2	7.2
La^{3+}	16.3	20.1	18.3	17.2	22.6	15.9	30	19.2
Y^{3+}	12.5	4.3	6.5	9.4	7.3	8.4	0	11.4
Gd^{3+}	0	1.5	0	0	0	2	0	0
Yb^{3+}	1.2	0	0	0	0	3.3	4.7	0
Nb^{5+}	8.2	6.7	10.5	2.5	3.5	0	4.4	5.7
Ti^{4+}	0	1.1	0	0	0	2.1	0	0
Ta^{5+}	0	0.6	0	0	0	0.6	0	0
W^{6+}	0	2.5	0	0	0	0	0	0
Zr^{4+}	1.5	2.6	8.2	10.4	4.1	6.3	7.2	5.4
Zn^{2+}	3.3	1.4	2	4.1	1.2	1.6	1.3	1.5
Bi^{3+}	1.5	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^+	0	0.8	0	0	0	0.6	0	0
ΣR^{2+}	0	0	0	0	0	1.4	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.804	1.793	1.832	1.830	1.791	1.817	1.841	1.832
vd	48.5	47.6	41.6	42.5	46.3	46.5	41.9	42.3
ρ (g/cm ³)	4.66	4.35	4.48	4.51	4.62	4.50	4.47	4.60
λ_{70} (nm)								
λ_{80} (nm)	389	412	391	393	390	398	390	390
析晶上限温度 (°C)	1120	1130	1125	1110	1150	1160	1145	1105
$B^{3+}+Si^{4+}$	55.5	58.4	54.5	56.4	61.3	57.8	52.4	56.8
ΣLn^{3+}	30	25.9	24.8	26.6	29.9	29.6	34.7	30.6
$(B^{3+}+Si^{4+})/\Sigma Ln^{3+}$	1.85	2.2548	2.1976	2.1203	2.0502	1.9527	1.5101	1.8562
ΣHR	8.2	10.9	10.5	2.5	3.5	2.7	4.4	5.7

[0120]

$(Nb^{5+}+Ti^{4+})/\Sigma HR$	1	0.716	1	1	1	0.778	1	1
$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.148	0.187	0.193	0.044	0.057	0.047	0.084	0.100
$\Sigma HR/\Sigma Ln^{3+}$	0.273	0.421	0.423	0.094	0.117	0.091	0.127	0.186

[0121] 表8

[0122]

阳离子	实施例 57—64							
	57	58	59	60	61	62	63	64
B ³⁺	49.6	50.5	54.8	45.3	47.1	41.2	51.5	55.3
Si ⁴⁺	2.8	6.2	6.2	5.5	9.3	7.3	7.8	5.1
La ³⁺	26.7	21.3	16.6	18.2	24.1	22.4	23.4	15.6
Y ³⁺	13.5	6.3	10.5	7.6	8.3	7.6	9.3	11.4
Gd ³⁺	0	0	0	0	0	1.5	0	0
Yb ³⁺	0	1.1	0	0	0	0	0	0
Nb ⁵⁺	1.8	5.2	7.1	8.3	4.2	6.8	2.7	3.5
Ti ⁴⁺	0	1.2	0	1.4	0	0	0	0
Ta ⁵⁺	0	0	0	2.5	0	0	0	0
W ⁶⁺	0	0.4	0	0	0	0	0	0
Zr ⁴⁺	1.5	6.3	3.5	8.5	5.3	9.4	4.5	7.6
Zn ²⁺	4.1	1.5	1.3	2.7	1.7	2.2	0.8	1.5
Bi ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^+	0	0	0	0	0	1.6	0	0
ΣR^{2+}	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.833	1.832	1.806	1.835	1.840	1.820	1.836	1.801
vd	42.6	43.5	47.1	42.5	41.6	42.5	43.0	48.2
ρ (g/cm ³)	4.54	4.62	4.55	4.58	4.50	4.28	4.58	4.47
λ_{70} (nm)								
λ_{80} (nm)	394	403	398	401	396	394	395	390
析晶上限温度 (°C)	1130	1135	1120	1140	1135	1120	1125	1115
B ³⁺ +Si ⁴⁺	52.4	56.7	61	50.8	56.4	48.5	59.3	60.4
ΣLn^{3+}	40.2	28.7	27.1	25.8	32.4	31.5	32.7	27
(B ³⁺ +Si ⁴⁺)/ ΣLn^{3+}	1.304	1.976	2.251	1.969	1.741	1.54	1.814	2.237
ΣHR	1.8	6.8	7.1	12.2	4.2	6.8	2.7	3.5
(Nb ⁵⁺ +Ti ⁴⁺)/ ΣHR	1	0.941	1	0.795	1	1	1	1

