

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C03C 3/068 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410098148. X

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100347112C

[22] 申请日 2004. 11. 17

[21] 申请号 200410098148. X

[30] 优先权

[32] 2003. 11. 17 [33] JP [31] 387164/03

[32] 2004. 10. 8 [33] JP [31] 295974/04

[73] 专利权人 株式会社小原

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 上原进

[56] 参考文献

JP6 - 305769A 1994. 11. 1

CN1201018A 1998. 10. 9

EP1245544A2 2002. 10. 2

JP7 - 118033A 1995. 5. 9

CN1389414A 2003. 1. 8

CN1141889A 1997. 2. 5

JP8 - 26765A 1996. 1. 30

审查员 彭晓琦

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 范 赤 王景朝

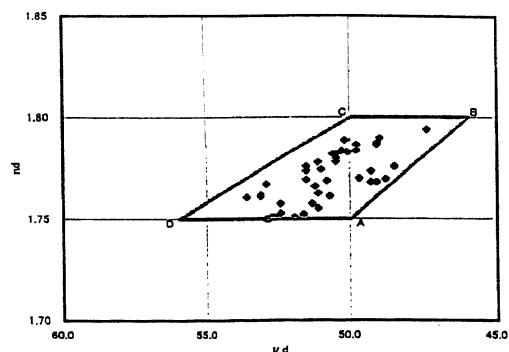
权利要求书 5 页 说明书 24 页 附图 1 页

[54] 发明名称

光学玻璃

[57] 摘要

一种光学玻璃，其折射率(n_d)和阿贝数(v_d)处于在 $x-y$ 直角坐标中由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(n_d 为 1.75 和 v_d 为 50.0)、B 点(n_d 为 1.80 和 v_d 为 46.0)、C 点(n_d 为 1.80 和 v_d 为 50.0)和 D 点(n_d 为 1.75 和 v_d 为 56.0)的直线所包括的界线范围之内，在该 $x-y$ 直角坐标中， x 坐标代表阿贝数(v_d)， y 坐标代表折射率(n_d)，该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率(n_d)和阿贝数(v_d)，该光学玻璃主要组成包括 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 和 F，并且基本上不含 As_2O_3 。



1. 一种光学玻璃，它的折射率 nd 和阿贝数 vd 处于在 x - y 直角坐标中由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连接 A 点、B 点、C 点和 D 点的直线所组成的界线所包括的范围之内，其中 A 点的 nd 为 1.75 和 vd 为 50.0，B 点的 nd 为 1.80 和 vd 为 46.0、C 点的 nd 为 1.80 和 vd 为 50.0 以及 D 点的 nd 为 1.75 和 vd 为 56.0；在该 x - y 直角坐标中， x 坐标代表阿贝数 vd ， y 坐标代表折射率 nd ，该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率 nd 和阿贝数 vd ，该光学玻璃包括 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 和 F 作为主要组分，并且不含 As_2O_3 ，和

其中 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或更高。

2. 一种光学玻璃，其组成以氧化物计，并以质量%表示，包括，

SiO_2	0.1 – 低于 10%
B_2O_3	15-35%
La_2O_3	15-55%
Gd_2O_3	1-40% 和
Li_2O	0.1–低于 3% 和
Y_2O_3	0-2% 和/或
Yb_2O_3	0-25% 和/或
GeO_2	0-10% 和/或
TiO_2	0-5% 和/或
ZrO_2	0-10% 和/或
Nb_2O_5	0-5% 和/或
Ta_2O_5	0-10% 和/或
WO_3	0-10% 和/或
ZnO	0-15% 和/或
RO	0-10%

其中，RO 是一种或多种选自 CaO 、 SrO 和 BaO 的氧化物，和/或

Sb_2O_3	0-1%
-----------	------

和上述氧化物中所含有的一种或多种金属元素的一种或多种氟化物, 该一种或多种氟化物中氟的总量相对于以氧化物计为 100 重量份的所述组合物是 0.1—10 重量份, 并且不含 As_2O_3 ; 和

其中 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或更高。

3. 一种光学玻璃, 以构成所述组合物的全部原子为基础计算, 并用摩尔%来表示, 其组成包括,

Si	0.1-6 mol %
B	12-32 mol %
La	2-12 mol %
Gd	0.2- 8 mol %
Li	0.1- 6.5 mol % 和
O	40-65mol%
和	
Y	0- 1 mol % 和/或
Yb	0- 6 mol % 和/或
Ge	0- 3.5 mol % 和/或
Ti	0-2 mol % 和/或
Zr	0- 3 mol% 和/或
Nb	0- 1 mol % 和/或
Ta	0- 1.5 mol % 和/或
W	0- 1.5 mol % 和/或
Zn	0- 6 mol % 和/或
Ca	0- 6 mol % 和/或
Sr	0- 4 mol % 和/或
Ba	0- 3 mol % 和/或
Sb	0-0.2 mol % 和
F	0.1- 20 mol%

并且不含 As, 和

其中 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94

质量%或更高。

4. 如权利要求 2 所限定的光学玻璃, 其折射率 n_d 和阿贝数 v_d 处于在 x - y 直角坐标中由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点、B 点、C 点和 D 点的直线所组成的界线所包括的范围之内, 其中 A 点的 n_d 为 1.75 和 v_d 为 50.0, B 点的 n_d 为 1.80 和 v_d 为 46.0、C 点的 n_d 为 1.80 和 v_d 为 50.0 以及 D 点的 n_d 为 1.75 和 v_d 为 56.0; 在该 x - y 直角坐标中, x 坐标代表阿贝数 v_d , y 坐标代表折射率 n_d , 该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率 n_d 和阿贝数 v_d ; 其中 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或更高。

5. 如权利要求 3 所限定的光学玻璃, 其折射率 n_d 和阿贝数 v_d 处于在 x - y 直角坐标中由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点、B 点、C 点和 D 点的直线所组成的界线所包括的范围之内, 其中 A 点的 n_d 为 1.75 和 v_d 为 50.0, B 点的 n_d 为 1.80 和 v_d 为 46.0、C 点的 n_d 为 1.80 和 v_d 为 50.0 以及 D 点的 n_d 为 1.75 和 v_d 为 56.0; 在该 x - y 直角坐标中, x 坐标代表阿贝数 v_d , y 坐标代表折射率 n_d , 该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率 n_d 和阿贝数 v_d ; 其中 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或更高。

6. 如权利要求 1-5 任何一项所限定的光学玻璃, 其中 $(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Yb}_2\text{O}_3) / \text{La}_2\text{O}_3$ 的值在 0.4 到 2 的范围之内, 公式中 Y_2O_3 , Gd_2O_3 , Yb_2O_3 和 La_2O_3 代表各个组分以氧化物计的量, 并且用质量%表示, 和 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO}) / \text{SiO}_2$ 的值在 0.05 到 7 的范围之内, 公式中 Li_2O , ZnO 和 SiO_2 代表各个组分以氧化物计的量, 并且用质量%表示, 并且 SiO_2 , B_2O_3 , La_2O_3 , Gd_2O_3 , Li_2O , ZrO_2 , Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或者更高。

7. 一种如权利要求 1-5 任何一项所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C 到 680°C 。

8. 一种如权利要求 6 所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C 到 680°C 。

9. 一种如权利要求 1 到 5 任何一项所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C 到 660°C 。

10. 一种如权利要求 6 所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C

到 660°C。

11. 一种如权利要求 1 到 5 任何一项所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C 到 630°C。

12. 一种如权利要求 6 所限定的光学玻璃, 其玻璃化转变温度 T_g 是 530°C 到 630°C。

13. 权利要求 1-5 任何一项所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

14. 如权利要求 6 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

15. 如权利要求 7 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

16. 如权利要求 8 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

17. 如权利要求 9 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

18. 如权利要求 10 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

19. 如权利要求 11 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

20. 如权利要求 12 所限定的光学玻璃, 其中在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 中所示的 100 毫升玻璃中所含气泡的横截面总和根据光学玻璃中气泡的测量方法是 1 类到 4 类, 以及在日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-I994 的表 1 所示的 100 毫升玻璃中所含夹杂物的横截面总和根据光学玻璃中夹杂物的测量方法是 1 类到 4 类。

