



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120271237 A

(43) 申请公布日 2025.07.08

---

(21) 申请号 202510440408.9 *C03C 4/02* (2006.01)  
(22) 申请日 2019.08.21 *C03C 1/04* (2006.01)  
(62) 分案原申请数据 *C03B 32/02* (2006.01)  
201910773568.X 2019.08.21 *C03C 21/00* (2006.01)

(71) 申请人 成都光明光电股份有限公司  
地址 610100 四川省成都市龙泉驿区成龙大道三段359号

(72) 发明人 原保平 于天来 聂小兵 刘振禹

(74) 专利代理机构 成都希盛知识产权代理有限公司 51226  
专利代理师 蒲敏

(51) Int. Cl.  
*C03C 10/04* (2006.01)  
*C03C 10/02* (2006.01)  
*C03C 10/14* (2006.01)

权利要求书3页 说明书26页

---

(54) 发明名称

微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种具有优异机械性能的微晶玻璃制品。微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:50~68%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%;Li<sub>2</sub>O:7~18%;Na<sub>2</sub>O:4~15%;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%;ZrO<sub>2</sub>:0~10%。通过合理的组分设计,使得本发明的微晶玻璃制品具有优异的机械性能,适用于电子设备或显示设备。

1. 微晶玻璃制品,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :50~68%; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :8~20%; $\text{Li}_2\text{O}$ :7~18%; $\text{Na}_2\text{O}$ :4~15%; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1~10%; $\text{ZrO}_2$ :0~10%。

2. 根据权利要求1所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,还含有: $\text{ZnO}$ :0~10%;和/或 $\text{MgO}$ :0~10%;和/或 $\text{K}_2\text{O}$ :0~10%;和/或 $\text{SrO}$ :0~5%;和/或 $\text{BaO}$ :0~5%;和/或 $\text{TiO}_2$ :0~5%;和/或 $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0~5%;和/或 $\text{B}_2\text{O}_3$ :0~6%;和/或澄清剂:0~2%。

3. 微晶玻璃制品,其特征在于,其组分含有 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ ,其组分以摩尔百分比表示,其中 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值为0.6~3.5, $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 的值为0.55~4.2,所述微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下。

4. 根据权利要求3所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :50~68%; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :8~20%; $\text{Li}_2\text{O}$ :7~18%; $\text{Na}_2\text{O}$ :4~15%; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1~10%; $\text{ZrO}_2$ :0~10%; $\text{ZnO}$ :0~10%; $\text{MgO}$ :0~10%; $\text{K}_2\text{O}$ :0~10%; $\text{SrO}$ :0~5%; $\text{BaO}$ :0~5%; $\text{TiO}_2$ :0~5%; $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0~5%; $\text{B}_2\text{O}_3$ :0~6%;澄清剂:0~2%。

5. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :52~68%,优选 $\text{SiO}_2$ :54~65%;和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3$ :9~18%;和/或 $\text{Li}_2\text{O}$ :9~16%;和/或 $\text{Na}_2\text{O}$ :5~12%;和/或 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1~5%,优选 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.3~2.5%;和/或 $\text{ZrO}_2$ :0.1~6%,优选 $\text{ZrO}_2$ :0.1~3%;和/或 $\text{ZnO}$ :0.1~8%;和/或 $\text{MgO}$ :0.5~6%;和/或 $\text{K}_2\text{O}$ :0~7%;和/或 $\text{SrO}$ :0~1%;和/或 $\text{BaO}$ :0~1%;和/或 $\text{TiO}_2$ :0~1%;和/或 $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0~1%;和/或 $\text{B}_2\text{O}_3$ :0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

6. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,其中: $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.13~0.5,优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.16~0.45,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.2~0.4;和/或 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为0.6~3.5,优选为 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为0.8~3.0,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为1.0~2.5;和/或 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.55~4.2,优选 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.7~3.5,更优选 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.8~3.0。

7. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选20nm以下;和/或表面应力为300MPa以上,优选为500MPa以上,更优选为700MPa以上;和/或离子交换层深度为10 $\mu\text{m}$ 以上,优选为15 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为20 $\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为25 $\mu\text{m}$ 以上;和/或落球试验高度为1000mm以上,优选为1100mm以上,更优选为1200mm以上;和/或断裂韧性为1MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上,优选为1.3MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上,更优选为1.5MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上;和/或维氏硬度 $H_v$ 为600kgf/mm<sup>2</sup>以上,优选为650kgf/mm<sup>2</sup>以上,更优选为700kgf/mm<sup>2</sup>以上;和/或结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,400~800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上。

8. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的晶相含有一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体。

9. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的晶

相占微晶玻璃制品的摩尔百分比为20~80%，优选为25~70%，更优选为30~70%。

10. 根据权利要求1~4任一所述的微晶玻璃制品，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，还含有：NiO:0~4%，优选NiO:0.1~3%；和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~4%，优选Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~3%；和/或CoO:0~2%，优选CoO:0.05~1.8%；和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~2%，优选Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~1.8%；和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~7%，优选Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.2~5%；和/或MnO<sub>2</sub>:0~4%，优选MnO<sub>2</sub>:0.1~3%；和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%，优选Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~2%；和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%，优选Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~2%；和/或Cu<sub>2</sub>O:0~4%，优选Cu<sub>2</sub>O:0.5~3%；和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0~3%，优选Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.05~2.5%；和/或CeO<sub>2</sub>:0~4%，优选CeO<sub>2</sub>:0.5~3%。

11. 微晶玻璃，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，含有：SiO<sub>2</sub>:50~68%；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%；Li<sub>2</sub>O:7~18%；Na<sub>2</sub>O:4~15%；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%；ZrO<sub>2</sub>:0~10%。

12. 根据权利要求11所述的微晶玻璃，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，还含有：ZnO:0~10%；和/或MgO:0~10%；和/或K<sub>2</sub>O:0~10%；和/或SrO:0~5%；和/或BaO:0~5%；和/或TiO<sub>2</sub>:0~5%；和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~5%；和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~6%；和/或澄清剂:0~2%。

13. 微晶玻璃，其特征在于，其组分含有SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O和Na<sub>2</sub>O，其组分以摩尔百分比表示，其中(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的值为0.6~3.5，Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O的值为0.55~4.2，所述微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下。

14. 根据权利要求13所述的微晶玻璃，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，含有：SiO<sub>2</sub>:50~68%；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%；Li<sub>2</sub>O:7~18%；Na<sub>2</sub>O:4~15%；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%；ZrO<sub>2</sub>:0~10%；ZnO:0~10%；MgO:0~10%；K<sub>2</sub>O:0~10%；SrO:0~5%；BaO:0~5%；TiO<sub>2</sub>:0~5%；Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~5%；B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~6%；澄清剂:0~2%。

15. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，含有：SiO<sub>2</sub>:52~68%，优选SiO<sub>2</sub>:54~65%；和/或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:9~18%；和/或Li<sub>2</sub>O:9~16%；和/或Na<sub>2</sub>O:5~12%；和/或P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~5%，优选P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.3~2.5%；和/或ZrO<sub>2</sub>:0.1~6%，优选ZrO<sub>2</sub>:0.1~3%；和/或ZnO:0.1~8%；和/或MgO:0.5~6%；和/或K<sub>2</sub>O:0~7%；和/或SrO:0~1%；和/或BaO:0~1%；和/或TiO<sub>2</sub>:0~1%；和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~1%；和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~2%；和/或澄清剂:0~1%。

16. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃，其特征在于，其组分以摩尔百分比表示，其中：(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.13~0.5，优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.16~0.45，更优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.2~0.4；和/或(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为0.6~3.5，优选为(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为0.8~3.0，更优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为1.0~2.5；和/或Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.55~4.2，优选Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.7~3.5，更优选Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.8~3.0。

17. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃，其特征在于，所述微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下，优选为50nm以下，更优选为40nm以下，进一步优选为30nm以下，更进一步优选20nm以下；和/或结晶度为20%以上，优选为30%以上，更优选为40%以上，进一步优选为50%以上；和/或折射率nd为1.500~1.540，优选为1.510~1.530；和/或热膨胀系数 $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ 为70~120×10<sup>-7</sup>/K，优选为86~100×10<sup>-7</sup>/K；和/或0.55mm厚的微晶玻璃的雾度为0.3%以下，优选为0.25%以下，更优选为0.2%以下；和/或0.55mm厚的微晶玻璃，400~800nm波长的平均透过率为85%以上，优选为88%以上，更优选为90%以上；和/或0.55mm厚的微晶玻璃，550nm波长的透过率为85%以上，优选为89%以上，更优选为91%以上。

18. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的晶相含有一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体。

19. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的晶相占微晶玻璃的摩尔百分比为20~80%,优选为25~70%,更优选为30~70%。

20. 根据权利要求11~14任一所述的微晶玻璃,其特征在于,其组分以摩尔百分比表示,还含有:NiO:0~4%,优选NiO:0.1~3%;和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~4%,优选Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~3%;和/或CoO:0~2%,优选CoO:0.05~1.8%;和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~2%,优选Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~1.8%;和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~7%,优选Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.2~5%;和/或MnO<sub>2</sub>:0~4%,优选MnO<sub>2</sub>:0.1~3%;和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%,优选Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~2%;和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%,优选Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~2%;和/或Cu<sub>2</sub>O:0~4%,优选Cu<sub>2</sub>O:0.5~3%;和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0~3%,优选Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.05~2.5%;和/或CeO<sub>2</sub>:0~4%,优选CeO<sub>2</sub>:0.5~3%。

21. 玻璃盖板,其特征在于,采用权利要求1~10任一所述的微晶玻璃制品制成,和/或采用权利要求11~20任一所述的微晶玻璃制成。

22. 玻璃元器件,其特征在于,采用权利要求1~10任一所述的微晶玻璃制品制成,和/或采用权利要求11~20任一所述的微晶玻璃制成。

23. 显示设备,其特征在于,包括权利要求1~10任一所述的微晶玻璃制品,和/或包括权利要求11~20任一所述的微晶玻璃,和/或包括权利要求21所述的玻璃盖板;和/或包括权利要求22所述的玻璃元器件。

24. 电子设备,其特征在于,包括权利要求1~10任一所述的微晶玻璃制品,和/或包括权利要求11~20任一所述的微晶玻璃,和/或包括权利要求21所述的玻璃盖板,和/或包括权利要求22所述的玻璃元器件。

## 微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法

[0001] 本申请是针对申请号为201910773568.X,申请日为2019年08月21日,名称为“微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法”的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种微晶玻璃,尤其是涉及一种机械性能优异的微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法。

### 背景技术

[0003] 微晶玻璃是一种通过对基质玻璃进行热处理而在玻璃内部析出结晶的材料,具有比基质玻璃更高的机械性能,并且由于在玻璃中形成微晶,其韧性、耐磨性能等相对于一般的玻璃都有明显的优势,因此目前有将微晶玻璃应用于显示设备或电子设备中。

[0004] 微晶玻璃应用于显示设备或电子设备,尤其是便携式电子设备或显示设备时,其抗摔、抗压、耐划要求较高。通过对微晶玻璃进行化学强化形成微晶玻璃制品可以提高微晶玻璃的机械性能,但目前市面上存在的微晶玻璃存在着不易化学强化,或者化学强化后机械性能难以达到应用于盖板材料的要求。但因此开发一款具有适用于抗摔、抗压、耐划要求高的显示设备或电子设备的微晶玻璃及微晶玻璃制品,成了科研人员所追求的目标。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种具有优异机械性能的微晶玻璃制品。

[0006] 本发明解决技术问题采用的技术方案是:

[0007] (1) 微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:50~70%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%;Li<sub>2</sub>O:7~18%;Na<sub>2</sub>O:4~15%;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%;ZrO<sub>2</sub>:0~10%。

[0008] (2) 根据(1)所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,还含有:ZnO:0~10%;和/或MgO:0~10%;和/或K<sub>2</sub>O:0~10%;和/或SrO:0~5%;和/或BaO:0~5%;和/或TiO<sub>2</sub>:0~5%;和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~5%;和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~6%;和/或澄清剂:0~2%。

[0009] (3) 微晶玻璃制品,其组分含有SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O和Na<sub>2</sub>O,其组分以摩尔百分比表示,其中(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的值为0.6~3.5,Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O的值为0.55~4.2,所述微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下。

[0010] (4) 根据(3)所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:50~70%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%;Li<sub>2</sub>O:7~18%;Na<sub>2</sub>O:4~15%;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%;ZrO<sub>2</sub>:0~10%;ZnO:0~10%;MgO:0~10%;K<sub>2</sub>O:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO<sub>2</sub>:0~5%;Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~5%;B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~6%;澄清剂:0~2%。

