



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113227005 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 201980086095.4

木下清贵 永野雄太

(22) 申请日 2019.12.24

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

(30) 优先权数据

代理人 任岩

2018-240718 2018.12.25 JP

2019-096572 2019.05.23 JP

2019-164611 2019.09.10 JP

(51) Int.Cl.

C03C 3/085 (2006.01)

C03C 3/083 (2006.01)

C03C 3/091 (2006.01)

C03C 3/093 (2006.01)

C03C 3/097 (2006.01)

C03C 3/11 (2006.01)

C03C 21/00 (2006.01)

G06F 3/041 (2006.01)

G09F 9/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.06.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2019/050571 2019.12.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/138062 JA 2020.07.02

(71) 申请人 日本电气硝子株式会社

地址 日本国滋贺县

(72) 发明人 结城健 铃木良太 市丸智宪

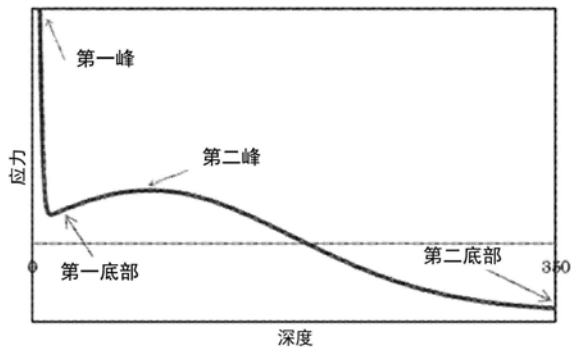
权利要求书2页 说明书32页 附图1页

(54) 发明名称

强化玻璃板及其制造方法

(57) 摘要

本发明的强化玻璃板的特征在于,在表面具有压缩应力层的强化玻璃中,作为玻璃组成,以摩尔%计含有SiO<sub>2</sub> 50~80%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8~25%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0~10%、Li<sub>2</sub>O 3~15%、Na<sub>2</sub>O 3~21%、K<sub>2</sub>O 0~10%、MgO 0~10%、ZnO 0~10%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0~15%。



1. 一种强化玻璃板,其特征在于,在表面具有压缩应力层的强化玻璃中,作为玻璃组成,以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50%~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8%~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0%~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3%~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3%~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0%~10%、 $\text{MgO}$  0%~10%、 $\text{ZnO}$  0%~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0%~15%。

2. 如权利要求1所述的强化玻璃板,其特征在于,满足摩尔比  $([\text{Na}_2\text{O}] - [\text{Li}_2\text{O}]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{P}_2\text{O}_5]) \leq 0.29$  的关系。

3. 如权利要求1或2所述的强化玻璃板,其特征在于,满足摩尔比  $([\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{P}_2\text{O}_5]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Li}_2\text{O}]) \geq 0.30$  的关系。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,含有12摩尔%以上的  $([\text{Li}_2\text{O}] + [\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}])$ , 并且满足  $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \geq -22$  摩尔%的关系。

5. 如权利要求1~4中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于, $\text{P}_2\text{O}_5$ 的含量为0.1摩尔%~2.3摩尔%。

6. 如权利要求1~5中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于, $\text{B}_2\text{O}_3$ 的含量为0.1摩尔%~4摩尔%。

7. 如权利要求1~6中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,压缩应力层的最表面的压缩应力值为200MPa~1000MPa。

8. 如权利要求1~7中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,压缩应力层的应力深度为50 $\mu\text{m}$ ~200 $\mu\text{m}$ 。

9. 如权利要求1~8中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,高温粘度 $10^{2.5}$ dPa·s时的温度不足1650 $^{\circ}\text{C}$ 。

10. 如权利要求1~9中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,所述强化玻璃板在板厚方向的中央部具有溢流合流面。

11. 如权利要求1~10中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,所述强化玻璃板用于触控面板显示器的盖玻璃。

12. 如权利要求1~8中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,在表面具有压缩应力层的强化玻璃中,作为玻璃组成含有 $\text{Al}_2\text{O}_3$  17摩尔%以上、 $\text{P}_2\text{O}_5$  1摩尔%以上、 $([\text{Li}_2\text{O}] + [\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}])$  12摩尔%以上,并且满足  $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \geq -22$  摩尔%的关系。

13. 如权利要求1~12中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的含量为0.001摩尔%~0.1摩尔%。

14. 如权利要求1~13中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于, $\text{TiO}_2$ 的含量为0.001摩尔%~0.1摩尔%。

15. 如权利要求1~14中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于, $\text{SnO}_2$ 的含量为0.01摩尔%~1摩尔%。

16. 如权利要求1~15中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,C1的含量为0.001摩尔%~0.1摩尔%。

17. 如权利要求1~16中任一项所述的强化玻璃板,其特征在于,厚度方向的应力分布曲线至少具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部。

18. 一种强化用玻璃板,其特征在于,作为玻璃组成,以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50%~80%、

$\text{Al}_2\text{O}_3$  8%~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0%~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3%~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3%~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0%~10%、 $\text{MgO}$  0%~10%、 $\text{ZnO}$  0%~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0%~15%。

19. 一种强化玻璃板的制造方法,其特征在于,包括以下工序:

准备工序,准备作为玻璃组成以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50%~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8%~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0%~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3%~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3%~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0%~10%、 $\text{MgO}$  0%~10%、 $\text{ZnO}$  0%~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0%~15%的强化用玻璃板;以及

离子交换工序,对该强化用玻璃板进行多次离子交换处理,得到在表面具有压缩应力层的强化玻璃板。

## 强化玻璃板及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种强化玻璃板及其制造方法,尤其涉及适合于移动电话、数字相机、PDA(便携终端)等的触控面板显示器的盖玻璃的强化玻璃板及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 在移动电话、数字相机、PDA(便携终端)等的用途中,作为触控面板显示器的盖玻璃,使用了经离子交换处理的强化玻璃板(参照专利文献1、非专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2006-83045号公报

[0006] 专利文献2:日本特表2016-524581号公报

[0007] 专利文献3:日本特表2011-510903号公报

[0008] 非专利文献

[0009] 非专利文献1:泉谷彻郎等,《新型玻璃及其物性》,第一版,株式会社经营系统研究所,1984年8月20日,451-498页。

### 发明内容

[0010] 发明所要解决的课题

[0011] 然而,当误将智能手机掉落于路面等时,存在盖玻璃破损,而无法使用智能手机的情况。由此,为了避免这种情况,重要的是提高强化玻璃板的强度。

[0012] 作为提高强化玻璃板的强度的方法,有用的是加深应力深度。详细而言,若在智能手机掉落时,盖玻璃与路面冲撞,则路面的突起物或沙粒会穿入盖玻璃而到达拉伸应力层,从而导致破损。因此,若加深压缩应力层的应力深度,则路面的突起物或沙粒难以到达拉伸应力层,从而能够降低盖玻璃的破损概率。

[0013] 锂铝硅酸盐玻璃在得到深的应力深度方面是有利的。特别是,若将包含锂铝硅酸盐玻璃的强化用玻璃板浸渍于包含 $\text{NaNO}_3$ 的熔融盐中,对玻璃中的Li离子与熔融盐中的Na离子进行离子交换,则可得到具有深的应力深度的强化玻璃板。

[0014] 但是,在以往的锂铝硅酸盐玻璃中,存在压缩应力层的压缩应力值变得过小的可能性。另一方面,若以加大压缩应力层的压缩应力值的方式设计玻璃组成,则存在化学稳定性下降的可能性。此外,锂铝硅酸盐玻璃由于玻璃组成失衡,在成形时容易产生失透物,因此难以进行板状成形。

[0015] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其技术课题在于提供一种能够成形为板状,化学稳定性优异,且掉落时不易破损的强化玻璃板。

[0016] 用于解决课题的手段

[0017] 本发明人等进行了各种研究,结果发现通过将玻璃组成限制为规定范围,可解决上述技术课题,作为本发明而提出。即,本发明的强化玻璃板的特征在于,在表面具有压缩

应力层的强化玻璃中,作为玻璃组成,以摩尔%计含有SiO<sub>2</sub> 50~80%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8~25%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0~10%、Li<sub>2</sub>O 3~15%、Na<sub>2</sub>O 3~21%、K<sub>2</sub>O 0~10%、MgO 0~10%、ZnO 0~10%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0~15%。

[0018] 另外,本发明的强化玻璃板优选满足摩尔比  $([\text{Na}_2\text{O}] - [\text{Li}_2\text{O}]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{P}_2\text{O}_5]) \leq 0.29$  的关系。此处,  $[\text{Na}_2\text{O}]$  是指Na<sub>2</sub>O的摩尔%含量。 $[\text{Li}_2\text{O}]$  是指Li<sub>2</sub>O的摩尔%含量。 $[\text{Al}_2\text{O}_3]$  是指Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的摩尔%含量。 $[\text{B}_2\text{O}_3]$  是指B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的摩尔%含量。 $[\text{P}_2\text{O}_5]$  是指P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的摩尔%含量。 $([\text{Na}_2\text{O}] - [\text{Li}_2\text{O}]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{P}_2\text{O}_5])$  是指将由Na<sub>2</sub>O的含量减去Li<sub>2</sub>O的含量而得的量除以Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的合计量而得的值。

[0019] 另外,本发明的强化玻璃板优选为满足摩尔比  $([\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{P}_2\text{O}_5]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Li}_2\text{O}]) \geq 0.30$  的关系。此处,  $([\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{P}_2\text{O}_5]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Li}_2\text{O}])$  是指将由B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与Na<sub>2</sub>O合计量减去P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含量而得的量除以Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与Li<sub>2</sub>O的合计量而得的值。

[0020] 另外,本发明的强化玻璃板的特征在于,含有12摩尔%以上的  $([\text{Li}_2\text{O}] + [\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}])$ , 并且满足  $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \geq -22$  摩尔%的关系。此处,  $[\text{K}_2\text{O}]$  是指K<sub>2</sub>O的摩尔%含量。 $[\text{SiO}_2]$  是指SiO<sub>2</sub>的摩尔%含量。 $([\text{Li}_2\text{O}] + [\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}])$  是指Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O以及K<sub>2</sub>O的合计量。 $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$  是指由SiO<sub>2</sub>的含量与P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的1.2倍的含量的合计减去Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的3倍的含量、Li<sub>2</sub>O的2倍的含量、Na<sub>2</sub>O的1.5倍的含量、K<sub>2</sub>O的含量及B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量而得的值。

[0021] 另外,本发明的强化玻璃板优选为:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含量为0.1~2.3摩尔%。

[0022] 另外,本发明的强化玻璃板优选为:B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量为0.1~4摩尔%。

[0023] 另外,在本发明的强化玻璃板中,优选压缩应力层的最表面的压缩应力值为200~1000MPa。此处,“最表面的压缩应力值”与“应力深度”例如是指由使用散射光弹性应力计SLP-1000(株式会社折原制作所制)所观察的相位差分布曲线而测定的值。并且,应力深度是指应力值成为零的深度。另外,计算应力特性时,将各测定试样的折射率设为1.51,将光学弹性常数设为30.1[(nm/cm)/MPa]。

[0024] 另外,在本发明的强化玻璃板中,优选压缩应力层的应力深度为50~200μm。

[0025] 另外,在本发明的强化玻璃板中,优选高温粘度10<sup>2.5</sup>dPa·s时的温度不足1650℃。此处,“高温粘度10<sup>2.5</sup>dPa·s时的温度”例如可利用铂球提拉法来测定。

[0026] 另外,本发明的强化玻璃板优选为在板厚方向的中央部具有溢流合流面,即利用溢流下拉法成形而成。此处,“溢流下拉法”是使熔融玻璃从成形体耐火物的两侧溢出,使所溢出的熔融玻璃在成形体耐火物的下端合流,并且沿下方进行延伸成形而制造玻璃板的方法。

[0027] 另外,本发明的强化玻璃板优选用于触控面板显示器的盖玻璃。

[0028] 另外,本发明的强化玻璃板的特征在于,在表面具有压缩应力层的强化玻璃中,作为玻璃组成含有Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17摩尔%以上、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1摩尔%以上、 $([\text{Li}_2\text{O}] + [\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}])$  12摩尔%以上,并且满足  $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \geq -22$  摩尔%的关系。由此,容易得到在提高离子交换性能的同时,能够成形为板状,而且耐酸性高的玻璃。

[0029] 另外,本发明的强化玻璃板优选Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量为0.001~0.1摩尔%。

- [0030] 另外,本发明的强化玻璃板优选 $\text{TiO}_2$ 的含量为0.001~0.1摩尔%。
- [0031] 另外,本发明的强化玻璃板优选 $\text{SnO}_2$ 的含量为0.01~1摩尔%。
- [0032] 另外,本发明的强化玻璃板优选Cl的含量为0.001~0.1摩尔%。
- [0033] 另外,本发明的强化玻璃板优选厚度方向的应力分布曲线至少具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部。
- [0034] 本发明的强化用玻璃板的特征在于,作为玻璃组成,以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0~10%、 $\text{MgO}$  0~10%、 $\text{ZnO}$  0~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0~15%。
- [0035] 本发明的强化玻璃板的制造方法的特征在于包括:准备工序,准备作为玻璃组成以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0~10%、 $\text{MgO}$  0~10%、 $\text{ZnO}$  0~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0~15%的强化用玻璃板;以及离子交换工序,对该强化用玻璃板进行多次离子交换处理,得到在表面具有压缩应力层的强化玻璃板。