21. 一种透镜预制体, 其由权利要求 1-5 任何一项所限定的光学玻璃制成。

22. 一种透镜预制体, 其由权利要求 6 所限定的光学玻璃制成。

光学玻璃

技术领域

本发明涉及一种光学玻璃，和更特别地，涉及一种具有低玻璃化转变温度(T_g)和高折射率以及低色散特性、具有优良的玻璃内部质量并适用于再热压模或者精确压模的光学玻璃。

背景技术

光学玻璃的一个所需特性是优良的内部质量(条纹、气泡和夹杂物)。某些情况下，内部质量取决于玻璃组成，并且在其它情况下则取决于玻璃的生产条件。在光学玻璃的制造过程中，通常使用一种熔融设备以高产率制造非常均匀的光学玻璃，该熔融设备中与玻璃熔体接触的部分或者全部由铂或者铂合金制成。例如，坩埚、槽、搅拌桨叶和轴通常是用铂或者铂合金制成的。当用这种熔融设备在高熔融温度或者长熔融时间熔融玻璃原料时，铂熔出从而进入玻璃内的量就会增加，从而使铂或者铂合金作为夹杂物(晶体或者失透)在过饱和状态之后再结晶沉淀在玻璃中，或者铂或铂合金从熔融设备的器壁上脱落并且变成玻璃中的夹杂物。

含有大量稀土氧化物如氧化镧的光学玻璃通常具有低消泡性能，因此一般需要长的熔融时间来消泡。如上所述，在这种熔融条件下，玻璃中的夹杂物增加。所以，含有大量稀土氧化物如氧化镧的光学玻璃势必具有内部质量如气泡和夹杂物方面的不足。

为了克服上述玻璃组成中的问题，可以加入澄清剂，As₂O₃，As₂O₃是非常有效的澄清剂，可以在较低温度下对玻璃进行消泡，并且从而减少夹杂物的量。然而，由于As₂O₃是一种对环境有害的材料，近来已经不再使用As₂O₃。

球面透镜和非球面透镜用作构成光学系统的透镜。许多球面透镜是通过由再热压模玻璃材料得到的玻璃压片板研磨和抛光制得的。另一方面，非球面透镜主要是通过精确压模制得的，也就是说用具有高精密模具表面的模具把已经加热软化的透镜预制体压制成型，并且将该模具的高精密制模表面形状转移到透镜预制体上。

在通过再热压模制造玻璃压片板的过程中，要求很高的温度，并且因此热处理炉在较短的时间内性能下降，对稳定生产产生不利影响。因此，玻璃材料粘性流体温度越低，也就是玻璃化转变温度(T_g)越低，再热压模的温度就越低从而减少对该热处理炉的装填。在现有技术中众所周知的是，粘性流体温度差不多与玻璃化转变温度相同。

在通过精确压模获得玻璃模制品如非球面透镜时，为了将模具的高精密制模表面形状转移到透镜预制体上，必须在高温环境中压制通过加热软化的透镜预制体，并且，因此，用于这种精确压模的模具要经受高温和高压力。因此，在加热和软化该透镜预制体时以及对透镜预制体压模时，该模具的制模表面易于被氧化或腐蚀，或制模表面上设置的脱模膜易于被破坏，从而不能保持该模具的高精密制模表面或者该模具本身就易于被破坏。在这种情况下，必须替换该模具，因而模具替换的频率增加，从而不能以很低的成本大规模地生产产品；因此，从防止这种对模具的损害的观点看，希望用于精确压模的玻璃和用于精确压模的玻璃预制体玻璃具有尽可能低的玻璃化转变温度(T_g)，长时间保持该模具的高精密制模表面，并且能够在低压力下精确压模。

由于上述原因，在本行业中，从光学设计的有用性的观点看，非常需要具有高折射率和低色散特性、低玻璃化转变温度(T_g)并且优良内部质量的光学玻璃。

特别地，非常需要这样一种光学玻璃，它具有高折射率和低色散特性，折射率(n_d)和阿贝数(v_d)处于 x - y 直角坐标中在由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(n_d 为 1.75 和 v_d 为 50.0)、B 点(n_d 为 1.80 和 v_d 为 46.0)、C 点(n_d 为 1.80 和 v_d 为 50.0)和 D 点(n_d 为 1.75 和 v_d 为 56.0)的直线组成的界线所包括的范围之内，在该 x - y 直角坐标中 x 坐标代表阿贝数(v_d)， y 坐标代表折射率(n_d)，该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外(以下简称“特定范围”)的界线上的折射率(n_d)和阿贝数(v_d)。

由于从光学设计的观点看：具有高折射率和低色散特性的光学玻璃是有用的，在过去的很长时间内已经提供各种玻璃。

例如，日本专利申请特许公开 No.2002-128539 公开了一种高折射率，低色散的 B_2O_3 - Ln_2O_3 光学玻璃(其中， Ln 是一种或多种选自 Y、La 和 Gd 的金属)。然而，由于具有在该公开文本所具体公开的上述特定范围内的光学常数的玻璃

不含或者只含有少量能有效降低玻璃化转变温度的碱组分, ZnO 或者氟, 因此这种玻璃的玻璃化转变温度(Tg)高。

日本专利申请特许公开 No.昭 53-4023 公开了一种高折射率, 低色散的 $B_2O_3-La_2O_3-HfO_2$ 光学玻璃。然而, 由于这种玻璃含有非常昂贵的 HfO_2 作为主要组成, 玻璃的生产成本太高以至于在商业上不可行。

日本专利申请特许公开 No.平 8-217484 公开一种 $B_2O_3-La_2O_3-Lu_2O_3$ 光学玻璃。然而, 由于这种光学玻璃含有非常昂贵的 Lu_2O_3 作为主要组成, 光学玻璃的生产成本太高以至于在商业上不可行。而且, 由于具有在该公开文本所具体公开的上述特定范围内的光学常数的玻璃不含有或者只含有少量能有效降低玻璃化转变温度的碱组分, ZnO 或者氟, 因此这种玻璃的玻璃化转变温度(Tg)较高。

日本专利申请特许公开 No.昭 55-3329 公开了一种高折射率、低色散的 $SiO_2-B_2O_3-La_2O_3-Yb_2O_3-SnO_2$ 光学玻璃。然而, 由于当熔融气氛变成还原状态时, 主要组分 SnO_2 变成金属锡, 并且与熔融设备所用的铂形成合金而引起浸蚀, 该浸蚀可能会导致玻璃的泄漏。因此, 这种玻璃在商业上不可行。而且, 由于具有该公开文本所具体公开的上述特定范围光学常数的玻璃不含有或者只含有少量能降低玻璃化转变温度的碱组分, 氧化锌或者氟, 因此这种玻璃的玻璃化转变温度(Tg)较高。

日本专利申请特许公开 No.昭 56-78447 公开了一种高折射率, 低色散的 $SiO_2-B_2O_3-La_2O_3-Yb_2O_3$ 光学玻璃。然而, 由于这种玻璃在澄清(refining)和匀化玻璃过程中要求 $1350^{\circ}C-1600^{\circ}C$ 的高熔融温度, 在这种玻璃中易于出现夹杂物。而且, 尽管在该公开文本中公开了能够在较低温度下熔融的含有碱金属氧化物的例子, 但这种具体例子中的玻璃含有对环境有害的 As_2O_3 。而且, 由于具有该公开文本所具体公开的上述特定范围光学常数的玻璃不含有或者只含有少量能降低玻璃化转变温度的碱组分, ZnO 或者氟, 因此这种玻璃的玻璃化转变温度(Tg)高。