[0011] (5) 根据(1)~(4)任一所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:52~68%;和/或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:9~18%;和/或Li<sub>2</sub>O:9~16%;和/或Na<sub>2</sub>O:5~12%;和/或P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~5%;和/或ZrO<sub>2</sub>:0.1~6%;和/或ZnO:0.1~8%;和/或MgO:0.5~6%;和/或K<sub>2</sub>O:0~7%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO<sub>2</sub>:0~1%;和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~1%;和/或

$B_2O_3$ :0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

[0012] (6) 根据(1)~(5)任一所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示,含有: $SiO_2$ :54~65%;和/或 $ZrO_2$ :0.1~3%;和/或 $P_2O_5$ :0.3~2.5%。

[0013] (7) 根据(1)~(6)任一所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示, $(Li_2O+Na_2O)/(SiO_2+Al_2O_3)$ 为0.13~0.5,优选 $(Li_2O+Na_2O)/(SiO_2+Al_2O_3)$ 为0.16~0.45,更优选 $(Li_2O+Na_2O)/(SiO_2+Al_2O_3)$ 为0.2~0.4。

[0014] (8) 根据(1)~(7)任一所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示, $(Li_2O+Na_2O)/Al_2O_3$ 为0.6~3.5,优选为 $(Li_2O+Na_2O)/Al_2O_3$ 为0.8~3.0,更优选 $(Li_2O+Na_2O)/Al_2O_3$ 为1.0~2.5。

[0015] (9) 根据(1)~(8)任一所述的微晶玻璃制品,其组分以摩尔百分比表示, $Li_2O/Na_2O$ 为0.55~4.2,优选 $Li_2O/Na_2O$ 为0.7~3.5,更优选 $Li_2O/Na_2O$ 为0.8~3.0。

[0016] (10) 根据(1)~(9)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选20nm以下。

[0017] (11) 根据(1)~(10)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品的表面应力为300MPa以上,优选为500MPa以上,更优选为700MPa以上;和/或离子交换层深度为10 $\mu$ m以上,优选为15 $\mu$ m以上,更优选20 $\mu$ m以上,进一步优选为25 $\mu$ m以上。

[0018] (12) 根据(1)~(11)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品的落球试验高度为1000mm以上,优选为1100mm以上,更优选为1200mm以上;和/或断裂韧性为1MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>以上,优选为1.3MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>以上,更优选为1.5MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>以上;和/或维氏硬度( $H_v$ )为600kgf/mm<sup>2</sup>以上,优选为650kgf/mm<sup>2</sup>以上,更优选为700kgf/mm<sup>2</sup>以上。

[0019] (13) 根据(1)~(12)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上。

[0020] (14) 根据(1)~(13)任一所述的微晶玻璃制品,0.55mm厚的微晶玻璃制品的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,400~800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上。

[0021] (15) 根据(1)~(14)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品的晶相含有一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体。

[0022] (16) 根据(1)~(15)任一所述的微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品还含有着色剂,可使微晶玻璃制品呈现不同颜色。

[0023] (17) 根据(1)~(16)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂以摩尔百分比表示,含有: $NiO$ :0~4%;和/或 $Ni_2O_3$ :0~4%;和/或 $CoO$ :0~2%;和/或 $Co_2O_3$ :0~2%;和/或 $Fe_2O_3$ :0~7%;和/或 $MnO_2$ :0~4%;和/或 $Er_2O_3$ :0~3%;和/或 $Nd_2O_3$ :0~3%;和/或 $Cu_2O$ :0~4%;和/或 $Pr_2O_5$ :0~3%;和/或 $CeO_2$ :0~4%。

[0024] (18) 根据(1)~(17)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂以摩尔百分比表示,含有: $NiO$ :0.1~3%;和/或 $Ni_2O_3$ :0.1~3%;和/或 $CoO$ :0.05~1.8%;和/或 $Co_2O_3$ :0.05~1.8%;和/或 $Fe_2O_3$ :0.2~5%;和/或 $MnO_2$ :0.1~3%;和/或 $Er_2O_3$ :0.1~2%;和/或 $Nd_2O_3$ :

0.05 ~ 2% ;和/或 $\text{Cu}_2\text{O}$ :0.5 ~ 3% ;和/或 $\text{Pr}_2\text{O}_5$ :0.05 ~ 2.5% ;和/或 $\text{CeO}_2$ :0.5 ~ 3% 。