### 附图说明

- [0036] 图1是例示具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线的说明图。
- [0037] 图2是例示具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线的其他说明图。

### 具体实施方式

- [0038] 本发明的强化玻璃板(强化用玻璃板)中,作为玻璃组成,以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0~10%、 $\text{MgO}$  0~10%、 $\text{ZnO}$  0~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0~15%。以下示出限定各成分的含有范围的理由。需要说明的是,在各成分的含有范围的说明中,只要没有特别说明,则%的表达是指摩尔%。
- [0039]  $\text{SiO}_2$ 为形成玻璃的网络的成分。若 $\text{SiO}_2$ 的含量过少,则难以玻璃化,而且热膨胀系数变得过高,耐热冲击性容易下降。由此, $\text{SiO}_2$ 的优选的下限范围为50%以上、55%以上、57%以上、59%以上、特别是61%以上。另一方面,若 $\text{SiO}_2$ 的含量过多,则熔融性或成形性容易下降,而且热膨胀系数变得过低,难以与周边材料的热膨胀系数匹配。由此, $\text{SiO}_2$ 的优选的上限范围为80%以下、70%以下、68%以下、66%以下、65%以下、特别是64.5%以下。
- [0040]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为提高离子交换性能的成分,而且为提高应变点、杨氏模量、破坏韧性、维氏硬度的成分。由此, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的优选的下限范围为8%以上、10%以上、12%以上、13%以上、14%以上、14.4%以上、15%以上、15.3%以上、15.6%以上、16%以上、16.5%以上、17%以上、17.2%以上、17.5%以上、17.8%以上、18%以上、超过18%、18.3%以上、特别是18.5%以上、18.6%以上、18.7%以上、18.8%以上。另一方面,若 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量过多,则高温粘度上升,熔融性或成形性容易下降。而且,玻璃中容易析出失透结晶,难以利用溢流下拉法等成形为板状。特别是,在使用氧化铝系耐火物作为成形体耐火物,并利用溢流下拉法成形为板状的情况下,在与氧化铝系耐火物的界面容易析出尖晶石的失透结晶。进而,耐酸性也下降,难以应用于酸处理工序。由此, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的优选的上限范围为25%以下、21%以下、20.5%以下、20%以下、19.9%以下、19.5%以下、19.0%以下、特别是18.9%以下。若将对离子交换性能

的影响大的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量设为优选的范围,则容易形成具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的分布图。

[0041]  $\text{B}_2\text{O}_3$ 为使高温粘度或密度下降并且使玻璃稳定化,使结晶难以析出,并使液相温度下降的成分。若 $\text{B}_2\text{O}_3$ 的含量过少,则玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换的应力深度变得过深,结果压缩应力层的压缩应力值( $\text{CS}_{\text{Na}}$ )容易变小。而且,也存在玻璃变得不稳定,耐失透性下降的可能性。由此, $\text{B}_2\text{O}_3$ 的优选的下限范围为0%以上、0.1%以上、0.2%以上、0.5%以上、0.6%以上、0.7%以上、0.8%以上、0.9%以上、特别是1%以上。另一方面,若 $\text{B}_2\text{O}_3$ 的含量过多,则存在应力深度变浅的可能性。特别是玻璃中所含的Na离子与熔融盐中的K离子的离子交换的效率容易下降,压缩应力层的应力深度( $\text{DOL\_ZERO}_{\text{K}}$ )容易变小。由此, $\text{B}_2\text{O}_3$ 的优选的上限范围为10%以下、5%以下、4%以下、3.8%以下、3.5%以下、3.3%以下、3.2%以下、3.1%以下、3%以下、特别是2.9%以下。若将 $\text{B}_2\text{O}_3$ 的含量设为优选的范围,则容易形成具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的分布图。

[0042]  $\text{Li}_2\text{O}$ 为离子交换成分,特别是为了将玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子进行离子交换而得到深的应力深度的必需的成分。而且, $\text{Li}_2\text{O}$ 是使高温粘度下降,提高熔融性或成形性的成分,并且是提高杨氏模量的成分。由此, $\text{Li}_2\text{O}$ 的优选的下限范围为3%以上、4%以上、5%以上、5.5%以上、6.5%以上、7%以上、7.3%以上、7.5%以上、7.8%以上、特别是8%以上。由此, $\text{Li}_2\text{O}$ 的优选的上限范围为15%以下、13%以下、12%以下、11.5%以下、11%以下、10.5%以下、不足10%、特别是9.9%以下、9%以下、8.9%以下。

[0043]  $\text{Na}_2\text{O}$ 为离子交换成分,而且为使高温粘度下降,提高熔融性或成形性的成分。而且, $\text{Na}_2\text{O}$ 为提高耐失透性的成分,特别是抑制因与氧化铝系耐火物的反应而产生的失透的成分。由此, $\text{Na}_2\text{O}$ 的优选的下限范围为3%以上、4%以上、5%以上、6%以上、7%以上、7.5%以上、8%以上、8.5%以上、8.8%以上、特别是9%以上。另一方面,若 $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量过多,则热膨胀系数变得过高,耐热冲击性容易下降。而且存在玻璃组成的成分失衡,反而耐失透性下降的情况。由此, $\text{Na}_2\text{O}$ 的优选的上限范围为21%以下、20%以下、19%以下、特别是18%以下、15%以下、13%以下、11%以下、特别是10%以下。

[0044]  $\text{K}_2\text{O}$ 为使高温粘度下降,提高熔融性或成形性的成分。但是,若 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量过多,则热膨胀系数变得过高,耐热冲击性容易下降。而且,最表面的压缩应力值容易下降。由此, $\text{K}_2\text{O}$ 的优选的上限范围为10%以下、7%以下、6%以下、5%以下、4%以下、3%以下、2%以下、1.5%以下、1%以下、不足1%、0.5%以下、特别是不足0.1%。需要说明的是,若注重加深应力深度的观点,则 $\text{K}_2\text{O}$ 的优选的下限范围为0%以上、0.1%以上、0.3%以上、特别是0.5%以上。

[0045] 摩尔比 $[\text{Li}_2\text{O}]/([\text{Na}_2\text{O}]+[\text{K}_2\text{O}])$ 优选为0.4~1.0、0.5~0.9、特别是0.6~0.8。若摩尔比 $[\text{Li}_2\text{O}]/([\text{Na}_2\text{O}]+[\text{K}_2\text{O}])$ 过小,则出现无法充分发挥离子交换性能的可能性。特别是玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换的效率容易下降。另一方面,若摩尔比 $[\text{Li}_2\text{O}]/([\text{Na}_2\text{O}]+[\text{K}_2\text{O}])$ 过大,则玻璃中容易析出失透结晶,而难以利用溢流下拉法等成形为板状。需要说明的是,“ $[\text{Li}_2\text{O}]/([\text{Na}_2\text{O}]+[\text{K}_2\text{O}])$ ”是指将 $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量除以 $\text{Na}_2\text{O}$ 与 $\text{K}_2\text{O}$ 的合计量所得的值。

[0046]  $\text{MgO}$ 为使高温粘度下降,提高熔融性或成形性,或者提高应变点或维氏硬度的成分,且为碱土金属氧化物中提高离子交换性能的效果大的成分。但是,若 $\text{MgO}$ 的含量过多,则

耐失透性容易下降,特别是难以抑制因与氧化铝系耐火物的反应而产生的失透。由此,MgO的优选的含量为0~10%、0~5%、0.1~4%、0.2~3.5%、特别是0.5%以上且不足3%。

[0047] ZnO为提高离子交换性能的成分,特别是提高最表面的压缩应力值的效果大的成分。而且是使高温粘性下降而不会使低温粘性下降的成分。ZnO的优选的下限范围为0%以上、0.1%以上、0.3%以上、0.5%以上、0.7%以上、特别是1%以上。另一方面,若ZnO的含量过多,则存在玻璃分相,或耐失透性下降,或密度变高,或者应力深度变浅的倾向。由此,ZnO的优选的上限范围为10%以下、6%以下、5%以下、4%以下、3%以下、2%以下、1.5%以下、1.3%以下、1.2%以下、特别是1.1%以下。

[0048]  $P_2O_5$ 为提高离子交换性能的成分,特别是加深应力深度的成分。进而也是提高耐酸性的成分。若 $P_2O_5$ 的含量过少,则出现无法充分发挥离子交换性能的可能性。特别是玻璃中所含的Na离子与熔融盐中的K离子的离子交换的效率容易下降,压缩应力层的应力深度(DOL\_ZERO<sub>K</sub>)容易变小。而且,玻璃变得不稳定,也存在耐失透性下降的可能性。由此, $P_2O_5$ 的优选的下限范围为0%以上、0.1%以上、0.4%以上、0.7%以上、1%以上、1.2%以上、1.4%以上、1.6%以上、2%以上、2.3%以上、2.5%以上、特别是3%以上。另一方面,若 $P_2O_5$ 的含量过多,则玻璃分相,或耐水性容易下降。而且,玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换的应力深度变得过深,结果压缩应力层的压缩应力值(CS<sub>Na</sub>)容易变小。由此, $P_2O_5$ 的优选的上限范围为15%以下、10%以下、5%以下、4.5%以下、4%以下。若将 $P_2O_5$ 的含量设为优选的范围,则容易形成非单调的分布图。

[0049] 碱金属氧化物为离子交换成分,并且是使高温粘度下降,提高熔融性或成形性的成分。若碱金属氧化物的含量( $[Li_2O]+[Na_2O]+[K_2O]$ )过多,则存在热膨胀系数变高的可能性。而且,存在耐酸性下降的可能性。由此,碱金属氧化物( $[Li_2O]+[Na_2O]+[K_2O]$ )的优选的下限范围为10%以上、11%以上、12%以上、13%以上、14%以上、15%以上。由此,碱金属氧化物( $[Li_2O]+[Na_2O]+[K_2O]$ )的优选的上限范围为25%以下、23%以下、20%以下、19%以下、18%以下。

[0050] 摩尔比 $[Li_2O]/[P_2O_5]$ 优选为4~30、10~25、特别是15~20。若摩尔比 $[Li_2O]/[P_2O_5]$ 过小,则玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换的效率容易下降。另一方面,若摩尔比 $[Li_2O]/[P_2O_5]$ 过大,则玻璃中容易析出失透结晶,而难以利用溢流下拉法等成形为板状。需要说明的是,“ $[Li_2O]/[P_2O_5]$ ”是指将Li<sub>2</sub>O的含量除以 $P_2O_5$ 的含量所得的值。

[0051] 摩尔比 $([Na_2O]-[Li_2O])/([Al_2O_3]+[B_2O_3]+[P_2O_5])$ 优选为0.29以下、0.27以下、0.26以下、0.25以下、0.23以下、0.20以下、特别是0.15以下。若摩尔比 $([Na_2O]-[Li_2O])/([Al_2O_3]+[B_2O_3]+[P_2O_5])$ 过大,则出现无法充分发挥离子交换性能的可能性。特别是玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换的效率容易下降。

[0052] 摩尔比 $([B_2O_3]+[Na_2O]-[P_2O_5])/([Al_2O_3]+[Li_2O])$ 优选为0.30以上、0.35以上、0.40以上、0.42以上、0.43以上、特别是0.45以上。若摩尔比 $([B_2O_3]+[Na_2O]-[P_2O_5])/([Al_2O_3]+[Li_2O])$ 过小,则玻璃中容易析出失透结晶,而难以利用溢流下拉法等成形为板状。

[0053]  $([SiO_2]+1.2\times[P_2O_5]-3\times[Al_2O_3]-2\times[Li_2O]-1.5\times[Na_2O]-[K_2O]-[B_2O_3])$ 优选为-40%以上、-30%以上、-25%以上、-24%以上、-23%以上、-22%以上、-21%以上、-20%以上、-19%以上、特别是-18%以上。若 $([SiO_2]+1.2\times[P_2O_5]-3\times[Al_2O_3]-2\times[Li_2O]-1.5\times$

$[\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$ ) 过小, 则耐酸性容易下降。另一方面, 若  $([\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3])$  过大, 则出现无法充分发挥离子交换性能的可能性。由此,  $([\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3])$  优选为30摩尔%以下、20摩尔%以下、15摩尔%以下、10摩尔%以下、5摩尔%以下、特别是0摩尔%以下。