日本专利申请特许公开 No.昭 52-14607 公开了一种高折射率, 低色散的 $SiO_2-B_2O_3-La_2O_3-Gd_2O_3-ZrO_2-Ta_2O_5$ 光学玻璃。由于具有在该公开文本所具体公开的上述特定范围内的光学常数的玻璃不含有或者只含有少量能有效降低玻璃化转变温度的碱组分, ZnO 或者氟, 因此这种玻璃的玻璃化转变温度(Tg)高。

日本专利申请特许公开 No.昭 59-169952 公开了一种高折射率，低色散的 $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO-ZrO}_2$ 光学玻璃。然而，在该公开文本中具体公开的所有玻璃，除了一个外都含有对环境有害的 As_2O_3 。

日本专利申请特许公开 No.昭 57-34044 公开了一种高折射率，低色散的 $\text{B}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Yb}_2\text{O}_3$ 光学玻璃。由于具有该公开文本所具体公开的上述特定范围光学常数的玻璃不含有或者只含有少量能有效降低玻璃化转变温度的碱组分，氧化锌或者氟，因此这种玻璃的玻璃化转变温度(T_g)高。

日本专利申请特许公开 No.平 8-259257 公开了一种高折射率，低色散的 $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-ZnO-La}_2\text{O}_3$ 光学玻璃。由于具有在公开文本具体地公开的上述特定范围内的光学常数的玻璃含有 As_2O_3 ，因此从环境保护的观点看，这种玻璃是不理想的。此外，这种玻璃具有产生夹杂物的缺点。

日本专利申请特许公开 No.平 8-26765、No.平 6-305769、No.昭 60-221338 和 No.昭 56-169150 公开了具有低玻璃化转变点(T_g)的光学玻璃。然而，在这些公开文本中具体地公开的玻璃不具有上述特定范围内的光学常数，因此不能满足如上所述对本光学设计的要求。

如上所述，已知的技术文献只公开了具有低玻璃化转变点(T_g)的玻璃，但是不能满足特定范围内的光学常数，或者公开了满足特定范围内光学常数的玻璃但却具有高玻璃化转变点(T_g)，因此不存在满足本发明的目的的光学玻璃。

因此，本发明的目的是提供一种全面克服现有技术中光学玻璃缺点的光学玻璃，该光学玻璃具有特定范围内的光学常数、低玻璃化转变温度(T_g)、优良的内部质量并且适合于再热压模或者精确压模。

发明内容

为了实现本发明的上述目的，本发明的发明人通过各种研究和实验得出导致本发明的发现，即通过加入特定量的 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 和 F，可以得到一种具有在特定范围内的光学常数、低玻璃化转变温度(T_g)、优良的内部质量并且适于再热压模或者精确压模的光学玻璃。

本发明的第一方面，提供这样一种光学玻璃，它具有的折射率(nd)和阿贝数(vd)处于 x-y 直角坐标中在由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(nd 为 1.75 和 vd 为 50.0)、B 点(nd 为 1.80 和 vd 为 46.0)、C 点(nd 为 1.80 和 vd 为 50.0)和 D 点(nd 为 1.75 和 vd 为 56.0)的直线组成的界线所包括的范围

之内, 在该 x-y 直角坐标中 x 坐标代表阿贝数(vd), y 坐标代表折射率(nd), 该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率(nd)和阿贝数(vd), 该玻璃的主要的组分包括 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 和 F, 并且基本上不含 As_2O_3 。

在本发明的第二方面中, 提供一种光学玻璃, 其组成以氧化物计并用质量 % 来表示, 包括,

SiO_2	0 - 低于10%
B_2O_3	15-35%
La_2O_3	15-55%
Gd_2O_3	1-40%和
Li_2O	0.1-低于 3%
和	
Y_2O_3	0-2% 和/或
Yb_2O_3	0-25%和/或
GeO_2	0-10和/或
TiO_2	0-5% 和/或
ZrO_2	0-10% 和/或
Nb_2O_5	0-5% 和/或
Ta_2O_5	0-10% 和/或
WO_3	0-10% 和/或
ZnO	0-15% 和/或
RO	0-10%

其中, RO是一种或多种选自CaO、SrO和BaO的氧化物。和/或

Sb_2O_3	0-1%
-------------------------	------

和上述氧化物中含有的一种或多种金属元素的一种或多种氟化物, 该一种或多种氟化物中氟的总量是, 以氧化物计, 0.1-10 重量份/100 重量份所述组合物, 并且基本上不含 As_2O_3 。

在本说明书和权利要求书中, 术语"包括, 以氧化物计"是指, 假定用作本发明光学玻璃的玻璃组分原料的氧化物、络合盐、金属氟化物等等在熔融过程中全部分解并变为氧化物, 相对于转化的氧化物的总重量, 即 100 质量%, 每个玻璃组分具有一个特定的比值。

本发明的第三方面, 提供一种光学玻璃, 以形成所说组合物的全部原子为

基础计算，并用摩尔%来表示，其具有下列组成，

Si	0.1 - 6 mol %
B	12 - 32 mol %
La	2 - 12 mol %
Gd	0.2 - 8 mol %
Li	0.1 - 6.5 mol % 和
O	40 - 65 mol %
和	
Y	0 - 1 mol % 和/或
Yb	0 - 6 mol % 和/或
Ge	0 - 3.5 mol % 和/或
Ti	0 - 2 mol % 和/或
Zr	0 - 3 mol % 和/或
Nb	0 - 1 mol % 和/或
Ta	0 - 1.5 mol % 和/或
W	0 - 1.5 mol % 和/或
Zn	0 - 6 mol % 和/或
Ca	0 - 6 mol % 和/或
Sr	0 - 4 mol % 和/或
Ba	0 - 3 mol % 和/或
Sb	0 - 0.2 mol % 和
F	0.1 - 20 mol %

和基本上不含 As。

在本说明书和权利要求书中，以摩尔%表示本发明光学玻璃的组成，每个元素物质的量与存在于光学玻璃中全部元素总量的比值用摩尔百分率表示。

本发明的第四个方面，提供一种本发明的第二或者第三方面定义的光学玻璃，它的折射率(nd)和阿贝数(vd)处于 x-y 直角坐标中在由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(nd 为 1.75 和 vd 为 50.0)、B 点(nd 为 1.80 和 vd 为 46.0)、C 点(nd 为 1.80 和 vd 为 50.0)和 D 点(nd 为 1.75 和 vd 为 56.0)的直线组成的界线所包括的范围之内，在该 x-y 直角坐标中，x 坐标代表阿贝数(vd)，y 坐标代表折射率(nd)，该范围还包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率(nd)和阿贝数(vd)。

本发明的第五方面，提供一种本发明第一到第四方面任何一个所定义的光学玻璃，其中， $(Y_2O_3 + Gd_2O_3 + Yb_2O_3) / La_2O_3$ 的值，(公式中的 Y_2O_3 ， Gd_2O_3 ，

Yb_2O_3 和 La_2O_3 代表以氧化物计并用质量%表示的各个组分的量) 在 0.4 到 2 的范围内。

本发明的第六方面, 提供一种本发明第一到第五方面任何一个所定义的光学玻璃, 其中, $(\text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO}) / \text{SiO}_2$ 的值, (公式中的 Li_2O , ZnO 和 SiO_2 代表以氧化物计并用质量%表示的各个组分的量) 在 0.05 到 7 的范围内。

本发明的第七方面提供本发明的第一到第六方面任何一个定义的光学玻璃, 其中 SiO_2 , B_2O_3 , La_2O_3 , Gd_2O_3 , Li_2O , ZrO_2 , Yb_2O_3 和 ZnO 的总量是 94 质量%或者更高。