[0025] (19) 微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :50 ~ 70% ; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :8 ~ 20% ; $\text{Li}_2\text{O}$ :7 ~ 18% ; $\text{Na}_2\text{O}$ :4 ~ 15% ; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1 ~ 10% ; $\text{ZrO}_2$ :0 ~ 10% 。

[0026] (20) 根据(19)所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示,还含有: $\text{ZnO}$ :0 ~ 10% ;和/或 $\text{MgO}$ :0 ~ 10% ;和/或 $\text{K}_2\text{O}$ :0 ~ 10% ;和/或 $\text{SrO}$ :0 ~ 5% ;和/或 $\text{BaO}$ :0 ~ 5% ;和/或 $\text{TiO}_2$ :0 ~ 5% ;和/或 $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0 ~ 5% ;和/或 $\text{B}_2\text{O}_3$ :0 ~ 6% ;和/或澄清剂:0 ~ 2% 。

[0027] (21) 微晶玻璃,其组分含有 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ ,其组分以摩尔百分比表示,其中 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值为0.6 ~ 3.5, $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 的值为0.55 ~ 4.2,所述微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下。

[0028] (22) 根据(21)所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :52 ~ 68% ; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :9 ~ 18% ; $\text{Li}_2\text{O}$ :9 ~ 16% ; $\text{Na}_2\text{O}$ :5 ~ 12% ; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1 ~ 10% ; $\text{ZrO}_2$ :0 ~ 10% ; $\text{ZnO}$ :0 ~ 10% ; $\text{MgO}$ :0 ~ 10% ; $\text{K}_2\text{O}$ :0 ~ 10% ; $\text{SrO}$ :0 ~ 5% ; $\text{BaO}$ :0 ~ 5% ; $\text{TiO}_2$ :0 ~ 5% ; $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0 ~ 5% ; $\text{B}_2\text{O}_3$ :0 ~ 6% ;澄清剂:0 ~ 2% 。

[0029] (23) 根据(19) ~ (22)任一所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :52 ~ 68% ;和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3$ :9 ~ 18% ;和/或 $\text{Li}_2\text{O}$ :9 ~ 16% ;和/或 $\text{Na}_2\text{O}$ :5 ~ 12% ;和/或 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1 ~ 5% ;和/或 $\text{ZrO}_2$ :0.1 ~ 6% ;和/或 $\text{ZnO}$ :0.1 ~ 8% ;和/或 $\text{MgO}$ :0.5 ~ 6% ;和/或 $\text{K}_2\text{O}$ :0 ~ 7% ;和/或 $\text{SrO}$ :0 ~ 1% ;和/或 $\text{BaO}$ :0 ~ 1% ;和/或 $\text{TiO}_2$ :0 ~ 1% ;和/或 $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0 ~ 1% ;和/或 $\text{B}_2\text{O}_3$ :0.1 ~ 2% ;和/或澄清剂:0 ~ 1% 。

[0030] (24) 根据(19) ~ (23)任一所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :54 ~ 65% ;和/或 $\text{ZrO}_2$ :0.1 ~ 3% ;和/或 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.3 ~ 2.5% 。

[0031] (25) 根据(19) ~ (24)任一所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示, $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.13 ~ 0.5,优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.16 ~ 0.45,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.2 ~ 0.4。

[0032] (26) 根据(19) ~ (25)任一所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示, $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为0.6 ~ 3.5,优选为 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为0.8 ~ 3.0,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为1.0 ~ 2.5。

[0033] (27) 根据(19) ~ (26)任一所述的微晶玻璃,其组分以摩尔百分比表示, $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.55 ~ 4.2,优选 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.7 ~ 3.5,更优选 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.8 ~ 3.0。

[0034] (28) 根据(19) ~ (27)任一所述的微晶玻璃,所述微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选20nm以下。

[0035] (29) 根据(19) ~ (28)任一所述的微晶玻璃,所述微晶玻璃的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上。

[0036] (30) 根据(19) ~ (29)任一所述的微晶玻璃,所述微晶玻璃的折射率(nd)为1.500 ~ 1.540,优选为1.510 ~ 1.530;和/或热膨胀系数( $\alpha_{20^\circ\text{C}-120^\circ\text{C}}$ )为 $70 \sim 120 \times 10^{-7}/\text{K}$ ,优选为 $86 \sim 100 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0037] (31) 根据(19) ~ (30)任一所述的微晶玻璃,0.55mm厚的微晶玻璃的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下;和/或0.55mm厚的微晶玻璃,400 ~ 800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上;和/或0.55mm厚的微晶玻璃,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上。