[0054] 除上述成分以外, 例如也可添加以下的成分。

[0055]  $\text{CaO}$ 为与其他成分相比较, 是使高温粘度下降而不伴有耐失透性的下降, 提高熔融性或成形性, 或者提高应变点或维氏硬度的成分。但是, 若 $\text{CaO}$ 的含量过多, 则存在离子交换性能下降或离子交换处理时使离子交换溶液劣化的可能性。由此,  $\text{CaO}$ 的优选的上限范围为6%以下、5%以下、4%以下、3.5%以下、3%以下、2%以下、1%以下、不足1%、0.5%以下、特别是不足0.1%。

[0056]  $\text{SrO}$ 与 $\text{BaO}$ 为使高温粘度下降, 提高熔融性或成形性, 或者提高应变点或杨氏模量的成分, 但若这些的含量过多, 则容易阻碍离子交换反应, 此外, 密度或热膨胀系数不合理地变高, 或玻璃容易失透。由此,  $\text{SrO}$ 与 $\text{BaO}$ 的优选含量分别为0~2%、0~1.5%、0~1%、0~0.5%、0~0.1%、特别是0%以上且不足0.1%。

[0057]  $\text{ZrO}_2$ 为提高维氏硬度的成分, 并且为提高液相粘度附近的粘性或应变点的成分, 但若其含量过多, 则存在耐失透性显著下降的可能性。由此,  $\text{ZrO}_2$ 的优选含量为0~3%、0~1.5%、0~1%、特别是0~0.1%。

[0058]  $\text{TiO}_2$ 为提高离子交换性能的成分, 而且为使高温粘度下降的成分, 但若其含量过多, 则透明性或耐失透性容易下降。由此,  $\text{TiO}_2$ 的优选含量为0~3%、0~1.5%、0~1%、0~0.1%、特别是0.001~0.1摩尔%。

[0059]  $\text{SnO}_2$ 为提高离子交换性能的成分, 但若其含量过多, 则耐失透性容易下降。由此,  $\text{SnO}_2$ 的优选的下限范围为0.005%以上、0.01%以上、特别是0.1%以上, 优选的上限范围为3%以下、2%以下、特别是1%以下。

[0060]  $\text{Cl}$ 为澄清剂, 若其含量过多, 则为对环境或设备产生不良影响的成分。由此,  $\text{Cl}$ 的优选的下限范围为0.001%以上、特别是0.01%以上, 优选的上限范围为0.3%以下、0.2%以下、特别是0.1%以下。

[0061] 作为澄清剂, 也可添加0.001~1%的选自 $\text{SO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 的组(优选为 $\text{SO}_3$ 的组)中的一种或两种以上。

[0062]  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 为自原料中不可避免地混入的杂质。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的优选含量为不足1000ppm(不足0.1%)、不足800ppm、不足600ppm、不足400ppm、特别是不足300ppm。若 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的含量过多, 则盖玻璃的透射率容易下降。另一方面, 下限范围为10ppm以上、20ppm以上、30ppm以上、50ppm以上、80ppm以上、100ppm以上。若 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的含量过少, 则因为使用高纯度原料, 所以原料成本高涨, 无法廉价地制造制品。

[0063]  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Hf}_2\text{O}_3$ 等稀土类氧化物为提高杨氏模量的成分。但是, 原料成本高, 而且若大量添加, 则耐失透性容易下降。由此, 稀土类氧化物的优选含量为5%以下、3%以下、2%以下、1%以下、0.5%以下、特别是0.1%以下。

[0064] 从环境方面考虑, 本发明的强化玻璃板(强化用玻璃板)优选实质上不含 $\text{As}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{PbO}$ 以及 $\text{F}$ 作为玻璃组成。而且, 从环境方面考虑, 也优选为实质上不含 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 。所谓“实

质上不含~”表示以下意思:虽然不积极地添加明示的成分作为玻璃成分,但允许以杂质水平添加,具体而言是指,明示的成分的含量不足0.05%的情况。

[0065] 本发明的强化玻璃板(强化用玻璃板)优选具有以下特性。

[0066] 密度优选为 $2.55\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、 $2.53\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、 $2.50\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、 $2.49\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、 $2.45\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、特别是 $2.35\sim 2.44\text{g}/\text{cm}^3$ 。密度越低,越能够使强化玻璃板轻量化。

[0067]  $30\sim 380^\circ\text{C}$ 的热膨胀系数优选为 $150\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 以下、 $100\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 以下、特别是 $50\sim 95\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 。需要说明的是,“ $30\sim 380^\circ\text{C}$ 的热膨胀系数”是指使用膨胀计测定平均热膨胀系数而得的值。

[0068] 软化点优选为 $950^\circ\text{C}$ 以下、 $930^\circ\text{C}$ 以下、 $900^\circ\text{C}$ 以下、 $880^\circ\text{C}$ 以下、 $860^\circ\text{C}$ 以下、特别是 $850\sim 700^\circ\text{C}$ 。需要说明的是,“软化点”是指基于ASTM C338的方法进行测定而得的值。

[0069] 高温粘度 $10^{2.5}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 时的温度优选为 $1660^\circ\text{C}$ 以下、不足 $1620^\circ\text{C}$ 、 $1600^\circ\text{C}$ 以下、特别是优选为 $1400\sim 1590^\circ\text{C}$ 。若高温粘度 $10^{2.5}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 时的温度过高,则熔融性或成形性下降,难以将熔融玻璃成形为板状。需要说明的是,“高温粘度 $10^{2.5}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 时的温度”是指利用铂球提拉法进行测定而得的值。

[0070] 液相粘度优选为 $10^{3.74}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{4.5}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{4.8}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{4.9}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{5.0}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{5.1}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{5.2}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{5.3}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、 $10^{5.4}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上、特别是 $10^{5.5}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以上。需要说明的是,液相粘度越高,耐失透性越高,成形时越难以产生失透物。此处,所谓“液相粘度”是指利用铂球提拉法对液相温度下的粘度进行测定而得的值。“液相温度”设为如下温度:将通过标准筛30目( $500\mu\text{m}$ )而残留于50目( $300\mu\text{m}$ )的玻璃粉末装入铂舟,在温度梯度炉中保持24小时后,将铂舟取出,通过显微镜观察,在玻璃内部确认到失透(失透物)的最高温度。

[0071] 杨氏模量优选为 $70\text{GPa}$ 以上、 $74\text{GPa}$ 以上、 $75\sim 100\text{GPa}$ 、特别是 $76\sim 90\text{GPa}$ 。若杨氏模量低,则在板厚薄的情况下,盖玻璃容易挠曲。需要说明的是,“杨氏模量”可利用公知的共振法来算出。

[0072] 本发明的强化玻璃板在表面具有压缩应力层。最表面的压缩应力值优选为 $165\text{MPa}$ 以上、 $200\text{MPa}$ 以上、 $220\text{MPa}$ 以上、 $250\text{MPa}$ 以上、 $280\text{MPa}$ 以上、 $300\text{MPa}$ 以上、 $310\text{MPa}$ 以上、特别是 $320\text{MPa}$ 以上。最表面的压缩应力值越大,维氏硬度越高。另一方面,若在表面形成极大的压缩应力,则强化玻璃内部所存在的拉伸应力变得极高,而且存在离子交换处理前后的尺寸变化变大的可能性。因此,最表面的压缩应力值优选为 $1000\text{MPa}$ 以下、 $900\text{MPa}$ 以下、 $700\text{MPa}$ 以下、 $680\text{MPa}$ 以下、 $650\text{MPa}$ 以下、特别是 $600\text{MPa}$ 以下。需要说明的是,若缩短离子交换时间,或降低离子交换溶液的温度,则最表面的压缩应力值存在变大的倾向。

[0073] 应力深度优选为 $50\mu\text{m}$ 以上、 $60\mu\text{m}$ 以上、 $80\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以上、特别是 $120\mu\text{m}$ 以上。应力深度越深,在智能手机掉落时,路面的突起物或沙粒越难以到达拉伸应力层,从而能够降低盖玻璃的破损概率。另一方面,若应力深度过深,则存在在离子交换处理前后尺寸变化变大的可能性。还存在最表面的压缩应力值下降的倾向。由此,应力深度优选为 $200\mu\text{m}$ 以下、 $180\mu\text{m}$ 以下、 $150\mu\text{m}$ 以下、特别是 $140\mu\text{m}$ 以下。需要说明的是,若延长离子交换时间,或提高离子交换溶液的温度,则存在应力深度变深的倾向。

[0074] 本发明的强化玻璃板中,板厚优选为 $2.0\text{mm}$ 以下、 $1.5\text{mm}$ 以下、 $1.3\text{mm}$ 以下、 $1.1\text{mm}$ 以下、 $1.0\text{mm}$ 以下、 $0.9\text{mm}$ 以下、特别是 $0.8\text{mm}$ 以下。板厚越小,越能够使强化玻璃板的质量下降。

另一方面,若板厚过薄,则难以得到所期望的机械强度。由此,板厚优选为0.3mm以上、0.4mm以上、0.5mm以上、0.6mm以上、特别是0.7mm以上。

[0075] 本发明的强化玻璃板的制造方法的特征在于包括:准备工序,准备作为玻璃组成以摩尔%计含有 $\text{SiO}_2$  50~80%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  8~25%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0~10%、 $\text{Li}_2\text{O}$  3~15%、 $\text{Na}_2\text{O}$  3~21%、 $\text{K}_2\text{O}$  0~10%、 $\text{MgO}$  0~10%、 $\text{ZnO}$  0~10%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  0~15%的强化用玻璃板;以及离子交换工序,对该强化用玻璃板进行多次离子交换处理,得到在表面具有压缩应力层的强化玻璃板。需要说明的是,本发明的强化玻璃板的制造方法以进行多次离子交换处理为特征,但本发明的强化玻璃板不仅包含进行多次离子交换处理的情况,也包含仅进行一次离子交换处理的情况。

[0076] 制造强化用玻璃的方法例如如下。优选首先将以成为所期望的玻璃组成的方式进行调配而成的玻璃原料投入至连续熔融炉中,以1400~1700℃进行加热熔融,澄清后,将熔融玻璃供给至成形装置后成形为板状,并进行冷却。在成形为板状后,切断加工为规定尺寸的方法可采用公知的方法。

[0077] 作为将熔融玻璃成形为板状的方法,优选为溢流下拉法。在溢流下拉法中,应成为玻璃板的表面的面不与成形体耐火物的表面接触,而以自由表面的状态成形为板状。因此,可廉价地制造未研磨但表面品质良好的玻璃板。此外,在溢流下拉法中,使用氧化铝系耐火物或氧化锆系耐火物作为成形体耐火物。并且,本发明的强化玻璃板(强化用玻璃板)与氧化铝系耐火物或氧化锆系耐火物(特别是氧化铝系耐火物)的匹配性良好,因此具有不易与这些耐火物反应而产生气泡或麻点等的性质。

[0078] 除溢流下拉法以外,也可采用各种成形方法。例如可采用浮法、下拉法(狭缝下拉法、再拉法等)、轧平法、压制法等成形方法。

[0079] 在熔融玻璃成形时,优选在从熔融玻璃的退火点起至应变点之间的温度域中以3℃/分钟以上且不足1000℃/分钟的冷却速度进行冷却,所述冷却速度的下限范围优选为10℃/分钟以上、20℃/分钟以上、30℃/分钟以上、特别是50℃/分钟以上,上限范围优选为不足1000℃/分钟、不足50℃/分钟、特别是不足300℃/分钟。若冷却速度过快,则玻璃的结构变粗,而难以在离子交换处理后提高维氏硬度。另一方面,若冷却速度过慢,则玻璃板的生产效率会下降。

[0080] 在本发明的强化玻璃板的制造方法中,进行多次离子交换处理。作为多次离子交换处理,优选在进行浸渍于包含 $\text{KNO}_3$ 熔融盐的熔融盐中的离子交换处理后,进行浸渍于包含 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐的熔融盐中的离子交换处理。如此,在确保深的应力深度的同时,可提高最表面的压缩应力值。

[0081] 特别是在本发明的强化玻璃板的制造方法中,优选在进行浸渍于 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐或 $\text{NaNO}_3$ 与 $\text{KNO}_3$ 混合熔融盐中的离子交换处理(第一离子交换工序)后,进行浸渍于 $\text{KNO}_3$ 与 $\text{LiNO}_3$ 混合熔融盐中的离子交换处理(第二离子交换工序)。如此,可形成图1、2中所示的非单调的应力分布曲线即至少具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线。其结果是,可大幅降低智能手机掉落时盖玻璃的破损概率。

[0082] 在第一离子交换工序中,玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子进行离子交换,在使用 $\text{NaNO}_3$ 与 $\text{KNO}_3$ 混合熔融盐的情况下,玻璃中所含的Na离子与熔融盐中的K离子进而进行离子交换。此处,相比于玻璃中所含的Na离子与熔融盐中的K离子的离子交换,玻璃中

所含的Li离子与熔融盐中的Na离子的离子交换速度快,离子交换的效率高。在第二离子交换工序中,玻璃表面附近(自最表面起至板厚的20%为止的浅的区域)的Na离子与熔融盐中的Li离子进行离子交换,此外,玻璃表面附近(自最表面起至板厚的20%为止的浅的区域)的Na离子与熔融盐中的K离子进行离子交换。即,在第二离子交换工序中,在使玻璃表面附近的Na离子脱离的同时,可导入离子半径大的K离子。结果,在维持深的应力深度的同时,可提高最表面的压缩应力值。