本发明的第八方面, 提供本发明第一到第七方面任何一个定义的光学玻璃, 其中玻璃化转变温度(T_g) 在 530°C 到 680°C 范围之内。

在本说明书中, "玻璃化转变温度(T_g)" 是指日本光学玻璃工业标准 (Japan Optical Glass Industry Standard) JOGIS08-2003 (光学玻璃的热膨胀测定方法) 中描述的"玻璃化转变温度(T_g)"。作为用于测量方法的试样, 本发明所用的样品具有 50mm 的长度和 4mm 的直径。

本发明的第九方面, 提供本发明第一到第七方面任何一个定义的光学玻璃, 其中玻璃化转变温度(T_g) 在 530°C 到 660°C 范围之内。

本发明的第十方面, 提供本发明第一到第七方面任何一个定义的光学玻璃, 其中玻璃化转变温度(T_g) 在 530°C 到 630°C 范围之内。

本发明的第十一方面, 提供本发明第一到第七方面任何一个定义的光学玻璃, 其中玻璃化转变温度(T_g) 在 530°C 到 610°C 范围之内。

本发明第十二方面, 提供本发明的第一到第十一方面任何一个定义的光学玻璃, 其中日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-1994 的表 1 显示的 100 毫升玻璃含有泡沫横截面的总和 (光学玻璃中气泡测量方法) 是 1 类到 4 类, 日本光学玻璃工业标准 JOGIS12-1994 的表 1 显示的 100 毫升玻璃中含有的夹杂物横截面的总和 (光学玻璃中夹杂物的测量方法) 是 1 类到 4 类。

本发明的第十三方面, 提供一种由本发明的第一到第十二方面定义的光学玻璃制成的透镜预制体。

附图说明

图 1 是一个 x-y 直角坐标图, 其中 X 代表阿贝数(v_d), Y 代表折射率(n_d), 该直角坐标图表示本发明光学玻璃的光学常数(阿贝数(v_d) 和折射率(n_d)) 的范围。

围。在坐标中，点表示本发明实施例的值。

具体实施方式

现在将描述本发明光学玻璃的各个组分。除非另有说明，各个组分含量的比值是用质量%表示。

SiO_2 能有效增加本发明光学玻璃的玻璃粘度和改善抗失透性。以氧化物计，如果这种组分与玻璃全部质量的比值小于 0.1%，就不能充分地实现这些效果，然而如果这种组分的量超过 10%，玻璃化转变温度(T_g)，以及因而熔融温度升高从而易于产生夹杂物，并且使玻璃的内部质量降低。因此，以氧化物计，这种组分相对于玻璃总质量的比值下限为 0.1%，更优选 1%，并且，最优选 1.5%，并且其上限小于 10%，更优选 9%，并且，最优选 8%。

可以通过使用例如 SiO_2 作为原料向玻璃中引入 SiO_2 。

本发明的光学玻璃基本是一种硼玻璃，作为形成玻璃的氧化物， B_2O_3 在该光学玻璃中是一个不可缺少的组分。以氧化物计，如果这种组分与玻璃总质量的比值小于 15%，抗失透性就不充分，然而如果组分的量超过 35%，玻璃的化学耐久性会降低。因此，以氧化物计，这种组分对玻璃总质量的比值下限为 15%，更优选地为 16%并且，最优选地为 18%，并且其上限 35%，更优选地为 33%，并且，最优选地为 30%。

可以通过使用例如 H_3BO_3 或者 B_2O_3 作为原料来向玻璃中引入 B_2O_3 。

Y_2O_3 能有效增加玻璃的折射率，并能使玻璃具有低的色散特征。以氧化物计，如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 2%，抗失透性明显地降低。因此，以氧化物计，这种组分对玻璃总质量的比值上限是 2%，更优选地 1%，和最优选地该玻璃根本不含这种组分。

可以通过使用例如原料 Y_2O_3 或者 YF_3 向玻璃中引入 Y_2O_3 。

La_2O_3 能有效增加玻璃的折射率，并能使玻璃具有低的色散特征，因此，是本发明具有高折射率和低色散特征的玻璃不可缺少的组分。以氧化物计，如果这种组分对玻璃总质量的比值低于 15%，难以保持特定范围内的光学常数，而如果这种组分的量超过 55%，将恶化抗失透性。因此，以氧化物计，这种组分对玻璃总质量的比值下限是 15%，更优选的是 18%，最优选的是 20%，其上限是低于 55%，更优选地为 53%，最优选地为 50%。

可以通过使用例如原料 La_2O_3 、硝酸镧或其水合物、或 LaF_3 向玻璃中引入

La_2O_3 。

Gd_2O_3 能有效增加玻璃的折射率, 并能使玻璃具有低的色散特征。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值低于 1%, 难以充分实现这些效果, 然而如果这种组分的量超过 40%, 将恶化抗失透性。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值下限是 1%, 更优选的是 3%, 最优选的是 5%, 其上限是低于 40%, 更优选地为 38%, 最优选地为 35%。

可以通过使用例如原料 Gd_2O_3 或 GdF_3 向玻璃中引入 Gd_2O_3 。

Yb_2O_3 能有效增加玻璃的折射率, 并能使玻璃具有低的色散特征。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 25%, 将会恶化抗失透性。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 25%, 更优选的是 24%, 最优选的是 23%。

可以通过使用例如原料 Yb_2O_3 或 YbF_3 向玻璃中引入 Yb_2O_3 。

GeO_2 能有效增加玻璃的折射率, 和改善抗失透性。然而, 由于这种组分的原料非常昂贵, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限应该是 10%, 更优选地小于 2%, 最优选地玻璃根本不含有这种组分。

可以通过使用例如原料 GeO_2 向玻璃中引入 GeO_2 。

TiO_2 能有效调整光学常数和改善抗失透性。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 5%, 会恶化抗失透性。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 5%, 更优选地 1%和最优选地 0.5%。

可以通过使用例如原料 TiO_2 向玻璃中引入 TiO_2 。

ZrO_2 能有效调整光学常数, 改善抗失透性和改善化学耐久性。以氧化物计, 如果这种组分与玻璃总质量的比值超过 10%, 恶化抗失透性, 并且变得难以将玻璃化转变温度(Tg)保持在理想低值内。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 10%, 更优选地 9%和最优选地 8%。

可以通过使用例如原料 ZrO_2 或者 ZrF_4 向玻璃中引入 ZrO_2 。

Nb_2O_5 能有效增加折射率以及改善化学耐久性和抗失透性。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 5%, 恶化抗失透性。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 5%, 更优选地 3.5%和最优选地该玻璃根本不含有这种组分。

可以通过使用例如原料 Nb_2O_5 向玻璃中引入 Nb_2O_5 。

Ta_2O_5 能有效增加折射率以及改善化学耐久性和抗失透性。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 10%, 难以将光学常数保持在特定范围内。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 10%, 更优选地 7.5%和最优选地 6.5%。

可以通过使用例如原料 Ta_2O_5 向玻璃中引入 Ta_2O_5 。

WO_3 能有效调整光学常数和改善抗失透性。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 10%, 抗失透性被恶化并且在可见光区域中的短波长的光透射率也降低。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 10%, 更优选地小于 0.5%和, 最优选地该玻璃根本不含有这种组分。

可以通过使用例如原料 WO_3 向玻璃中引入 WO_3 。

ZnO 能有效降低玻璃化转变温度(T_g)。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 15%, 抗失透性会变坏。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 15%, 更优选地 13%, 最优选地 10%。

可以通过使用例如原料 ZnO 或者 ZnF_2 向玻璃中引入 ZnO 。

RO 组分(一种或多种选自 GaO 、 SrO 和 BaO 的氧化物)能有效调整光学常数。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 10%, 抗失透性会变坏。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 10%, 更优选地 6%和最优选地 4.5%。

可以通过使用例如原料 CaO 、 SrO 、 BaO 或者它的碳酸盐、硝酸盐、氟化物或者氢氧化物向玻璃中引入 RO 组分。优选的, 玻璃基本上不含有 SrO 或者 GaO 。