[0038] (32) 根据 (19) ~ (31) 任一所述的微晶玻璃, 所述微晶玻璃的晶相含有一硅酸锂; 和/或磷酸铝; 和/或偏磷酸铝; 和/或磷酸锂; 和/或石英晶体; 和/或硅酸锆晶体。

[0039] (33) 根据 (19) ~ (32) 任一所述的微晶玻璃, 所述微晶玻璃还含有着色剂, 可使微晶玻璃呈现不同颜色。

[0040] (34) 根据 (19) ~ (33) 任一所述的微晶玻璃, 其着色剂以摩尔百分比表示, 含有: NiO: 0 ~ 4%; 和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 4%; 和/或CoO: 0 ~ 2%; 和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 2%; 和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 7%; 和/或MnO<sub>2</sub>: 0 ~ 4%; 和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 3%; 和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 3%; 和/或Cu<sub>2</sub>O: 0 ~ 4%; 和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0 ~ 3%; 和/或CeO<sub>2</sub>: 0 ~ 4%。

[0041] (35) 根据 (19) ~ (34) 任一所述的微晶玻璃, 其着色剂以摩尔百分比表示, 含有: NiO: 0.1 ~ 3%; 和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.1 ~ 3%; 和/或CoO: 0.05 ~ 1.8%; 和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.05 ~ 1.8%; 和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.2 ~ 5%; 和/或MnO<sub>2</sub>: 0.1 ~ 3%; 和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.1 ~ 2%; 和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.05 ~ 2%; 和/或Cu<sub>2</sub>O: 0.5 ~ 3%; 和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.05 ~ 2.5%; 和/或CeO<sub>2</sub>: 0.5 ~ 3%。

[0042] (36) 基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有: SiO<sub>2</sub>: 50 ~ 70%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 8 ~ 20%; Li<sub>2</sub>O: 7 ~ 18%; Na<sub>2</sub>O: 4 ~ 15%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.1 ~ 10%; ZrO<sub>2</sub>: 0 ~ 10%。

[0043] (37) 根据 (36) 所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 还含有: ZnO: 0 ~ 10%; 和/或MgO: 0 ~ 10%; 和/或K<sub>2</sub>O: 0 ~ 10%; 和/或SrO: 0 ~ 5%; 和/或BaO: 0 ~ 5%; 和/或TiO<sub>2</sub>: 0 ~ 5%; 和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 5%; 和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 6%; 和/或澄清剂: 0 ~ 2%。

[0044] (38) 根据 (36) 或 (37) 任一所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有: SiO<sub>2</sub>: 52 ~ 68%; 和/或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 9 ~ 18%; 和/或Li<sub>2</sub>O: 9 ~ 16%; 和/或Na<sub>2</sub>O: 5 ~ 12%; 和/或P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.1 ~ 5%; 和/或ZrO<sub>2</sub>: 0.1 ~ 6%; 和/或ZnO: 0.1 ~ 8%; 和/或MgO: 0.5 ~ 6%; 和/或K<sub>2</sub>O: 0 ~ 7%; 和/或SrO: 0 ~ 1%; 和/或BaO: 0 ~ 1%; 和/或TiO<sub>2</sub>: 0 ~ 1%; 和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 1%; 和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.1 ~ 2%; 和/或澄清剂: 0 ~ 1%。

[0045] (39) 根据 (36) ~ (38) 任一所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有: SiO<sub>2</sub>: 54 ~ 65%; 和/或ZrO<sub>2</sub>: 0.1 ~ 3%; 和/或P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.3 ~ 2.5%。

[0046] (40) 根据 (36) ~ (39) 任一所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 为 0.13 ~ 0.5, 优选 (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 为 0.16 ~ 0.45, 更优选 (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 为 0.2 ~ 0.4。

[0047] (41) 根据 (36) ~ (40) 任一所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 0.6 ~ 3.5, 优选为 (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 0.8 ~ 3.0, 更优选 (Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 1.0 ~ 2.5。

[0048] (42) 根据 (36) ~ (41) 任一所述的基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 为 0.55 ~ 4.2, 优选 Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 为 0.7 ~ 3.5, 更优选 Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 为 0.8 ~ 3.0。