[0083] 在第一离子交换工序中,熔融盐的温度优选为360~400℃,离子交换时间优选为30分钟~6小时。在第二离子交换工序中,离子交换溶液的温度优选为370~400℃,离子交换时间优选为15分钟~3小时。

[0084] 在形成非单调的应力分布曲线方面,在第一离子交换工序中使用的NaNO<sub>3</sub>与KNO<sub>3</sub>混合熔融盐中,优选NaNO<sub>3</sub>的浓度高于KNO<sub>3</sub>的浓度,在第二离子交换工序中使用的KNO<sub>3</sub>与LiNO<sub>3</sub>混合熔融盐中,优选KNO<sub>3</sub>的浓度高于LiNO<sub>3</sub>的浓度。

[0085] 在第一离子交换工序中使用的NaNO<sub>3</sub>与KNO<sub>3</sub>混合熔融盐中,KNO<sub>3</sub>的浓度优选为0质量%以上、0.5质量%以上、1质量%以上、5质量%以上、7质量%以上、10质量%以上、15质量%以上、特别是20~90质量%。若KNO<sub>3</sub>的浓度过高,则有可能玻璃中所含的Li离子与熔融盐中的Na离子进行离子交换时所形成的压缩应力值过度下降。而且,若KNO<sub>3</sub>的浓度过低,则存在难以利用表面应力计FSM-6000进行应力测定的可能性。

[0086] 在第二离子交换工序中使用的KNO<sub>3</sub>与LiNO<sub>3</sub>混合熔融盐中,LiNO<sub>3</sub>的浓度优选为超过0质量%且5质量%以下、超过0质量%且3质量%以下、超过0质量%且2质量%以下、特别是0.1质量%以上且1质量%以下。若LiNO<sub>3</sub>的浓度过低,则玻璃表面附近的Na离子难以脱离。另一方面,若LiNO<sub>3</sub>的浓度过高,则有可能通过凭借玻璃表面附近的Na离子与熔融盐中的K离子的离子交换而形成的压缩应力值过度下降。

[0087] 实施例1

[0088] 以下,基于实施例来对本发明进行说明。需要说明的是,以下的实施例仅为例示。本发明并不受以下的实施例任何限定。

[0089] 表1~22示出了本发明的实施例(试样No.1~35及试样No.38~215)及比较例(试样No.36、37)的玻璃组成和玻璃特性。需要说明的是,在表中,“N.A.”是指未测定,“(Na-Li)/(Al+B+P)”是指摩尔比 $([\text{Na}_2\text{O}] - [\text{Li}_2\text{O}]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{P}_2\text{O}_5])$ ,”“(B+Na-P)/(Al+Li)”是指摩尔比 $([\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{P}_2\text{O}_5]) / ([\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{Li}_2\text{O}])$ ,”“Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B”是指 $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$ 。

[0090] [表1]

[0091]

(mol%)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
SiO <sub>2</sub>	59.07	59.07	60.07	60.07	61.07	61.07	61.07	61.07	61.07	61.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	15.81	17.81	15.81	18.81	17.81	16.81	16.81	15.81	15.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.34	8.34	8.34	8.34	7.34	7.34	8.34	7.34	7.34	8.34
Na <sub>2</sub> O	11.10	13.10	10.10	12.10	9.10	10.10	10.10	11.10	12.10	11.10
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.136	0.260	0.087	0.205	0.083	0.136	0.091	0.195	0.260	0.151
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.330	0.440	0.292	0.399	0.253	0.303	0.303	0.357	0.416	0.357
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-24.72	-21.72	-22.22	-19.22	-20.72	-19.22	-18.22	-17.72	-16.22	-16.72
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.452	2.459	2.445	2.451	2.438	2.440	2.441	2.444	2.447	2.443
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	87	95	84	91	75	83	81	85	89	88
T <sub>s</sub> (°C)	856	N.A.	N.A.	N.A.	915	889	874	867	861	844
$10^{2.5}$ dPa·s(°C)	1518	1475	1535	1504	1561	1560	1547	1552	1535	1524
TL(°C)	1049	916	1088	973	1125	1078	1085	1035	976	1056
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.3	6.4	3.9	5.9	5.2	5.4	5.2	5.6	6.1	5.2
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	1248	1129	1292	1142	1389	1309	1248	1264	1198	1152
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	20	24	19	24	16	19	19	21	24	22
CS <sub>Ns</sub> (MPa)	287	201	312	208	279	269	269	248	211	236
DOL_ZERO <sub>Ns</sub> ( $\mu\text{m}$ )	125	121	126	123	134	123	123	128	126	143

[0092] [表2]

[0093]

(mol%)	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	No.19	No.20
SiO <sub>2</sub>	61.07	63.07	61.07	63.07	63.07	61.07	61.07	61.07	59.07	59.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	15.81	17.81	15.81	17.81	15.81	15.81	17.81	17.81	15.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00
Li <sub>2</sub> O	8.34	8.34	8.34	7.34	8.34	7.34	8.34	8.34	8.34	8.34
Na <sub>2</sub> O	9.10	11.10	11.10	12.10	9.10	12.10	11.10	9.10	11.10	13.10
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00
ZnO	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.037	0.169	0.151	0.292	0.041	0.292	0.169	0.041	0.136	0.260
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.253	0.440	0.406	0.502	0.330	0.502	0.440	0.330	0.483	0.606
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-19.72	-17.12	-25.12	-16.62	-20.12	-18.62	-19.12	-22.12	-29.12	-26.12
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.437	2.454	2.460	2.457	2.446	2.471	2.469	2.463	2.450	2.462
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	78	87	87	89	79	89	88	78	86	92
T <sub>s</sub> (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	823	N.A.	806	N.A.	N.A.	816	743
$10^{2.5}$ dPa·s(°C)	1550	1527	1528	1535	1553	1489	1480	1507	1487	1449
TL(°C)	1125	1032	1070	984	1134	957	1018	1230	1055	904
log $\eta$ at TL(dPa·s)	4.9	5.1	5.1	5.7	4.9	5.7	5	3.9	5	5.6
E(GPa)	N.A.	80	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	78	78
CS <sub>K</sub> (MPa)	1326	967	1165	1083	1449	1170	1149	1460	1228	932
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	18	18	17	17	16	14	12	10	14	14
CS <sub>Ns</sub> (MPa)	299	278	305	236	304	224	262	309	321	298
DOL_ZERO <sub>Ns</sub> ( $\mu\text{m}$ )	136	116	119	119	137	98	104	104	104	93

[0094] [表3]

[0095]

(mol%)	No.21	No.22	No.23	No.24	No.25	No.26	No.27	No.28	No.29	No.30
SiO <sub>2</sub>	60.07	60.07	61.07	61.07	61.07	61.07	59.07	59.07	59.07	59.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	15.81	18.81	17.81	16.81	16.81	17.81	16.81	18.81	18.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Li <sub>2</sub> O	8.34	8.34	7.34	7.34	8.34	7.34	7.34	8.34	8.34	7.34
Na <sub>2</sub> O	10.10	12.10	9.10	10.10	10.10	11.10	12.10	12.10	10.10	11.10
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.087	0.205	0.083	0.136	0.091	0.195	0.235	0.195	0.083	0.177
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.445	0.564	0.406	0.462	0.462	0.523	0.542	0.542	0.428	0.483
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-26.62	-23.62	-25.12	-23.62	-22.62	-22.12	-28.62	-27.62	-30.62	-30.12
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.442	2.455	2.438	2.438	2.440	2.443	2.452	2.456	2.450	2.450
$\alpha_{30-580C}$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}C$ )	82	89	74	80	83	84	88	90	82	83
T <sub>s</sub> (°C)	N.A.	756	882	862	827	821	819	777	850	856
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1496	1488	1530	1530	1508	1524	1509	1474	1493	1507
TL(°C)	1089	967	1060	1078	1091	1030	991	985	1051	1040
log $\eta$ at TL(dPa·s)	4.9	5.3	5.5	5.2	4.8	5.3	5.6	5.3	5.2	5.4
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	76	78	N.A.	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	1293	860	1438	1385	1218	1230	1264	1087	1439	1433
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu$ m)	14	13	12	15	13	15	14	14	12	14
CS <sub>Na</sub> (MPa)	302	259	297	312	324	271	282	292	309	280
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu$ m)	107	100	111	119	108	111	106	92	112	118

[0096] [表4]

[0097]

(mol%)	No.31	No.32	No.33	No.34	No.35	No.36	No.37
SiO <sub>2</sub>	59.07	61.07	61.07	61.07	63.58	61.07	61.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	15.81	15.81	17.81	16.55	17.81	19.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	2.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	9.34	7.34	8.34	8.34	8.19	4.34	8.34
Na <sub>2</sub> O	10.10	12.10	11.10	9.10	8.09	13.10	7.10
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
ZnO	1.16	1.16	1.16	1.16	0.00	1.16	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.47	0.47	0.47	0.47	2.70	0.47	2.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.037	0.260	0.151	0.037	-0.056	0.432	-0.056
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.428	0.589	0.523	0.406	0.164	0.660	0.164
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-29.62	-20.62	-21.12	-24.12	-11.87	-22.12	-22.72
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.450	2.449	2.448	2.435	2.404	2.442	2.437
$\alpha_{30-360^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	84	87	86	78	79	83	68
T <sub>s</sub> (°C)	N.A.	785	781	N.A.	N.A.	891	917
$10^{2.5}$ dPa·s(°C)	1480	1508	1487	1519	1593	1564	1541
TL (°C)	1068	938>	1034	1117	1145	938>	1343<
log $\eta$ at TL (dPa·s)	4.8	5.8<	4.9	4.9	5.14	7.0 <	3.5 >
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	77	N.A.	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	1225	1045	1026	1379	1021	1474	1376
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	12	15	13	14	26	21	11
CS <sub>Na</sub> (MPa)	340	255	280	330	310	163	324
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	112	105	105	115	131	132	116

[0098] [表5]

[0099]

(mol%)	No.38	No.39	No.40	No.41	No.42	No.43	No.44	No.45	No.46	No.47	No.48
SiO <sub>2</sub>	62.24	62.24	60.24	60.24	62.24	62.24	60.24	60.24	58.24	56.24	58.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	15.81	17.81	15.81	17.81	15.81	17.81	15.81	17.81	17.81	17.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34
Na <sub>2</sub> O	9.10	11.10	11.10	13.10	9.10	11.10	11.10	13.10	9.10	11.10	9.10
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00
MgO	0.00	0.00	0.00	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	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.47	0.47	0.47	0.47	2.47	2.47	2.47	2.47	0.47	0.47	2.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.04	0.15	0.14	0.26	0.04	0.15	0.14	0.26	0.04	0.14	0.04
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.41	0.52	0.48	0.61	0.25	0.36	0.33	0.44	0.41	0.48	0.25
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-22.96	-19.96	-27.96	-24.96	-18.56	-15.56	-23.56	-20.56	-30.96	-35.96	-26.56
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4099	2.4257	2.4265	2.4415	2.4127	2.4219	2.4277	2.436	2.4418	2.4581	2.4416
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	80.3	86.9	86.9	91.8	80.8	88.6	88.7	94.8	96.9	103.9	99.8
T <sub>s</sub> ( $^\circ\text{C}$ )	877	775	827	738	917	N.A.	877	N.A.	773	N.A.	N.A.
$10^{-2}$ dPa·s( $^\circ\text{C}$ )	1538	1517	1516	1467	1580	1548	1546	1498	1492	1461	1537
TL( $^\circ\text{C}$ )	1152	1047	1030	914	1126	1029	1125	1066	1216	941	1120
log $\eta$ at TL(dPa·s)	4.66	4.87	5.33	5.55	5.19	5.62	4.87	4.90	3.74	5.25	4.78<
耐酸性(HCl 5wt% 80 $^\circ\text{C}$ 24h)	34.8<	N.A.	34.8<	N.A.	34.8	28.5	34.8<	34.8<	N.A.	N.A.	34.8<
耐碱性(NaOH 5wt% 80 $^\circ\text{C}$ 6h)	0.8	N.A.	0.8	N.A.	0.9	0.8	0.9	0.7	N.A.	N.A.	0.9
E(GPa)	77.6	78.3	78.0	78.5	77.9	76.9	77.3	76.9	77.8	78.8	77.1
CS <sub>k</sub> (MPa)	1307	932	1124	751	1262	1016	1151	1018	810	N.A.	889
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	15.7	14.8	15.4	13.1	21.4	24.4	23.6	26.8	23.1	N.A.	36.1
GS <sub>Na</sub> (MPa)	279	221	272	212	258	197	324	165	202	N.A.	259
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	135.7	118.8	116.2	105.0	153.7	158.0	131.9	133.5	85.6	N.A.	95.1

[0100]