Li_2O 能显著降低玻璃化转变温度(T_g)和增强混合原料的熔融。以氧化物计, 如果这种组分与玻璃总质量比值小于 0.1%, 就不能充分实现这种效果, 然而如果组分的量是 3%或者更高, 抗失透性就会急剧变坏。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值下限为 0.1%, 更优选地为大于 0.1%, 最优选地为 0.15%和其上限小于 3%, 更优选地为 2.5%并且, 最优选地为低于 2.5%。

可以通过使用例如原料 Li_2O 、 Li_2CO_3 、 LiF 、 LiOH 或者 LiNO_3 向玻璃中引入 Li_2O 。

可选地, 在玻璃熔融期间可以加入 Sb_2O_3 用于澄清。如果这种组分的加入量过多, 在可见光区域的短波长中透光率降低。因此, 以氧化物计, 这种组分

对玻璃总质量的比值上限是 1%，更优选地 0.6%和最优选地 0.4%。

F 能有效增强混合玻璃原料的熔融，降低玻璃化转变温度(T_g)，同时使玻璃具有低色散特征并改善抗失透性。特别地，发现 F 是非常重要的组分，通过将 F 与 La_2O_3 共存，能够获得一种具有特定范围内光学常数并且低玻璃化转变温度的高折射率，低色散光学玻璃。F 的加入通常使玻璃具有低色散特征，但它也通常增加玻璃的折射率。特别重要的是，在本发明中通过将 F 和 La_2O_3 共存能够保持特定范围内的高折射率。

可以通过使用例如 YF_3 、 LaF_3 、 GdF_3 、 YbF_3 、 ZrF_4 、 ZnF_2 、碱金属的氟化物或者碱土金属的氟化物向玻璃中引入 F。

在本发明的玻璃组成中，F 以氧化物中所含的一种或多种金属的一种或多种氟化物的形式存在。以氧化物计，相对于组合物的 100 重量份，如果该一种或者多种氟化物中含有氟的总量小于 0.1 重量份，不能充分地实现上述 F 的作用。然而如果 F 的总量超过 10 重量份，F 的蒸发量显著地增加，结果难以得到均匀的玻璃。因此，以氧化物计，这种组分对于玻璃总质量的比值下限是 0.1 重量份，更优选地 0.5 重量份，最优选地 1 重量份和上限是 10 重量份，更优选地小于 10 重量份和最优选地 9.5 重量份。

上述用来将 F 进入玻璃的原料只是用于说明目的的描述，F 组分用的原料不局限于上述氧化物和氟化物。因此可以依照制造玻璃的条件变化，从已知的原料中选择出原料。

本发明的发明人已发现，在特定范围内的光学常数内通过使 Y_2O_3 、 Gd_2O_3 和 Yb_2O_3 的总量与 La_2O_3 的量的比值，也就是 $(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Yb}_2\text{O}_3) / \text{La}_2\text{O}_3$ 处于特定范围内，能够显著地降低玻璃的液相线温度。也就是说，通过使这个值在 0.4 到 2 内，能够降低熔融温度并且能够从而显著地减少产生的夹杂物的量。

因此在本发明中， $(\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Yb}_2\text{O}_3) / \text{La}_2\text{O}_3$ 值的下限是 0.4，更优选地 0.5，最优选地 0.55，并且其上限是 2，更优选地 1.5 和最优选地 1.27。

而且，本发明的发明人已发现，在特定范围内的光学常数内通过使 Li_2O 和 ZnO 总量与 SiO_2 量的比值，也就是说 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO}) / \text{SiO}_2$ 处于特定范围内，能够显著地降低熔融温度，并且能够从而显著地减少所产生的夹杂物的量。

因此在本发明中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO}) / \text{SiO}_2$ 的下限是 0.05，更优选地 0.1，最优选地 0.15 并且其上限是 7，更优选地 4 和最优选地 3。

而且, 本发明的发明人已发现, 通过使 $(Y_2O_3 + Gd_2O_3 + Yb_2O_3) / La_2O_3$ 的值和 $(Li_2O + ZnO) / SiO_2$ 的值同时处于上述特定范围内, 能够特别显著地降低产生的夹杂物的量。

本发明的发明人还发现, 使 SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 和 ZnO 的总量达到 94 质量%或者更高, 对得到具有在特定范围内的光学常数的玻璃, 降低玻璃的玻璃化转变温度(T_g)和减少玻璃中夹杂物的量十分有利。为了实现这个作用, SiO_2 、 B_2O_3 、 La_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Li_2O 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 和 ZnO 的总量应该为 94 质量%或者更高, 更优选地 95 质量%或者更高, 最优选地 98 质量%或者更高。

Al_2O_3 能有效改善化学耐久性。以氧化物计, 如果这种组分对玻璃总质量的比值超过 3%, 抗失透性明显地降低。因此, 以氧化物计, 这种组分对玻璃总质量的比值上限是 3%, 更优选地 1%, 最优选地该玻璃根本不含有这种组分。

可以向本发明的玻璃中加入 Lu_2O_3 、 Hf_2O_3 、 SnO_2 、 Ga_2O_3 、 Bi_2O_3 和 BeO 中的一种或多种。然而 Lu_2O_3 、 Hf_2O_3 和 Ga_2O_3 是昂贵的原料, 因此由于原料的成本高, 在实际的生产中使用这些原料是不可行的。 SnO_2 的问题是, 当玻璃原料在铂坩埚或者接触熔融态玻璃的部分由铂制成的熔融炉中熔化时, 锡与铂可能合金化并且合金部分的耐热度降低从而在该位置形成洞, 玻璃从洞中泄漏出去。 Bi_2O_3 和 BeO 是对环境非常有害的氧化物。因此, 以氧化物计, 这些组分中每一种对玻璃总质量的比值上限应该小于 0.1%, 更优选地 0.05%, 最优选地该玻璃根本不含有这些组分。

现在将描述不应加入到本发明光学玻璃的原料。

铅化合物的问题是易于在精确压模中与模具熔融以及对环境有害, 因此为了对环境进行保护不仅在玻璃的制备中必须小心操作, 在玻璃的冷加工中, 如抛光和甚至将其作为废物处理时也必须小心操作。因此这些化合物应不加入到本发明的光学玻璃中。

As_2O_3 、镉和钽对环境是非常有害的, 因此不应加入到本发明的光学玻璃中。

如果将 P_2O_5 加入到本发明的光学玻璃中, 会降低抗失透性。因此, 优选的不加入这种材料。

TeO_2 的问题是, 当玻璃原料在铂坩埚或者接触熔融态玻璃的部分由铂组成

的熔融炉中熔化时，碲可能与铂合金化，并且合金部分的耐热度降低，从而在该位置形成洞，玻璃从洞中泄漏出去。因此，这种材料不应加入到本发明的光学玻璃中。

在本发明的光学玻璃中，优选的不含有着色剂，如 V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Mo、Eu、Nd、Sm、Tb、Dy 和 Er。在这种情况下，"不含"是指不有意地加入并且排除这种材料作为杂质混入玻璃的情况。

由于本发明的光学玻璃的玻璃组成是用质量%表示的，不能直接地以摩尔%表示。满足光学玻璃所需性能的玻璃组成各个元素的量用摩尔%大致表示如下：

Si 0.1 – 6 mol %, B 12 – 32 mol %, La 2 – 12 mol %, Gd 0.2 – 8 mol %, Li 0.1 – 6.5 mol %, O 40 – 65 mol %, Y 0 – 1 mol %, Yb 0 – 6 mol %; Ge 0 – 3.5 mol %, Ti 0 – 2 mol %, Zr 0 – 3 mol %, Nb 0 – 1 mol %, Ta 0 – 1.5 mol %, W 0 – 1.5 mol %, Zn 0 – 6 mol %, Ca 0 – 6 mol %, Sr 0 – 4 mol %, Ba 0 – 3 mol %, Sb 0 – 0.2 mol %, F 0.1 – 20 mol %