[0049] (43) 根据 (36) ~ (42) 任一所述的基质玻璃, 所述基质玻璃的折射率 (nd) 为 1.500 ~ 1.530, 优选为 1.505 ~ 1.525; 和/或热膨胀系数 ( $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ ) 为  $60 \sim 85 \times 10^{-7}/\text{K}$ , 优选为  $70 \sim 85 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0050] (44) 根据 (36) ~ (42) 任一所述的基质玻璃, 所述基质玻璃还含有着色剂, 可使微晶玻璃制品呈现不同颜色。

[0051] (45) 根据 (36) ~ (44) 任一所述的基质玻璃, 其着色剂以摩尔百分比表示, 含有: NiO: 0 ~ 4%; 和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 4%; 和/或CoO: 0 ~ 2%; 和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~ 2%; 和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 ~

7% ;和/或 $\text{MnO}_2$ :0~4% ;和/或 $\text{Er}_2\text{O}_3$ :0~3% ;和/或 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ :0~3% ;和/或 $\text{Cu}_2\text{O}$ :0~4% ;和/或 $\text{Pr}_2\text{O}_5$ :0~3% ;和/或 $\text{CeO}_2$ :0~4% 。

[0052] (46) 根据 (36) ~ (45) 任一所述的基质玻璃,其着色剂以摩尔百分比表示,含有: $\text{NiO}$ :0.1~3% ;和/或 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ :0.1~3% ;和/或 $\text{CoO}$ :0.05~1.8% ;和/或 $\text{Co}_2\text{O}_3$ :0.05~1.8% ;和/或 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :0.2~5% ;和/或 $\text{MnO}_2$ :0.1~3% ;和/或 $\text{Er}_2\text{O}_3$ :0.1~2% ;和/或 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ :0.05~2% ;和/或 $\text{Cu}_2\text{O}$ :0.5~3% ;和/或 $\text{Pr}_2\text{O}_5$ :0.05~2.5% ;和/或 $\text{CeO}_2$ :0.5~3% 。

[0053] (47) 玻璃盖板,采用 (1) ~ (18) 任一所述的微晶玻璃制品制成,和/或采用 (19) ~ (35) 任一所述的微晶玻璃制成,和/或采用 (36) ~ (46) 任一所述的基质玻璃制成。

[0054] (48) 玻璃元器件,采用 (1) ~ (18) 任一所述的微晶玻璃制品制成,和/或采用 (19) ~ (35) 任一所述的微晶玻璃制成,和/或采用 (36) ~ (46) 任一所述的基质玻璃制成。

[0055] (49) 显示设备,包括 (1) ~ (18) 任一所述的微晶玻璃制品,和/或包括 (19) ~ (35) 任一所述的微晶玻璃,和/或包括 (36) ~ (46) 任一所述的基质玻璃,和/或包括 (47) 所述的玻璃盖板。

[0056] (50) 电子设备,包括 (1) ~ (18) 任一所述的微晶玻璃制品,和/或包括 (19) ~ (35) 任一所述的微晶玻璃,和/或包括 (36) ~ (46) 任一所述的基质玻璃,和/或包括 (47) 所述的玻璃盖板,和/或包括 (48) 所述的玻璃元器件。

[0057] (51) 微晶玻璃制品的制造方法,所述方法包括以下步骤:

[0058] 形成基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :50~70% ; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :8~20% ; $\text{Li}_2\text{O}$ :7~18% ; $\text{Na}_2\text{O}$ :4~15% ; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1~10% ; $\text{ZrO}_2$ :0~10% ; $\text{ZnO}$ :0~10% ; $\text{MgO}$ :0~10% ; $\text{K}_2\text{O}$ :0~10% ; $\text{SrO}$ :0~5% ; $\text{BaO}$ :0~5% ; $\text{TiO}_2$ :0~5% ; $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0~5% ; $\text{B}_2\text{O}_3$ :0~6% ;澄清剂:0~2% 。