[表6]

[0101]

(mol%)	No.49	No.50	No.51	No.52	No.53	No.54	No.55	No.56	No.57	No.58
SiO <sub>2</sub>	56.24	61.24	61.24	60.24	62.24	62.24	60.24	60.24	62.24	63.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	16.81	15.81	16.81	15.81	15.81	17.81	15.81	15.81	16.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	5.84	5.84	5.84	5.84	4.34
Na <sub>2</sub> O	11.10	11.10	12.10	12.10	11.10	11.10	11.10	13.10	11.10	14.10
K <sub>2</sub> O	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00
MgO	0.00	0.00	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	0.00	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	2.47	2.47	2.47	1.97	2.47	2.47	2.47	1.97	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.14	0.14	0.21	0.19	0.15	0.29	0.26	0.40	0.29	0.56
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.33	0.34	0.40	0.38	0.40	0.40	0.36	0.49	0.44	0.64
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-31.56	-19.56	-18.06	-22.06	-16.66	-13.06	-21.06	-18.06	-14.16	-16.62
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4554	2.4234	2.4272	2.4309	2.4189	2.4262	2.4323	2.4401	2.4249	2.4604
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	107.4	88.4	92.1	92.1	87.6	96.7	95.2	102.5	95.3	90.5
Ts (°C)	N.A.	860	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	893	N.A.	N.A.	890
$10^{2.5} \text{dPa}\cdot\text{s}$ (°C)	1494	1547	1528	1529	1537	1589	1593	1544	1576	1592
TL (°C)	1018	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL (dPa·s)	5.39	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	34.8<	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	33.3<
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.6
E (GPa)	77.4	76.8	76.6	76.6	76.6	74.1	75.2	74.6	74.5	76.8
CS <sub>K</sub> (MPa)	N.A.	915	894	1173	806	903	986	922	907	1166
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	28.8	29.9	31.2	24.9	50.0	46.7	51.4	39.5	28.6
CS <sub>Na</sub> (MPa)	N.A.	255	194	227	237	121	162	99	148	153
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	132.3	140.8	150.6	147.3	129.5	131.3	92.7	103.9	124.0

[0102]

[表7]

[0103]

(mol%)	No.59	No.60	No.61	No.62	No.63	No.64	No.65	No.66	No.67	No.68
SiO <sub>2</sub>	63.07	66.40	66.40	63.07	63.07	63.07	63.07	63.07	63.07	63.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.81	8.51	8.51	16.81	16.81	16.81	16.81	17.21	15.71	15.71
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.60
Li <sub>2</sub> O	4.34	4.21	4.21	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34
Na <sub>2</sub> O	13.10	8.55	8.55	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10
K <sub>2</sub> O	1.00	3.73	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
MgO	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	1.16	6.02	4.02	1.16	1.16	1.16	2.16	1.16	1.16	1.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.47	0.81	2.81	0.47	1.47	0.47	0.47	0.47	1.97	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	1.74	1.74	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.51	0.47	0.38	0.51	0.48	0.51	0.51	0.48	0.48	0.52
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.60	0.61	0.45	0.60	0.55	0.60	0.60	0.61	0.58	0.66
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-16.12	16.89	19.29	-15.12	-13.92	-15.12	-15.12	-16.92	-10.62	-13.92
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4613	2.5352	2.4784	2.46	2.4464	2.4583	2.4715	2.4483	2.4369	2.4577
$\alpha_{30-380C}(\times 10^{-7}/^{\circ}C)$	93.3	90.6	90.4	86.1	85.8	86	85.2	85.9	85.8	94.4
Ts (°C)	902	918	N.A.	903	918	903	899	904	873	828
10 <sup>-2.5</sup> dPa·s(°C)	1488	1603	1531	1591	1613	1597	1596	1598	1599	1582
TL (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL(dPa·s)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	33.3<	0	N.A.	33.3<	33.3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.6	0.6	N.A.	0.1	0.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
E(GPa)	76.9	75.1	72.6	77.5	75.4	76.4	77.1	76.0	73.8	76.0
CS <sub>K</sub> (MPa)	1138	757	660	1262	1202	1265	1290	1264	1033	964
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu$ m)	32.9	33.8	46.0	21.8	28.2	24.6	22.2	25.4	27.8	26.1
CS <sub>Na</sub> (MPa)	151	74	35	116	127	167	170	175	147	153
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu$ m)	143.6	57.1	64.8	127.9	143.6	122.8	127.7	133.1	141.1	88.2

[0104]

[表8]

[0105]

(mol%)	No.69	No.70	No.71	No.72	No.73	No.74	No.75	No.76	No.77	No.78
SiO <sub>2</sub>	63.07	63.07	63.22	63.94	66.40	64.76	65.76	64.76	65.76	64.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.21	17.81	17.00	12.71	10.25	16.25	16.25	16.25	16.25	17.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60	0.00	0.40	0.40	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
Li <sub>2</sub> O	4.34	4.34	4.34	8.34	4.21	5.20	5.20	5.70	5.70	5.34
Na <sub>2</sub> O	13.10	13.10	13.10	11.10	8.55	11.00	11.00	10.50	10.50	11.10
K <sub>2</sub> O	1.50	0.00	1.50	0.50	4.23	1.25	1.25	1.25	1.25	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
ZnO	1.16	1.16	0.00	0.00	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.97	0.47	0.40	2.47	0.81	0.40	0.40	0.40	0.40	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.52	0.48	0.49	0.18	0.39	0.35	0.35	0.29	0.29	0.26
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.63	0.57	0.61	0.43	0.53	0.50	0.50	0.46	0.46	0.44
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-7.62	-18.12	-17.53	-5.46	11.17	-11.76	-10.76	-12.01	-11.01	-17.96
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4417	2.454	2.438	2.4142	2.5106	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2.4243
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	93.8	84.8	93.3	88.7	92.8	87.8	88.7	87.7	87.9	84.8
Ts (°C)	N.A.	937	865	N.A.	N.A.	883	899	877	893	949
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1567	1613	1611	1486	1527	1609	1639	1605	1634	1617
TL(°C)	N.A.	N.A.	943	N.A.	N.A.	961	965	1016	1005	1087
log $\eta$ at TL (dPa·s)	N.A.	N.A.	6.69	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	2.4	N.A.	33.3<	0.1	0	43.2	48.0	34.1	31.4	31.9
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.2	N.A.	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	N.A.
E(GPa)	73.3	77.0	75.8	75.7	74.1	76.8	76.0	77.2	76.2	77.6
CS <sub>K</sub> (MPa)	1041	N.A.	1026	930	792	1073	1020	1058	1024	1315
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	40.8	N.A.	32.0	26.6	40.6	30.5	32.1	26.1	30.3	26.9
CS <sub>Na</sub> (MPa)	157	N.A.	152	119	82	229	213	235	236	281
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	70.3	N.A.	121.9	118.2	69.2	108.0	117.5	115.9	115.1	134.0

[0106]

[表9]

[0107]

(mol%)	No.79	No.80	No.81	No.82	No.83	No.84	No.85	No.86	No.87	No.88
SiO <sub>2</sub>	64.61	64.61	62.99	63.58	63.58	63.58	62.58	66.26	66.26	66.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.81	18.81	17.81	16.55	16.55	15.55	17.55	16.25	16.25	16.25
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	6.34	7.34	8.90	9.19	7.19	8.69	8.19	5.20	5.70	4.70
Na <sub>2</sub> O	9.85	7.85	8.90	7.09	9.09	8.59	8.09	10.50	10.00	11.00
K <sub>2</sub> O	1.25	1.25	1.25	0.52	0.52	0.52	0.52	1.25	1.25	1.25
MgO	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	2.70	2.70	2.70	2.70	0.40	0.40	0.40
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.20	0.03	0.00	-0.11	0.10	-0.01	0.00	0.32	0.26	0.38
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.41	0.30	0.34	0.17	0.27	0.24	0.21	0.48	0.44	0.51
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-17.63	-19.63	-22.95	-12.37	-11.37	-10.62	-15.87	-9.51	-9.76	-9.26
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4246	2.4243	N.A.	2.4019	2.4072	2.4076	2.4091	2.4161	2.4135	2.4133
$\alpha_{30-360^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	86.6	77.5	88.4	79	82	84	79.7	87.4	86.4	87.9
Ts (°C)	936	954	N.A.	N.A.	915	N.A.	915	917	913	923
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1616	1602	1556	1589	1610	1575	N.A.	1644	1648	1658
TL(°C)	1080	1270<	N.A.	1180	1092	1107	1136	990	1034	939
log $\eta$ at TL (dPa·s)	5.91	N.A.	N.A.	N.A.	5.60	N.A.	N.A.	N.A.	6.24	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	34.4	34.9	>100	4.1	4.3	2.2	16.6	12.0	8.4	16.7
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.6	1.4	0.0	0.8	0.7	0.7	0.9	0.6	0.6	0.6
E(GPa)	78.3	79.8	N.A.	77.3	75.8	76.6	77.1	75.9	75.9	74.9
CS <sub>k</sub> (MPa)	1273	1319	1071	1059	1074	967	1138	1045	1039	1075
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	31.1	22.6	17.3	23.4	30.1	24.9	25.0	38.8	37.0	39.2
CS <sub>90</sub> (MPa)	294	352	401	388	280	288	339	240	260	234
DOL_ZERO <sub>90</sub> ( $\mu\text{m}$ )	116.0	108.4	87.0	113.8	122.3	120.5	111.5	121.2	129.4	114.9

[0108]

[表10]

[0109]

(mol%)	No.89	No.90	No.91	No.92	No.93	No.94	No.95	No.96	No.97	No.98
SiO <sub>2</sub>	65.76	63.36	64.36	63.36	63.36	63.50	63.50	63.50	63.50	62.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.25	17.81	17.81	17.81	17.81	15.56	17.56	15.56	14.56	17.81
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	4.70	8.34	8.34	8.84	8.34	8.10	6.10	6.10	6.10	8.34
Na <sub>2</sub> O	11.50	9.10	8.10	8.60	8.60	8.00	8.00	10.00	11.00	9.10
K <sub>2</sub> O	1.25	1.25	1.25	1.25	1.75	2.15	2.15	2.15	2.15	1.25
MgO	0.00	0.00	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	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	2.55	2.55	2.55	0.47
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.41	0.04	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.09	0.21	0.28	0.04
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.53	0.35	0.31	0.33	0.33	0.23	0.23	0.35	0.41	0.33
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-10.51	-21.75	-19.25	-22.00	-21.50	-10.57	-12.57	-9.57	-8.07	-21.65
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4178	2.4307	2.4217	2.4292	2.4309	2.4088	2.4039	2.414	2.4181	2.4268
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	89.5	86.3	84.12	86.9	87.9	87.9	82.6	91.4	93.7	87.9
Ts (°C)	902	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	938	860	880	N.A.
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1656	1572	1595	1570	1578	1579	1630	1606	1574	1569
TL (°C)	916	1092	1137	1113	1084	1020	1036	1014	1014	1110
log $\eta$ at TL (dPa·s)	N.A.	N.A.	5.20	N.A.	N.A.	N.A.	6.41	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性 (HCl 5wt% 80°C 24h)	78.6<	76.4<	74.7<	78.2<	78.3<	4.8	16.2	8.0	1.2	67.5
耐碱性 (NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5
E(GPa)	75.1	79.7	79.5	79.9	79.4	75.5	74.9	74.3	74.1	78.7
CS <sub>k</sub> (MPa)	1021	1033	1142	1020	1023	843	1046	895	N.A.	1055
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	37.5	25.3	27.3	24.7	27.4	40.7	44.4	46.9	N.A.	29.0
CS <sub>lin</sub> (MPa)	235	354	401	383	360	287	282	218	N.A.	354
DOL_ZERO <sub>lin</sub> ( $\mu\text{m}$ )	113.2	119.5	113.8	100.6	104.9	113.8	113.0	108.3	N.A.	108.5

[0110]

[表11]

[0111]