在本发明的光学玻璃中，加入 Si 是因为它能有效增加玻璃的粘度并且改善抗失透性。这种元素的上限是 6 摩尔%，更优选地小于 6 摩尔%，并且最优选地是 5.5 摩尔%并且这种元素的下限是 0.1 摩尔%，更优选地 0.2 摩尔%，并且最优选地 0.5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 B 是因为它是一种形成玻璃不可缺少的元素，能有效改善抗失透性。这种元素的上限是 32 摩尔%，更优选地 30 摩尔%，并且最优选地是 28 摩尔%，并且这种元素的下限是 12 摩尔%，更优选地是 13 摩尔%，并且最优选地是 15 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，可以加入 Y 是因为它能有效增加折射率并且使玻璃具有低色散特征。这种元素的上限是 1 摩尔%，更优选地 0.8 摩尔%，并且最优选地玻璃根本不含有这种元素。

在本发明的光学玻璃中，加入 La 是因为它能有效增加玻璃的折射率，并且使玻璃具有低色散特征。这种元素的上限是 12 摩尔%，更优选地小于 12 摩尔%，并且最优选地是 11.5 摩尔%，并且这种元素的下限是 2 摩尔%，更优选地大于 2 摩尔%，并且最优选地 2.5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Gd 因为它能有效增加玻璃的折射率，并且

使玻璃具有低色散特征。这种元素的上限是 8 摩尔%，更优选地小于 7.5 摩尔%，并且最优选地是 7 摩尔%，并且这种元素的下限是 0.2 摩尔%，更优选地 0.3 摩尔%，并且最优选地 0.5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Yb 是因为它能有效增加玻璃的折射率，并且使玻璃具有低色散特征。这种元素的上限是 6 摩尔%，更优选地 5.5 摩尔%，并且最优选地 5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Ge 是因为它能有效增加玻璃的折射率，并且使玻璃具有低色散特征。这种元素的上限是 3.5 摩尔%，更优选地 3 摩尔%，并且最优选地玻璃根本不含有这种元素。

在本发明的光学玻璃中，加入 Ti 是因为它能有效调整光学常数，并且改善抗失透性。这种元素的上限是 2 摩尔%，更优选地 1 摩尔%并且最优选地 0.5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Zr 是因为它能有效调整光学常数，并且改善抗失透性。这种元素的上限是 3 摩尔%，更优选地 2.5 摩尔%，并且最优选地 2 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Nb 是因为它有效增加折射率，并且改善化学耐久性和抗失透性。这种元素的上限是 1 摩尔%，更优选地 0.8 摩尔%，并且最优选地玻璃根本不含有这种元素。

在本发明的光学玻璃中，加入 Ta 是因为它有效增加折射率并且改善化学耐久性和抗失透性。这种元素的上限是 1.5 摩尔%，更优选地 1.3 摩尔%，和最优选地是 1 mol%。

在本发明的光学玻璃中，加入 W 是因为它能有效调整光学常数，并且改善抗失透性。这种元素的上限是 1.5 摩尔%，更优选地 1 摩尔%和最优选地该玻璃根本不含有这种元素。

在本发明的光学玻璃中，Zn 用于有效降低玻璃化转变温度(Tg)。这种元素的上限是 6 摩尔%，更优选地是 5.5 摩尔%，并且最优选地是 5 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Ca 是因为它能有效调整光学常数。这种元素的上限是 6 摩尔%，更优选地 5 摩尔%，和最优选地 4 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Sr 是因为它能有效调整光学常数。这种元素的上限是 4 摩尔%，更优选地 3 摩尔%，和最优选地 2 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Ba 是因为它能有效调整光学常数。这种元素的上限是 3 摩尔%，更优选地 2.5 摩尔%，和最优选地 2 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Li 是因为它显著地降低玻璃化转变温度(Tg)和增强混合玻璃原料的熔融。这种元素的上限是 6.5 摩尔%，更优选地 6 摩尔%，并且最优选地是 5.5 摩尔%，并且这种元素的下限是 0.1 摩尔%，更优选地大于 0.1 摩尔%，并且最优选地 0.15 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 Sb 是因为它能在熔融过程中有效地澄清玻璃。这种元素的上限是 0.2 摩尔%，更优选地 0.15 摩尔%，和最优选地 0.1 摩尔%。

在本发明的光学玻璃中，加入 F 是因为它能有效增强混合玻璃原料的熔融，降低玻璃化转变温度(Tg)，同时降低玻璃的色散特征和改善抗失透性。这种元素的上限是 20 摩尔%，更优选地 19 摩尔%，并且最优选地是 18 摩尔%，并且这种元素的下限是 0.1 摩尔%，更优选地 0.5 摩尔%，并且最优选地 1 摩尔%。

由于 As、镉和钽对环境是非常有害的，这些元素不应加入到本发明的光学玻璃中。

现在将描述本发明光学玻璃的性能。

如上所述，从光学设计有效性观点看：本光学玻璃具有的折射率(nd)和阿贝数(vd)处于 x-y 直角坐标中在由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(nd 为 1.75 和 vd 为 50.0)、B 点(nd 为 1.80 和 vd 为 46.0)、C 点(nd 为 1.80 和 vd 为 50.0)和 D 点(nd 为 1.75 和 vd 为 56.0)的直线组成的界线所包括的范围之内，在该 x-y 直角坐标中 x 坐标代表阿贝数(vd)，y 坐标代表折射率(nd)，该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率(nd)和阿贝数(vd)。优选地，本发明的光学玻璃具有的折射率(nd)和阿贝数(vd)处于 x-y 直角坐标中在由依照 A 点、B 点、C 点、D 点和 A 点的顺序连结 A 点(nd 为 1.75 和 vd 为 50.0)、B 点(nd 为 1.80 和 vd 为 48.0)、C 点(nd 为 1.80 和 vd 为 50.0)和 D 点(nd 为 1.75 和 vd 为 55.0)的直线所包括的范围之内，在该 x-y 直角坐标中 x 坐标代表阿贝数(vd)，y 坐标代表折射率(nd)，该范围包括除了连接 A 点和 D 点以及连接 B 点和 C 点的直线以外的界线上的折射率(nd)和阿贝数(vd)。

更优选地，该光学玻璃的光学常数应该在 nd 为高于 1.75 且不高于 1.78 并

且vd为是50.0到53.5的范围之内。最优选地,该光学常数应该在nd为高于1.75,不高于1.77并且vd为50.0到53.5的范围之内。

至于在玻璃中的气泡,根据日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 表 1 表示的 100 毫升玻璃中含有气泡样品的横截面总和(mm²)分类(光学玻璃中气泡的测量方法),应该为 1 类到 4 类,更优选地为 1 类到 3 类和最优选地 1 类到 2 类。至于在玻璃中的夹杂物,根据日本光学玻璃工业标准 JOG12-1994 表 1 表示的 100 毫升玻璃中含有夹杂物样品的横截面总和分类(光学玻璃中夹杂物的测量方法),应该为 1 类到 4 类,更优选地为 1 类到 3 类和最优选地 1 类到 2 类。

实施例

现在将描述本发明光学玻璃的实施例。应该注意到,这些实施例没有限制本发明的范围。

本发明实施例(实施例 1 到 53)的组成与折射率(nd),阿贝数(vd)、玻璃化转变温度(Tg)以及这些实施例的外来杂质等级(类)结果一起在表 1-6 中表示。在这些表中,各个组分的组成是用质量%表示的。