[0123]

$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.034	0.12	0.116	0.240	0.075	0.140	0.046	0.058
$\Sigma HR / \Sigma Ln^{3+}$	0.045	0.237	0.262	0.473	0.13	0.216	0.083	0.13

[0124] 表9

[0125]

阳离子	实施例 65—72							
	65	66	67	68	69	70	71	72
B ³⁺	45	48.9	47.2	52.3	53.5	47.5	55.2	42.9
Si ⁴⁺	5.2	3.2	2	7.2	6.8	8.2	4.5	14.2
La ³⁺	20.7	24.5	27.4	21.4	22.1	23.4	19.5	18.8
Y ³⁺	10.8	11.1	5.8	8.1	6.8	9.7	7.4	8
Gd ³⁺	1.4	0	0	0	0	0	0	0
Yb ³⁺	0	0	0	0	1.8	0	0	1.2
Nb ⁵⁺	6.3	4.7	9.2	4.8	7.2	5.7	6.5	3.8
Ti ⁴⁺	1.2	0	0	0	0	0	0	0.7
Ta ⁵⁺	0	0	1.3	0	0	0	0	0
W ⁶⁺	0.6	0	0	0	0	0	0	0.3
Zr ⁴⁺	3.7	6.2	4.9	4.2	0	5.5	5.3	8.2
Zn ²⁺	1.6	1.4	2.2	2	1.3	0	1.6	1.9
Bi ³⁺	0	0	0	0	0.5	0	0	0
ΣR^+	2.2	0	0	0	0	0	0	0
ΣR^{2+}	1.3	0	0	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
nd	1.835	1.840	1.822	1.816	1.825	1.837	1.792	1.820
vd	41.6	42.5	43.5	47.2	42.2	43.1	47.5	45.8
ρ (g/cm ³)	4.29	4.38	4.41	4.51	4.56	4.60	4.55	4.47
λ_{70} (nm)								
λ_{80} (nm)	400	398	396	395	397	396	398	399
析晶上限温度 (°C)	1120	1130	1120	1150	1110	1135	1130	1120
B ³⁺ +Si ⁴⁺	50.2	52.1	49.2	59.5	60.3	55.7	59.7	57.1
ΣLn^{3+}	32.9	35.6	33.2	29.5	30.7	33.1	26.9	28
(B ³⁺ +Si ⁴⁺)/ ΣLn^{3+}	1.526	1.464	1.482	2.017	1.964	1.683	2.219	2.039
ΣHR	8.1	4.7	10.5	4.8	7.2	5.7	6.5	4.8
(Nb ⁵⁺ +Ti ⁴⁺)/ ΣHR	0.926	1	0.876	1	1	1	1	0.938
$\Sigma HR / (B^{3+}+Si^{4+})$	0.161	0.090	0.213	0.081	0.119	0.102	0.109	0.084

[0126]

$\Sigma HR / \Sigma Ln^{3+}$	0.246	0.132	0.316	0.163	0.235	0.172	0.242	0.171
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

[0127] 上述表1-9中：

[0128] ΣLn^{3+} 是指La³⁺、Y³⁺、Gd³⁺及Yb³⁺的合计量；[0129] ΣHR 是指Nb⁵⁺、Ti⁴⁺、Ta⁵⁺及W⁶⁺的合计量；

[0130] ΣR^+ 是指 Li^+ 、 Na^+ 及 K^+ 的合计量；

[0131] ΣR^{2+} 是指 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 及 Ba^{2+} 的合计量。

[0132] 本发明是能够稳定供应的且具备高折射率低分散性的光学玻璃,适用于成形用玻璃预制件以及光学元件。