(mol%)	No.99	No.100	No.101	No.102	No.103	No.104	No.105	No.106	No.107	No.108
SiO <sub>2</sub>	62.89	62.89	62.89	62.96	63.36	62.96	62.96	65.65	64.10	64.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.81	17.81	16.81	18.81	18.81	18.81	18.10	17.56	18.10	18.10
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	7.34	7.34	8.34	7.34	7.34	7.34	8.72	6.10	6.33	6.33
Na <sub>2</sub> O	9.10	10.10	10.10	8.60	8.60	8.60	7.93	8.00	8.24	8.24
K <sub>2</sub> O	1.25	1.25	1.25	0.75	0.75	0.75	0.75	2.15	1.69	0.04
MgO	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	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	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	0.47	0.47	0.47	0.40	0.00	1.40	1.40	0.40	1.40	3.05
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.09	0.15	0.10	0.07	0.07	0.06	-0.04	0.11	0.10	0.09
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.33	0.39	0.39	0.32	0.33	0.28	0.25	0.33	0.28	0.22
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-22.65	-21.15	-20.15	-21.42	-21.50	-20.22	-19.84	-13.00	-15.33	-11.70
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.426	2.4299	2.4338	2.4301	2.4328	2.4165	2.4134	2.4171	2.4144	2.3956
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	82.6	91.4	93.7	78.1	79	79	81.4	81.9	80.2	71.2
Ts (°C)	930	887	↑	921	927	937	915	974	963	966
10 <sup>2</sup> dPa·s (°C)	1584	1584	1556	1571	1573	1594	1574	1653	1636	1635
TL (°C)	1086	1059	1032	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1173	1204	1261
log $\eta$ at TL (dPa·s)	5.71	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.40	5.00	4.60
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	77.1	76.6	61.0	55.7	51.8	38.4	36.0	35.9	33.8	3.9
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	0.7	0.5	0.5	0.8	0.7	1.0	0.8	0.7	0.9	1.2
E(GPa)	78.8	78.3	79.1	79.7	80.6	78.2	78.4	78.0	77.1	75.6
CS <sub>k</sub> (MPa)	1176	1056	894	1301	1345	1227	1160	1195	1171	1128
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	29.4	29.6	25.3	18.7	18.1	21.3	21.8	31.5	32.7	21.8
CS <sub>Na</sub> (MPa)	313	295	330	345	362	324	351	290	303	276
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	121.7	124.0	102.4	108.4	97.4	108.6	123.7	108.7	104.6	132.6

[0112]

[表12]

[0113]

(mol%)	No.109	No.110	No.111	No.112	No.113	No.114	No.115	No.116	No.117	No.118
SiO <sub>2</sub>	62.60	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.10	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	6.33	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00
Na <sub>2</sub> O	8.94	6.00	5.00	4.00	7.00	6.00	5.00	8.00	7.00	6.00
K <sub>2</sub> O	0.84	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
MgO	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.05	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.12	0.00	-0.09	-0.18	0.05	-0.05	-0.14	0.10	0.00	-0.10
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.25	0.09	0.04	0.00	0.17	0.12	0.08	0.25	0.20	0.15
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-15.05	-8.06	-8.56	-9.06	-10.76	-11.26	-11.76	-13.46	-13.96	-14.46
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4049	2.3812	2.3791	2.377	2.3945	2.3926	2.3908	2.4074	2.4049	2.4024
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	78.7	61.7	60.2	59.5	66.8	65.2	64	71.9	70.2	69
Ts (°C)	947	981	972	966	976	968	961	974	965	957
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1642	1644	1632	1618	1636	1623	1612	1630	1618	1609
TL(°C)	1086	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.93	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	14.1	1.6	1.9	1.5	3.0	2.5	2.3	5.2	4.3	4.1
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.1	N.A.	1.4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.9	1.3
E(GPa)	75.3	75.8	76.6	77.1	76.6	77.4	78.1	77.3	78.0	N.A.
CS <sub>k</sub> (MPa)	1106	963	962	963	1047	1049	1055	1149	1141	1129
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	28.9	20.5	21.1	18.6	24.2	21.9	18.6	24.6	22.0	20.4
CS <sub>Na</sub> (MPa)	262	202	287	286	223	276	286	234	276	N.A.
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	122.6	134.4	119.2	125.3	132.8	124.9	123.6	128.1	123.7	N.A.

[0114] [表13]

[0115]

(mol%)	No.119	No.120	No.121	No.122	No.123	No.124	No.125	No.126	No.127	No.128
SiO <sub>2</sub>	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50	61.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	15.40
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	6.38	7.38	8.38	6.38	7.38	8.38	6.38	7.38	8.38	7.80
Na <sub>2</sub> O	6.38	5.38	4.38	7.38	6.38	5.38	8.38	7.38	6.38	7.00
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
MgO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	2.36
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.50
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.00	-0.09	-0.18	0.05	-0.05	-0.14	0.10	0.00	-0.10	-0.04
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.10	0.06	0.02	0.18	0.13	0.09	0.26	0.21	0.17	0.16
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-8.63	-9.13	-9.63	-11.33	-11.83	-12.33	-14.03	-14.53	-15.03	-9.40
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2.4176
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	86.5
Ts (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	883
$10^{2.5} \text{dPa} \cdot \text{s} (^\circ\text{C})$	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1560
TL (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1034
log $\eta$ at TL (dPa·s)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.56
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	4.6
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1.0
E (GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	76.1
CS <sub>k</sub> (MPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	919
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	35.8
CS <sub>Na</sub> (MPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	228
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	108.5

[0116] [表14]

[0117]

(mol%)	No.129	No.130	No.131	No.132	No.133	No.134	No.135	No.136	No.137	No.138
SiO <sub>2</sub>	61.00	60.20	59.80	59.80	60.50	61.00	60.50	61.00	60.50	58.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.00	15.40	16.50	15.40	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	16.15
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	8.00	8.00	7.80	7.80	8.00	9.00	9.00	7.00	7.00	9.25
Na <sub>2</sub> O	7.80	7.80	7.00	7.00	7.80	6.80	6.80	8.80	8.80	6.75
K <sub>2</sub> O	1.50	1.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.75
MgO	2.06	2.46	3.46	2.36	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	4.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.50	4.50	2.80	4.00	5.00	4.50	5.00	4.50	5.00	4.50
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	-0.01	-0.01	-0.04	-0.04	-0.01	-0.11	-0.11	0.09	0.09	-0.12
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.15	0.15	0.18	0.13	0.13	0.10	0.08	0.20	0.18	0.09
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-7.90	-9.90	-15.04	-10.30	-7.80	-8.40	-8.30	-7.40	-7.30	-14.07
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4098	2.4145	2.435	2.417	2.4083	2.4076	2.4049	2.4126	2.4109	2.4254
$\alpha_{30-380^{\circ}\text{C}} (\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C})$	86.2	86.5	86.3	87.4	86.4	84.6	84.9	88.1	88.5	80.6
Ts (°C)	875	873	N.A.	879	872	870	864	881	876	N.A.
10 <sup>-5</sup> dPa·s(°C)	1554	1545	1524	1553	1554	1546	1543	1566	1565	1492
TL(°C)	1022	N.A.	1040	N.A.	1012	1080	1069	992	989	1117
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.47	N.A.	5.53	N.A.	5.46	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	4.46
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	2.2	4.7	38.8	5.8	2.3	1.8	2.1	2.2	2.4	8.9
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.2	1.1	1.0	1.3	1.3	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
E(GPa)	75.3	N.A.	78.6	N.A.	76.7	76.0	75.4	74.5	74.1	78.3
CS <sub>K</sub> (MPa)	878	920	1015	916	873	912	886	923	897	1006
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	36.5	36.1	29.9	38.0	34.6	29.5	31.8	36.2	36.7	22.0
CS <sub>Na</sub> (MPa)	223	N.A.	257	N.A.	173	283	291	228	228	338
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	123.2	N.A.	95.5	N.A.	123.5	122.0	119.1	117.8	111.7	116.3

[0118]

[表15]

[0119]

(mol%)	No.139	No.140	No.141	No.142	No.143	No.144	No.145	No.146	No.147	No.148
SiO <sub>2</sub>	61.26	68.20	68.20	61.30	60.40	68.20	70.20	61.40	60.30	60.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.40	9.50	9.50	15.40	16.15	9.50	9.50	18.50	18.80	18.94
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	8.64	9.00	8.00	7.80	9.25	9.00	9.00	6.80	7.20	7.50
Na <sub>2</sub> O	6.46	8.16	8.16	7.00	6.75	6.16	6.16	8.40	8.10	7.85
K <sub>2</sub> O	2.50	3.00	3.00	2.50	0.75	3.00	3.00	0.30	0.45	0.30
MgO	2.40	2.00	3.00	2.36	2.06	4.00	2.00	0.50	0.50	0.50
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.20	0.00	0.00	3.50	4.50	0.00	0.00	3.96	4.30	4.50
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.16	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.10
(Na-Li)/(Al+B+P)	-0.12	-0.09	0.02	-0.04	-0.12	-0.30	-0.30	0.07	0.04	0.01
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.14	0.45	0.47	0.16	0.09	0.34	0.34	0.18	0.15	0.13
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-10.67	6.36	8.36	-9.40	-12.13	9.36	11.36	-15.95	-18.04	-17.86
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4200	2.4279	2.4264	2.4181	2.4088	2.4239	2.4100	2.4022	2.4068	N.A.
$\alpha_{30-38°C}$ ( $\times 10^{-7}/°C$ )	87.4	94.3	95.9	87.5	79.5	88.8	86.7	74.9	74.8	N.A.
Ts (°C)	N.A.	701	685	884	N.A.	713	713	931	926	N.A.
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1537	1427	1435	1556	1534	1445	1479	1596	1579	N.A.
TL (°C)	1055	879	884	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1080	1140	N.A.
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.28	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.82	5.3	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	3.9	0.0	0.0	3.8	5.4	0.0	0.0	13.5	20.7	N.A.
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.0	0.6	0.6	0.9	1.1	0.5	0.6	1.2	1.1	N.A.
E(GPa)	77.3	77.6	77.4	76.2	76.9	78.8	77.6	N.A.	75.9	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	934	506	473	943	957	561	508	1067	1072	N.A.
DOL ZERO <sub>K</sub> ( $\mu$ m)	36.5	17.3	19.8	38.3	25.9	14.7	19.0	25.0	25.2	N.A.
CS <sub>Na</sub> (MPa)	312	136	175	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	291	260	N.A.
DOL ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu$ m)	101.3	78.7	62.3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	132.5	125.8	N.A.

[0120]

[表16]

[0121]

(mol%)	No.149	No.150	No.151	No.152	No.153	No.154	No.155	No.156	No.157	No.158
SiO <sub>2</sub>	61.02	60.55	60.73	60.43	66.16	64.12	62.82	62.35	61.84	61.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.57	18.51	18.51	18.76	11.85	14.09	15.44	15.95	16.51	16.87
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	0.11	0.11	0.10	0.36	0.31	0.33	0.31	0.21	0.26
Li <sub>2</sub> O	7.13	6.91	6.82	7.22	0.52	2.61	3.81	4.24	4.81	5.23
Na <sub>2</sub> O	8.21	8.38	8.48	8.08	14.66	12.79	11.74	11.34	10.87	10.52
K <sub>2</sub> O	0.35	0.49	0.49	0.44	1.29	1.03	0.87	0.81	0.74	0.70
MgO	0.72	0.67	0.67	0.52	4.64	3.40	2.62	2.35	2.06	1.85
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.28	4.13	3.94	4.31	0.23	1.43	2.16	2.45	2.77	2.97
SnO <sub>2</sub>	0.16	0.16	0.16	0.05	0.15	0.12	0.09	0.09	0.08	0.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.05	0.06	0.07	0.04	1.14	0.64	0.44	0.38	0.31	0.26
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.16	0.17	0.18	0.15	1.20	0.70	0.51	0.46	0.39	0.35
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-16.59	-17.02	-17.02	-17.78	6.19	-2.16	-7.33	-9.16	-11.24	-12.82
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4068	N.A.	2.4092	N.A.	2.4483	2.439	2.4326	2.429	2.4257	2.4231
$\alpha_{30-380^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	73.5	N.A.	75.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Ts (°C)	923	N.A.	927	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
$10^{2.5} \cdot \text{dPa} \cdot \text{s} (^{\circ}\text{C})$	1293	N.A.	1587	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TL (°C)	1125	N.A.	1125	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL (dPa·s)	5.3	N.A.	5.3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性 (HCl 5wt% 80°C 24h)	19.1	N.A.	20.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐碱性 (NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.3	N.A.	1.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
E (GPa)	N.A.	N.A.	76	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	1064	N.A.	1086	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1164	1151	1138
DOL_ZERO <sub>K</sub> (μm)	26.6	N.A.	23.5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	31.6	29	26.1
CS <sub>Na</sub> (MPa)	271	N.A.	246	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	168	198	214
DOL_ZERO <sub>Na</sub> (μm)	132.0	N.A.	132.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	92.8	89.6	90.4

[0122]

[表17]

[0123]