同样地,本发明的比较例(A-F)的组成与折射率(nd)、阿贝数(vd)、玻璃化转变温度(Tg)以及这些比较例的外来杂质等级(类)结果一起在表 7 中表示。

表1

实施例号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	4.54	4.58	4.59	4.58	2.08	2.92	5.46	2.41	2.41	2.72
B ₂ O ₃	24.20	23.39	20.81	21.79	21.86	25.64	22.89	25.74	25.74	25.74
Y ₂ O ₃						1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
La ₂ O ₃	29.81	28.19	26.57	27.70	25.73	30.21	30.21	33.27	31.74	30.21
Gd ₂ O ₃	23.50	23.70	23.76	26.78	27.45	28.97	28.97	28.97	28.97	28.97
Yb ₂ O ₃	2.52	2.54	2.55	2.55						
TiO ₂	0.05	0.05	0.05	0.05						
ZrO ₂	5.04	5.09	5.10	5.09	6.10	6.14	6.14	3.09	6.14	6.14
Nb ₂ O ₅										
Ta ₂ O ₅	2.22	4.27	2.24	3.26	4.07	3.75	3.75	3.75	2.23	3.75
WO ₃										
ZnO	6.56	6.61	12.75	6.62	12.20	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
CaO										
SrO										
BaO										
Li ₂ O	1.51	1.53	1.53	1.53	0.51	0.10	0.51	0.51	0.51	0.20
Sb ₂ O ₃	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂										
总计 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	1.47	2.96	3.44	8.14	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃) / La ₂ O ₃	0.87	0.98	0.99	1.06	1.07	1.00	1.00	0.91	0.95	1.00
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	1.78	1.78	3.11	1.78	6.26	0.37	0.27	0.62	0.62	0.44
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +G d ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	97.68	95.63	97.66	96.64	95.88	94.97	94.98	94.98	96.50	94.98
n _d	1.770	1.768	1.769	1.773	1.794	1.790	1.786	1.783	1.786	1.787
V _d	49.7	49.8	48.8	49.3	47.4	49.0	49.1	50.1	49.8	49.1
T _g (°C)	583	572	549	570	580	665	645	635	638	652
夹杂物等级 (英)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 2

实施例号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	2.43	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.81
B ₂ O ₃	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	26.66
Y ₂ O ₃	1.24	1.24	1.24							
La ₂ O ₃	29.61	33.40	35.45	34.64	28.27	39.77	33.40	39.77	35.49	44.31
Gd ₂ O ₃	29.22	29.22	29.22	29.22	30.46	18.96	15.07	13.83	17.13	12.31
Yb ₂ O ₃					5.13	5.13	15.39	10.26	17.44	12.64
TiO ₂										
ZrO ₂	6.20	6.20	4.14	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20		
Nb ₂ O ₅										
Ta ₂ O ₅	3.79									
WO ₃										
ZnO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
CaO										
SrO										
BaO										
Li ₂ O	0.51	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Sb ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂										
总计 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	9.19
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/La ₂ O ₃	1.03	0.91	0.86	0.84	1.26	0.61	0.91	0.61	0.97	0.56
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	0.62	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	94.93	96.72	98.72	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96
n _d	1.783	1.782	1.778	1.783	1.780	1.782	1.774	1.778	1.762	1.760
v _d	49.8	50.5	51.1	50.3	50.5	50.5	51.0	50.5	53.1	53.6
T _g (°C)	629	641	639	641	643	640	639	642	640	615
夹杂物等级 (类)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 3

实施例号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO ₂	2.74	2.81	2.81	2.81	5.97	2.74	5.82	5.82	5.82	5.82
B ₂ O ₃	22.89	23.50	26.66	18.23	20.34	25.97	22.89	22.89	22.89	22.89
La ₂ O ₃	36.47	47.47	42.16	47.47	47.47	32.58	32.58	32.06	31.55	35.85
Gd ₂ O ₃	15.07	12.31	10.21	12.31	12.31	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07
Yb ₂ O ₃	15.39	12.64	10.53	12.64	12.64	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39
TiO ₂										
ZrO ₂	6.20		6.36			6.20	6.20	6.20	6.20	3.12
Nb ₂ O ₅										
Ta ₂ O ₅										
WO ₃										
ZnO	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaO										
SrO										
BaO										
Li ₂ O	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	1.03	1.03	1.54	2.05	1.03
Sb ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂				5.27						
总计 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	4.48	9.19	9.19	9.19	9.19	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/La ₂ O ₃	0.84	0.53	0.49	0.53	0.53	0.94	0.94	0.95	0.97	0.85
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	0.44	0.44	0.44	0.44	0.21	0.74	0.36	0.44	0.52	0.35
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	99.96	99.96	99.96	94.69	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96
n _d	1.789	1.767	1.776	1.773	1.761	1.766	1.762	1.757	1.752	1.757
v _d	50.2	52.9	51.5	51.5	53.1	51.2	51.1	51.3	51.6	52.4
T _g (°C)	642	620	624	625	618	599	600	597	571	602
夹杂物等级 (类)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 4

实施例号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO ₂	5.82	5.82	5.82	5.82	7.87	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
B ₂ O ₃	22.89	20.84	20.84	22.89	20.84	20.84	20.84	20.84	20.84	20.84
La ₂ O ₃	27.45	34.12	37.71	35.14	35.85	31.12	29.12	29.12	29.12	29.12
Gd ₂ O ₃	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07
Yb ₂ O ₃	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39
TiO ₂										
ZrO ₂	6.20	6.20	3.12	3.12	3.12	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
Nb ₂ O ₅						3.00				
Ta ₂ O ₅										
WO ₃							5.00			
ZnO	6.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaO								5.00		
SrO									5.00	
BaO										5.00
Li ₂ O	1.03	1.54	1.03	1.54	1.03	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
Sb ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂										
总计 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/La ₂ O ₃	1.11	0.89	0.81	0.87	0.85	0.98	1.05	1.05	1.05	1.05
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	1.23	0.44	0.35	0.44	0.26	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96	96.96	94.96	94.96	94.96	94.96
n _d	1.755	1.769	1.769	1.753	1.751	1.776	1.768	1.761	1.761	1.761
v _d	51.1	50.8	51.5	52.4	51.9	48.5	49.1	50.7	50.7	50.7
T _g (°C)	585	579	599	588	604	583	575	570	571	568
夹杂物等级 (类)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 5

实施例号	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	2.92	5.46	2.41	2.41	2.72	2.43	2.74	2.74
B ₂ O ₃	25.64	22.69	25.74	25.74	25.74	25.97	25.97	25.97
La ₂ O ₃	30.21	30.21	33.27	31.74	30.21	29.61	33.40	35.45
Gd ₂ O ₃	30.20	30.20	30.20	30.20	30.20	30.46	30.46	30.46
Yb ₂ O ₃								
TiO ₂								
ZrO ₂	6.14	6.14	3.09	6.14	6.14	6.20	6.20	4.14
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅	3.75	3.75	3.75	2.23	3.75	3.79		
WO ₃								
ZnO	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
CaO								
SrO								
BaO								
Li ₂ O	0.10	0.51	0.51	0.51	0.20	0.51	0.21	0.21
Sb ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂								
总计 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
F	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	4.48	4.48	4.48
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/La ₂ O ₃	1.00	1.00	0.91	0.95	1.00	1.03	0.91	0.86
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	0.37	0.27	0.62	0.62	0.44	0.62	0.44	0.44
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ + Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	96.20	96.21	96.21	97.73	96.21	96.17	99.96	99.96
n _d	1.790	1.786	1.783	1.786	1.787	1.783	1.782	1.778
v _d	49.0	49.1	50.1	49.8	49.1	49.8	50.5	51.1
T _g (°C)	665	645	635	638	652	629	641	639
夹杂物等级 (类)	1	1	1	1	1	1	1	1

表 6

实施例号	49	50	51	52	53
SiO ₂	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
B ₂ O ₃	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91
La ₂ O ₃	34.63	34.63	34.63	34.63	34.63
Gd ₂ O ₃	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07
Yb ₂ O ₃	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39
TiO ₂					
ZrO ₂	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
Nb ₂ O ₅					
Ta ₂ O ₅					
WO ₃					
ZnO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaO					
SrO					
BaO					
Li ₂ O	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
Sb ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
GeO ₂					
总计 (%)	100	100	100	100	100
F	4.48	4.00	3.70	3.50	3.30
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/La ₂ O ₃	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	99.96	99.96	99.96	99.96	99.96
n _d	1.750	1.750	1.751	1.751	1.751
v _d	52.9	52.8	52.7	52.6	52.6
T _g (°C)	608	610	613	615	618
夹杂物等级 (类)	1	1	1	1	1

表 7

比较例号	A	B	C	D	E	F
SiO ₂	3.62	12.20	10.59	5.50	7.00	
B ₂ O ₃	32.43	8.14	18.15	23.60	23.20	24.50
Al ₂ O ₃		5.09				
Y ₂ O ₃			5.04			
La ₂ O ₃	28.89	49.14	43.53	43.40	24.60	42.82
Gd ₂ O ₃	26.96			10.00	31.50	20.42
Yb ₂ O ₃	2.00	25.43	15.13			
ZrO ₂	5.80		7.56	7.10	5.20	
Nb ₂ O ₅	0.40					
Ta ₂ O ₅				8.50	7.70	4.09
WO ₃				0.50		4.09
ZnO				1.40		
MgO						2.45
Li ₂ O	0.10					1.63
Na ₂ O					0.30	
K ₂ O					0.50	
总计 (%)	100	100	100	100	100	100
F		2.96	1.47			5.04
(Y ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃)/ La ₂ O ₃	1.01	0.52	0.46	0.23	1.28	0.48
(Li ₂ O+ZnO)/SiO ₂	0.03	0.00	0.00	0.25	0.00	—
SiO ₂ +B ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂ +Yb ₂ O ₃ +ZnO	99.60	94.91	94.96	91.00	91.50	89.37
nd	1.751	1.778	1.782	1.797	不透明	不透明
vd	51.5	50.7	49.3	46.6		
T _g (°C)	685	695	682	684		
夹杂物等级 (类)	4	5	5	4		

表 1 到 6 中显示的**光学玻璃**(**实施例 1 到 53**)是通过按照表 1-6 所示各个**实施例**的比值称重并混合**光学玻璃**用普通原料制备的，这些原料如氧化物、氢氧化物、碳酸盐、硝酸盐和氟化物，将混合原料放置在铂坩锅中，在 1100℃到 1300℃的温度内熔融三到五个小时，这取决于该组合物的熔融性能并且，在澄清和为了均化而进行的搅拌之后，将熔融物在模具内铸型并退火。

通过设置退火速度为 25℃每小时，测定得到的**光学玻璃**的折射率(nd)和阿贝数(vd)。

用日本**光学玻璃**工业标准 JOGISO8-2003 (**光学玻璃**热膨胀的测量方法)描述的方法测量玻璃化转变温度(Tg)。作为试样，本发明所用的样品具有 50mm 的长度和 4mm 的直径

夹杂物等级的获得是通过实施根据日本**光学玻璃**工业标准 JOGISI2-1994 表 1 显示的 100 毫升玻璃中含有夹杂物的横截面总和进行分类 (**光学玻璃**中夹杂物的测量方法)。在该标准中"夹杂物"是细小的晶体，例如失透和细小的铂晶体，细小的气泡等类似的物质。1 类是**光学玻璃**中夹杂物横截面总和小于 0.03mm² 的等级。2 类是**光学玻璃**中夹杂物横截面总和在 0.03mm² 到小于 0.1mm²

的等级。3类是光学玻璃中夹杂物横截面总和在 0.1mm^2 到小于 0.25mm^2 的等级。4类是光学玻璃中夹杂物横截面总和在 0.25mm^2 到小于 0.5mm^2 的等级。5类是光学玻璃中夹杂物横截面总和为 0.5mm^2 或者更高。

如表1-6所示,本发明实施例的光学玻璃(1-53)全部具有特定范围内的光学常数(折射率(nd)和阿贝数(vd)并且具有 530°C 到 680°C 的玻璃化转变温度(T_g),因此适于再热压模或者精确压模。此外,这些实施例光学玻璃全部具有优良的杂质等级,因此具有优良的内部质量。

相比之下,除了比较例A-E的样品是在 1200°C 到 1400°C 温度下熔融以及比较例F的样品是在与本发明实施例相同温度范围,也就是说 1100°C 到 1300°C 下熔融的以外,比较例A-F的样品是用与本发明实施例相同的条件制备的,并且用与本发明实施例相同的方法测定这些比较例的性能。比较例A-D的光学玻璃具有超过 680°C 的玻璃化转变温度(T_g)。因此难以将这些光学玻璃用于精确压制模具。比较例B和C的光学玻璃外来杂质等级是5类,因此未能满足本发明的性能要求。当玻璃熔融物浇铸进模具时,比较例E和F的组合物结晶。由此不能得到上述条件的玻璃,并不可能测定玻璃的性能。

工业实用性

如上所述,本发明的光学玻璃是一种 $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-F}$ 玻璃,它基本上不含 As_2O_3 并且具有上述特定范围内的光学常数,即它的折射率(nd)和阿贝数(vd)处于x-y直角坐标中在由依照A点、B点、C点、D点和A点的顺序连结A点(nd为1.75和vd为50.0)、B点(nd为1.80和vd为46.0)、C点(nd为1.80和vd为50.0)和D点(nd为1.75和vd为56.0)的直线组成的界线所包括的范围之内,在该x-y直角坐标中x坐标代表阿贝数(vd),y坐标代表折射率(nd),该范围包括除了连接A点和D点以及连接B点和C点的直线以外的界线上的折射率(nd)和阿贝数(vd)。并且具有 530°C 到 680°C 的玻璃化转变温度(T_g)。因此,本发明光学玻璃适于再热压模和精确压模,因此具有充分的工业实用性。

而且,由于本发明的光学玻璃在夹杂物和气泡方面具有优良的内部质量,它具有高产率以及由此带来的高产量。

为了说明的目的,本发明已经进行了详细描述,但应该理解本发明描述的实施例只是用于说明目的,本领域熟练技术人员可以作出各种变化而不背离本发明的精神和范围。

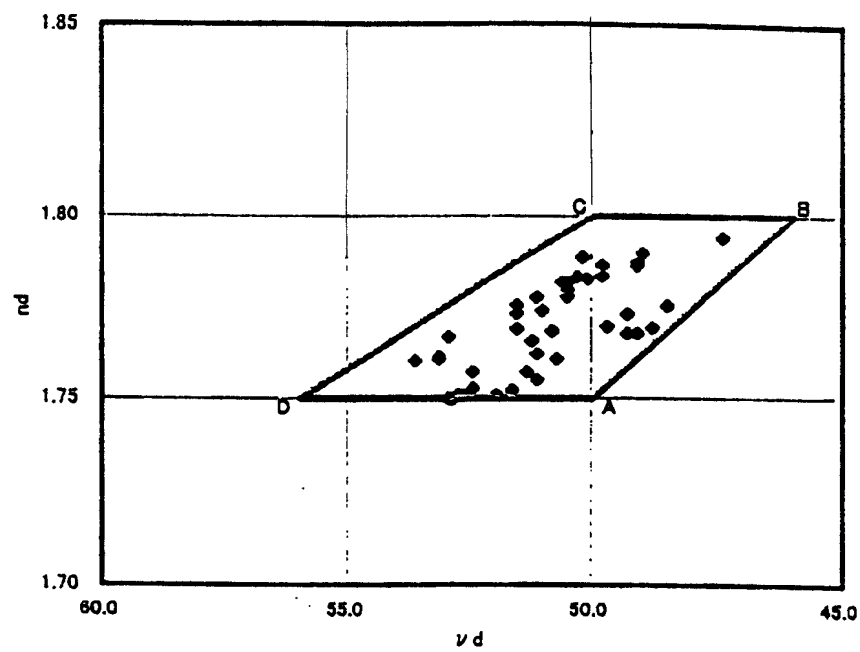


图 1