(mol%)	No.159	No.160	No.161	No.162	No.163	No.164	No.165	No.166	No.167	No.168
SiO <sub>2</sub>	61.13	60.80	60.45	60.27	60.09	59.88	59.76	59.64	59.64	59.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.24	17.62	17.85	18.12	18.35	18.55	18.73	18.81	18.91	18.99
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.24	0.22	0.27	0.26	0.20	0.23	0.22	0.17	0.20	0.16
Li <sub>2</sub> O	5.55	5.91	6.31	6.51	6.74	7.02	7.17	7.41	7.41	7.49
Na <sub>2</sub> O	10.19	9.85	9.57	9.34	9.13	8.91	8.74	8.64	8.53	8.45
K <sub>2</sub> O	0.66	0.62	0.59	0.56	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.47
MgO	1.65	1.44	1.29	1.16	1.04	0.90	0.79	0.71	0.65	0.58
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.17	3.37	3.50	3.64	3.76	3.86	3.95	4.00	4.05	4.10
SnO <sub>2</sub>	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.23	0.19	0.15	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-14.08	-15.46	-16.74	-17.57	-18.34	-19.28	-19.86	-20.40	-20.51	-20.70
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4203	2.4179	2.4164	2.4147	2.4132	2.4117	2.4105	2.4097	2.4085	2.4081
$\alpha_{30-380^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Ts (°C)	N.A.	895	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10 <sup>-2.5</sup> dPa·s(°C)	N.A.	1587	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TL (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL(dPa·s)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>k</sub> (MPa)	1133	1126	1122	1122	1112	1114	1114	1117.44	1100	1103
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	24.8	24.1	23.4	22.8	22.3	22.4	22.3	21.4265	22.2	21.7
CS <sub>10</sub> (MPa)	216	218	235	236	253	259	260	249	268	273
DOL_ZERO <sub>10</sub> ( $\mu\text{m}$ )	96.7	102.8	95	96.5	97.5	101.5	98.4	107	99.7	100.7

[0124]

[表18]

[0125]

(mol%)	No.169	No.170	No.171	No.172	No.173	No.174	No.175	No.176	No.177	No.178
SiO <sub>2</sub>	59.52	59.57	59.69	59.77	59.89	59.97	59.86	59.91	59.97	60.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.00	18.99	18.99	18.94	18.94	18.97	18.97	18.98	18.93	18.91
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.21	0.23	0.20	0.12	0.10	0.13	0.18	0.19	0.18
Li <sub>2</sub> O	7.65	7.65	7.54	7.57	7.55	7.51	7.66	7.57	7.53	7.42
Na <sub>2</sub> O	8.38	8.34	8.30	8.27	8.27	8.24	8.22	8.21	8.22	8.20
K <sub>2</sub> O	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
MgO	0.53	0.48	0.45	0.43	0.40	0.37	0.33	0.31	0.34	0.32
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.12	4.15	4.18	4.20	4.22	4.24	4.24	4.23	4.22	4.24
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-21.06	-20.91	-20.50	-20.23	-19.96	-19.80	-20.17	-20.04	-19.78	-19.28
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4076	2.4065	2.4055	2.4048	2.4038	2.4034	2.4029	2.4027	2.4029	2.4016
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Ts (°C)	N.A.	902	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	907	N.A.
$10^{2.5} \text{dPa}\cdot\text{s}$ (°C)	N.A.	1577	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1577	N.A.
TL (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
log $\eta$ at TL (dPa·s)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性 (HCl 5wt% 80°C 24h)	N.A.	29.6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	21.6	N.A.
耐碱性 (NaOH 5wt% 80°C 6h)	N.A.	1.6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1.6	N.A.
E (GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>k</sub> (MPa)	1103	1102	1108	1108	1108	1112	1104	1109	1108	N.A.
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	21.3	21.3	22	23.4	23.6	23.7	23.5	23.3	24.4	N.A.
CS <sub>N<sub>h</sub></sub> (MPa)	274	264	276	258	251	262	271	269	264	N.A.
DOL_ZERO <sub>N<sub>h</sub></sub> ( $\mu\text{m}$ )	94.9	100.5	106.5	106.7	91.2	101.7	98.4	106.3	99.6	N.A.

[0126]

[表19]

[0127]

(mol%)	No.179	No.180	No.181	No.182	No.183	No.184	No.185	No.186	No.187	No.188
SiO <sub>2</sub>	60.16	60.18	60.28	60.15	60.20	60.14	60.38	60.38	60.38	60.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.92	18.91	18.95	18.93	18.95	18.95	18.57	18.57	18.57	18.67
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.22	0.20	0.22	0.17	0.18	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	7.38	7.37	7.22	7.40	7.39	7.45	7.13	7.63	7.13	7.13
Na <sub>2</sub> O	8.18	8.18	8.20	8.17	8.17	8.17	8.21	8.21	8.21	8.21
K <sub>2</sub> O	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.35	0.35	0.85	0.35
MgO	0.29	0.27	0.26	0.23	0.22	0.20	0.72	0.72	0.72	0.72
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.27	4.27	4.28	4.29	4.30	4.30	4.28	3.78	3.78	4.28
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.16	0.16	0.16	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.16
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-19.14	-19.09	-18.83	-19.22	-19.12	-19.32	-17.22	-18.82	-18.32	-17.62
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4017	2.4015	2.4011	N.A.	N.A.	2.4005	2.4068	2.4114	2.4128	2.4076
$\alpha_{30-380^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	73.5	75.7	76.8	75.1
Ts (°C)	N.A.	N.A.	908	N.A.	N.A.	N.A.	923	919	919	920
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	N.A.	N.A.	1575	N.A.	N.A.	N.A.	1580	1566	1574	1573
TL (°C)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1125	1113	1167	1136
log $\eta$ at TL(dPa·s)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.3	5.3	4.9	5.2
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	N.A.	N.A.	19.9	N.A.	N.A.	N.A.	19.1	30.4	33.5	20.6
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	N.A.	N.A.	1.5	N.A.	N.A.	N.A.	1.3	1.3	1.3	1.4
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>K</sub> (MPa)	N.A.	1101	1094	1100	1093	1096	1064	1086	1067	1055
DOL_ZERO <sub>K</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	24.8	24.5	23.6	24.3	23.7	27	23	28	25
CS <sub>lib</sub> (MPa)	N.A.	272	269	249	246	244	271	294	263	253
DOL_ZERO <sub>lib</sub> ( $\mu\text{m}$ )	N.A.	110.8	103.2	111.7	103.1	105	132	127	131	129

[0128]

[表20]

[0129]

(mol%)	No.189	No.190	No.191	No.192	No.193	No.194	No.195	No.196	No.197	No.198
SiO <sub>2</sub>	60.28	60.28	59.88	59.88	59.78	59.78	60.33	60.36	60.38	63.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.67	18.67	18.57	18.57	18.67	18.67	18.80	18.80	18.80	15.12
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.28
Li <sub>2</sub> O	7.63	7.13	7.63	7.13	7.63	7.13	7.20	7.20	7.20	3.61
Na <sub>2</sub> O	8.21	8.21	8.21	8.21	8.21	8.21	8.10	8.10	8.10	11.63
K <sub>2</sub> O	0.35	0.85	0.35	0.85	0.35	0.85	0.45	0.45	0.45	0.91
MgO	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.50	0.50	0.50	2.66
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.78	3.78	4.28	4.28	4.28	4.28	4.30	4.30	4.30	2.15
SnO <sub>2</sub>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.12	0.09	0.07	0.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.46
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.17	0.18	0.15	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.52
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-19.22	-18.72	-18.72	-18.22	-19.12	-18.62	-18.01	-17.98	-17.96	-5.23
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.4124	2.4133	2.4095	2.41	2.4096	2.4107	2.4052	2.4046	2.4036	2.4299
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	75.1	77.5	76.1	77.7	76.2	76.4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
T <sub>s</sub> (°C)	915	919	910	913	910	914	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1564	1574	1567	1575	1565	1574	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TL(°C)	1166	1166	1160	1155	1155	1146	1167	1149	1108	1063
log $\eta$ at TL (dPa·s)	4.8	4.9	4.9	5.0	4.9	5.0	4.9	5.1	5.5	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	34.5	38.1	28.4	31	30.2	31.5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>k</sub> (MPa)	1088	1071	1062	1038	1054	1044	N.A.	1112	N.A.	N.A.
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	23	24	24	27	23	27	N.A.	23.3	N.A.	N.A.
CS <sub>Na</sub> (MPa)	265	260	265	257	297	268	N.A.	256	N.A.	N.A.
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	140	131	134	130	129	129	N.A.	106.6	N.A.	N.A.

[0130] [表21]

[0131]

(mol%)	No.199	No.200	No.201	No.202	No.203	No.204	No.205	No.206	No.207	No.208
SiO <sub>2</sub>	60.41	60.37	60.37	65.32	65.60	65.89	66.17	59.40	59.40	59.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.80	18.80	18.80	12.83	12.48	12.13	11.79	18.80	18.80	18.80
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10	0.40	0.41	0.43	0.45	0.20	0.20	0.20
Li <sub>2</sub> O	7.20	7.20	7.20	1.38	1.04	0.70	0.36	7.20	7.20	8.11
Na <sub>2</sub> O	8.10	8.10	8.10	13.83	14.17	14.50	14.83	9.01	9.01	8.10
K <sub>2</sub> O	0.45	0.45	0.45	1.20	1.24	1.29	1.33	0.45	0.45	0.45
MgO	0.50	0.50	0.50	4.01	4.22	4.42	4.62	0.50	0.02	0.50
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.30	4.30	4.30	0.81	0.61	0.40	0.20	4.30	4.78	4.30
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.08	0.08	0.13	0.14	0.14	0.15	0.04	0.04	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002	0.002	0.002	0.010	0.010	0.010
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002	0.002	0.002	0.010	0.010	0.010
Cl	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.04	0.04	0.04	0.89	0.97	1.06	1.16	0.08	0.08	0.00
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.15	0.15	0.15	0.94	1.03	1.13	1.24	0.19	0.17	0.15
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-17.93	-17.97	-17.97	2.71	3.92	5.12	6.31	-20.41	-19.83	-20.86
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.403	2.4033	2.4031	2.4443	2.444	2.4452	2.4459	2.4084	2.4014	2.4065
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	74.8	74.2	N.A.	89.4	90.5	90	90.4	78.8	79.4	77.2
T <sub>s</sub> (°C)	926	924	N.A.	871	870	867	867	909	912	901.5
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1569	1579	N.A.	1608	1605	1600	1597	1563	1572	1555
TL(°C)	1108	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1094	1078	1117
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.4	5.7	5.2
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	38.4	32.8	37.6
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1.2	1.4	1.3
E(GPa)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	75.2	74.4	76.0
CS <sub>k</sub> (MPa)	1130	1109	1107	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1123	1059	1098
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	240	231	227	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	27.5	30.8	25.7
CS <sub>Na</sub> (MPa)	245	238	244	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	275	260	286
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	110.0	111.3	109.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	123.4	128.9	124.1

[0132]

[表22]

[0133]

(mol%)	No.209	No.210	No.211	No.212	No.213	No.214	No.215
SiO <sub>2</sub>	59.40	59.61	59.41	59.61	59.61	59.41	59.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.80	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.56
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20
Li <sub>2</sub> O	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11
Na <sub>2</sub> O	8.10	8.10	8.30	8.10	8.10	8.30	8.35
K <sub>2</sub> O	0.45	0.45	0.45	0.15	0.15	0.15	0.45
MgO	0.02	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.02
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.78	4.30	4.30	4.60	4.30	4.30	4.78
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
TiO <sub>2</sub>	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Na-Li)/(Al+B+P)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
(B+Na-P)/(Al+Li)	0.13	0.15	0.16	0.14	0.16	0.16	0.14
Si+1.2P-3Al-2Li-1.5Na-K-B	-20.28	-20.05	-20.55	-19.39	-20.05	-20.25	-19.94
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.3997	2.4043	2.4059	2.4018	2.4014	2.4111	2.399
$\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	77.5	76.7	78.1	75.6	74.9	76.5	78.6
Ts (°C)	908	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)	1562	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TL(°C)	1120	N.A.	N.A.	1090	1092	1130	1098
log $\eta$ at TL(dPa·s)	5.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
耐酸性(HCl 5wt% 80°C 24h)	29.3	31	35.8	23.6	27.2	35.2	25.5
耐碱性(NaOH 5wt% 80°C 6h)	1.3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
E(GPa)	75.0	75.4	75	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
CS <sub>k</sub> (MPa)	1044	1108	1109	1087	1104	1120	1044
DOL_ZERO <sub>k</sub> ( $\mu\text{m}$ )	29.3	26.8	26.7	25.3	24.2	23.8	29.9
CS <sub>Na</sub> (MPa)	291	290	281	296	286	299	226
DOL_ZERO <sub>Na</sub> ( $\mu\text{m}$ )	130.1	124.3	132.9	134.3	126.1	120.9	153

[0134] 按照以下方式制作表中的各试样。首先,以成为表中的玻璃组成的方式调配玻璃原料,使用铂罐以1600°C进行21小时熔融。继而,将所得到的熔融玻璃流出至碳板之上,成形为平板形状后,在从退火点起至应变点之间的温度域中以3°C/分钟进行冷却,得到玻璃板(强化用玻璃板)。针对所得到的玻璃板,以使板厚成为1.5mm的方式,对表面进行光学研磨后,评价各种特性。

[0135] 密度( $\rho$ )为利用公知的阿基米德法进行测定而得的值。

[0136] 30~380°C的热膨胀系数( $\alpha_{30-380^\circ\text{C}}$ )是使用膨胀计对平均热膨胀系数进行测定而得的值。

[0137] 高温粘度10<sup>2.5</sup>dPa·s时的温度(10<sup>2.5</sup>dPa·s)是利用铂球提拉法进行测定而得的值。

[0138] 软化点(Ts)是基于ASTM C338的方法进行测定而得的值。

[0139] 液相温度(TL)设为如下温度:将通过标准筛30目(500 $\mu\text{m}$ )而残留于50目(300 $\mu\text{m}$ )的玻璃粉末装入铂舟,在温度梯度炉中保持24小时后,将铂舟取出,通过显微镜观察,在玻璃内部确认到失透(失透物)的最高温度。液相粘度(log $\eta$  at TL)是利用铂球提拉法对液相温度下的粘度进行测定而得的值,并且是取对数并用log $\eta$ 来表示。

[0140] 杨氏模量(E)是利用依据JIS R1602-1995“精细陶瓷的弹性系数试验方法”的方法算出。

[0141] 耐酸性试验是使用被双面镜面研磨加工成 $50\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1.0\text{mm}$ 的尺寸的玻璃试样作为测定试样,利用中性清洁剂及纯水充分清洗后,在加温至 $80^\circ\text{C}$ 的5质量% $\text{HCl}$ 水溶液中浸渍24小时,并且算出浸渍前后的每单位表面积中的质量损失( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ),由此进行评价。

[0142] 耐碱性试验是使用被双面镜面研磨加工成 $50\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1.0\text{mm}$ 的尺寸的玻璃试样作为测定试样,利用中性清洁剂及纯水充分清洗后,在加温至 $80^\circ\text{C}$ 的5质量% $\text{NaOH}$ 水溶液中浸渍6小时,并且算出浸渍前后的每单位表面积中的质量损失( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ),由此进行评价。

[0143] 继而,在 $430^\circ\text{C}$ 的 $\text{KNO}_3$ 熔融盐中,将各玻璃板浸渍4小时,由此进行离子交换处理,得到在表面具有压缩应力层的强化玻璃板,之后,对玻璃表面进行清洗,在此基础上使用表面应力计FSM-6000(株式会社折原制作所制)进行观察,由所观察到的干涉条纹的根数及其间隔算出最表面的压缩应力层的压缩应力值(CSK)和应力深度( $\text{DOL\_ZERO}_k$ )。此处, $\text{DOL\_ZERO}_k$ 是压缩应力值成为零的深度。需要说明的是,计算应力特性时,将各试样的折射率设为1.51,将光学弹性常数设为 $30.1[(\text{nm}/\text{cm})/\text{MPa}]$ 。

[0144] 另外,在 $380^\circ\text{C}$ 的 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐中,将各玻璃板浸渍1小时,由此进行离子交换处理,得到强化玻璃板,之后对玻璃表面进行清洗,在此基础上使用散射光弹性应力计SLP-1000(株式会社折原制作所制)进行观察,由所观察到的相位差分布曲线算出最表面的压缩应力值( $\text{CS}_{\text{Na}}$ )和应力深度( $\text{DOL\_ZERO}_{\text{Na}}$ )。此处, $\text{DOL\_ZERO}_{\text{Na}}$ 是应力值成为零的深度。需要说明的是,计算应力特性时,将各试样的折射率设为1.51,将光学弹性常数设为 $30.1[(\text{nm}/\text{cm})/\text{MPa}]$ 。

[0145] 根据表可明确:试样No.1~35及试样No.38~215在利用 $\text{KNO}_3$ 熔融盐进行了离子交换处理的情况下,最表面的压缩应力层的压缩应力值(CSK)为473MPa以上,另外,在利用 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐进行了离子交换处理的情况下,最表面的压缩应力层的压缩应力值( $\text{CS}_{\text{Na}}$ )为165MPa以上,因此利用任何熔融盐均可进行离子交换处理,所以认为掉落时不易产生破损。此外,试样No.1~35及试样No.38~215的液相粘度为 $10^{3.74}\text{dPa} \cdot \text{s}$ 以上,因此认为能够成形为板状。另一方面,试样No.36的压缩应力层的压缩应力值( $\text{CS}_{\text{Na}}$ )为163MPa,因此认为掉落时容易破损。另外,试样No.37的液相粘度不足 $10^{3.5}\text{dPa} \cdot \text{s}$ ,因此认为难以成形为板状。

[0146] 并且,由表5~22可明确:试样No.37~215中, ( $[\text{SiO}_2] + 1.2 \times [\text{P}_2\text{O}_5] - 3 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 2 \times [\text{Li}_2\text{O}] - 1.5 \times [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{K}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$ ) 为-36摩尔%以上,因此耐酸性高,因此容易应用于酸处理工序,认为适合作为盖玻璃。

[0147] 实施例2

[0148] 首先,以成为表1的试样No.2及表4的试样No.35的玻璃组成的方式,调配玻璃原料,使用铂罐以 $1600^\circ\text{C}$ 进行21小时熔融。继而,将所得到的熔融玻璃流出至碳板之上,成形为平板形状后,在从退火点起至应变点之间的温度域中以 $3^\circ\text{C}/\text{分钟}$ 进行冷却,得到玻璃板(强化用玻璃板)。针对所得到的玻璃板,以使No.2成为板厚 $0.7\text{mm}$ ,No.35成为板厚 $0.8\text{mm}$ 的方式,对表面进行光学研磨。

[0149] 将所得到的强化用玻璃板在 $380^\circ\text{C}$ 的 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐中( $\text{NaNO}_3$ 的浓度100质量%)中浸渍3小时,由此进行离子交换处理,之后在 $380^\circ\text{C}$ 的 $\text{KNO}_3$ 与 $\text{LiNO}_3$ 混合熔融盐中( $\text{LiNO}_3$ 的浓度2.5质量%)中浸渍75分钟,由此进行离子交换处理。进而,将所得到的强化玻璃板的表面清洗后,使用散射光弹性应力计SLP-1000(株式会社折原制作所制)及表面应力计FSM-6000(株式会社折原制作所制)测定强化玻璃板的应力分布曲线,均得到与图1同样的非单调的

应力分布曲线,即具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线。

[0150] 实施例3

[0151] 首先,以成为表12的试样No.109及表15的试样No.146的玻璃组成的方式,调配玻璃原料,使用铂罐以1600℃进行21小时熔融。继而,将所得到的熔融玻璃流出至碳板之上,成形为平板形状后,在从退火点起至应变点之间的温度域中以3℃/分钟进行冷却,得到玻璃板(强化用玻璃板)。针对所得到的玻璃板,以使板厚成为0.7mm的方式,对表面进行光学研磨。

[0152] 将所得到的强化用玻璃板在380℃的 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐中( $\text{NaNO}_3$ 的浓度100质量%)中浸渍3小时,由此进行离子交换处理,之后在380℃的 $\text{KNO}_3$ 与 $\text{LiNO}_3$ 混合熔融盐中( $\text{LiNO}_3$ 的浓度1.5质量%)中浸渍45分钟,由此进行离子交换处理。进而,将所得到的强化玻璃板的表面清洗后,使用散射光弹性应力计SLP-1000(株式会社折原制作所制)及表面应力计FSM-6000(株式会社折原制作所制)测定强化玻璃板的应力分布曲线,均得到与图2同样的非单调的应力分布曲线,即具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线。由此,预想所得到的强化玻璃板的掉落时的破损概率低。

[0153] 实施例4

[0154] 首先,以成为表15的试样No.147的玻璃组成的方式调配玻璃原料,使用铂罐以1600℃进行21小时熔融。继而,将所得到的熔融玻璃流出至碳板之上,成形为平板形状后,在从退火点起至应变点之间的温度域中以3℃/分钟进行冷却,得到玻璃板(强化用玻璃板)。针对所得到的玻璃板,以使板厚成为0.7mm的方式,对表面进行光学研磨。

[0155] 将所得到的强化用玻璃板在380℃的 $\text{NaNO}_3$ 熔融盐中( $\text{NaNO}_3$ 的浓度100质量%)中浸渍3小时,由此进行离子交换处理,之后在380℃的 $\text{KNO}_3$ 与 $\text{LiNO}_3$ 混合熔融盐中( $\text{LiNO}_3$ 的浓度1.5质量%)中浸渍45分钟,由此进行离子交换处理。进而,将所得到的强化玻璃板的表面清洗后,使用散射光弹性应力计SLP-1000(株式会社折原制作所制)及表面应力计FSM-6000(株式会社折原制作所制)测定强化玻璃板的应力分布曲线,均得到与图2同样的非单调的应力分布曲线,即具有第一峰、第二峰、第一底部、第二底部的应力分布曲线。由此,预想所得到的强化玻璃板的掉落时的破损概率低。

[0156] 产业上的可利用性

[0157] 本发明的强化玻璃板适合作为移动电话、数码相机、PDA(便携终端)等的触控面板显示器的盖玻璃。而且,本发明的强化玻璃板除这些用途以外,也可期待应用于要求高机械强度的用途,例如窗玻璃、磁盘用基板、平板显示器用基板、柔性显示器用基板、太阳能电池用盖玻璃、固体摄像组件用盖玻璃、车载用盖玻璃。

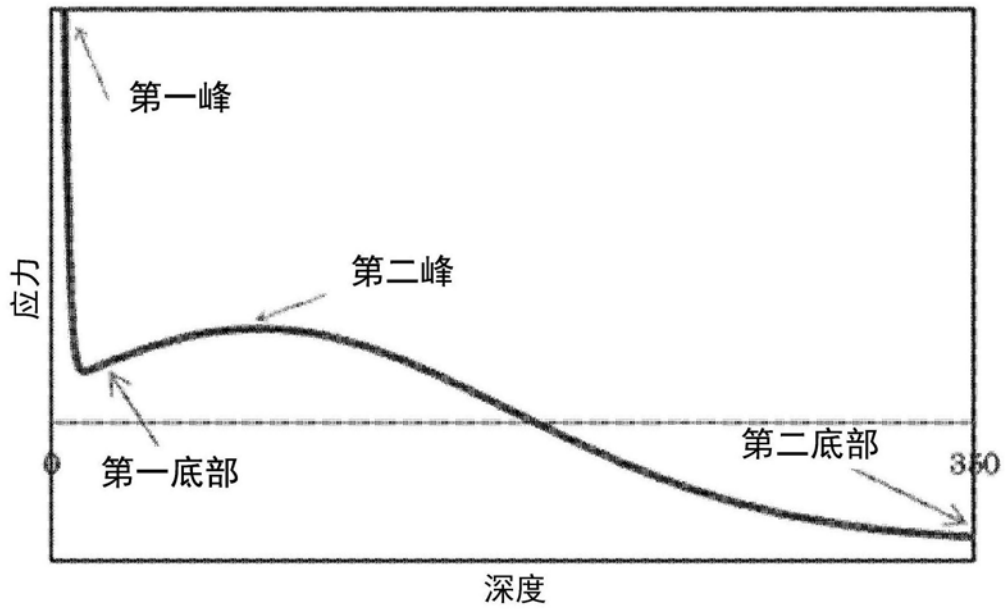


图1

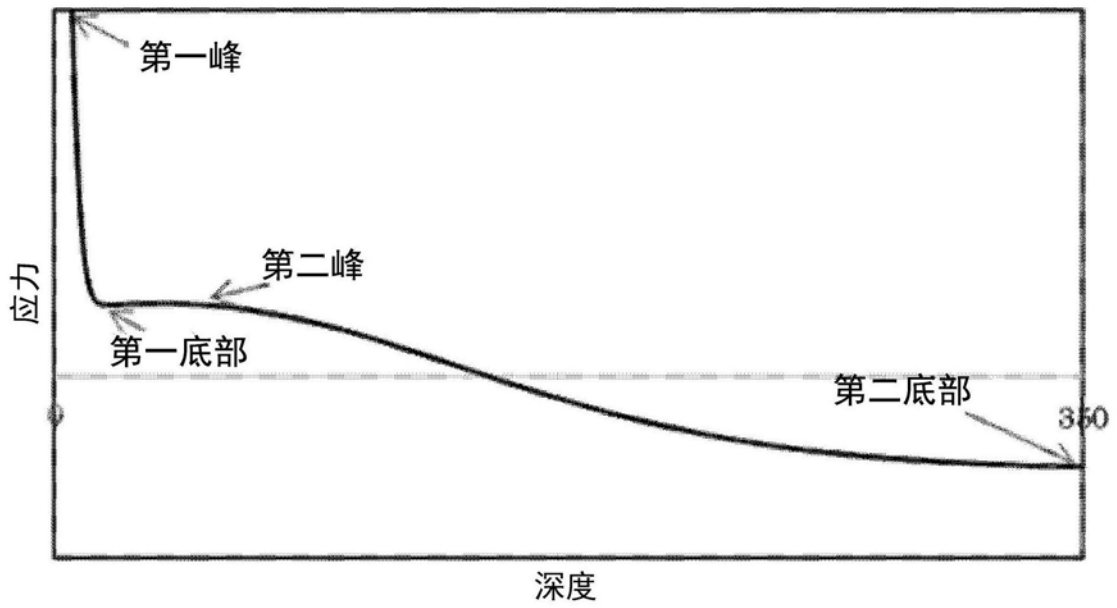


图2