[0059] 对所述基质玻璃通过晶化工艺形成微晶玻璃,再对所述微晶玻璃通过化学强化工艺形成微晶玻璃制品。

[0060] (52) 根据 (51) 所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :52~68% ,优选 $\text{SiO}_2$ :54~65% ;和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3$ :9~18% ;和/或 $\text{Li}_2\text{O}$ :9~16% ;和/或 $\text{Na}_2\text{O}$ :5~12% ;和/或 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1~5% ,优选 $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.3~2.5% ;和/或 $\text{ZrO}_2$ :0.1~6% ,优选 $\text{ZrO}_2$ :0.1~3% ;和/或 $\text{ZnO}$ :0.1~8% ;和/或 $\text{MgO}$ :0.5~6% ;和/或 $\text{K}_2\text{O}$ :0~7% ;和/或 $\text{SrO}$ :0~1% ;和/或 $\text{BaO}$ :0~1% ;和/或 $\text{TiO}_2$ :0~1% ;和/或 $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0~1% ;和/或 $\text{B}_2\text{O}_3$ :0.1~2% ;和/或澄清剂:0~1% ;和/或 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$  为0.13~0.5,优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$  为0.16~0.45,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$  为0.2~0.4;和/或 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为0.6~3.5,优选为 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为0.8~3.0,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为1.0~2.5;和/或 $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为0.55~4.2,优选 $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为0.7~3.5,更优选 $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为0.8~3.0。

[0061] (53) 根据 (51) 或 (52) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{NiO}$ :0~4% ;和/或 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ :0~4% ;和/或 $\text{CoO}$ :0~2% ;和/或 $\text{Co}_2\text{O}_3$ :0~2% ;和/或 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :0~7% ;和/或 $\text{MnO}_2$ :0~4% ;和/或 $\text{Er}_2\text{O}_3$ :0~3% ;和/或 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ :0~3% ;和/或 $\text{Cu}_2\text{O}$ :0~4% ;和/或 $\text{Pr}_2\text{O}_5$ :0~3% ;和/或 $\text{CeO}_2$ :0~4% 。

[0062] (54) 根据 (51) ~ (53) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{NiO}$ :0.1~3% ;和/或 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ :0.1~3% ;和/或 $\text{CoO}$ :

0.05 ~ 1.8% ;和/或 $\text{Co}_2\text{O}_3$ :0.05 ~ 1.8% ;和/或 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :0.2 ~ 5% ;和/或 $\text{MnO}_2$ :0.1 ~ 3% ;和/或 $\text{Er}_2\text{O}_3$ :0.1 ~ 2% ;和/或 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ :0.05 ~ 2% ;和/或 $\text{Cu}_2\text{O}$ :0.5 ~ 3% ;和/或 $\text{Pr}_2\text{O}_5$ :0.05 ~ 2.5% ;和/或 $\text{CeO}_2$ :0.5 ~ 3% 。

[0063] (55) 根据(51) ~ (54)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述晶化工艺包括以下步骤:升温至规定的晶化处理温度,在达到热处理温度之后,将其温度保持一定的时间,然后再进行降温。该晶化处理的温度为480 ~ 700°C,优选为520 ~ 600°C,在晶化处理温度下的保持时间为0 ~ 8小时,优选为1 ~ 6小时。

[0064] (56) 根据(51) ~ (54)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述晶化工艺包括以下步骤:在第1温度下进行成核工艺的处理,然后在比成核工艺温度高的第2温度下进行晶体生长工艺的处理。

[0065] (57) 根据(56)所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述晶化工艺包括以下步骤:第1温度为480 ~ 550°C,第2温度为550 ~ 700°C;在第1温度下的保持时间为0 ~ 24小时,优选为2 ~ 15小时;在第2温度下的保持时间为0 ~ 10小时,优选为0.5 ~ 6小时。

[0066] (58) 根据(51) ~ (57)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述化学强化工艺包括:微晶玻璃浸没于430°C ~ 470°C的温度的熔融Na盐的盐浴中6 ~ 20小时,优选温度范围为435°C ~ 460°C,优选时间范围为8 ~ 13小时;和/或微晶玻璃浸没于400°C ~ 450°C的温度下熔融K盐的盐浴中1 ~ 8小时,优选时间范围为2 ~ 4小时。

[0067] (59) 根据(51) ~ (58)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述微晶玻璃制品的晶相含有一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体。

[0068] (60) 根据(51) ~ (59)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,0.55mm厚的微晶玻璃制品的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,400 ~ 800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上;和/或0.55mm厚的微晶玻璃制品,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上;和/或微晶玻璃制品的表面应力为300MPa以上,优选为500MPa以上,更优选为700MPa以上;和/或微晶玻璃制品的离子交换层深度为10 $\mu\text{m}$ 以上,优选为15 $\mu\text{m}$ 以上,更优选20 $\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为25 $\mu\text{m}$ 以上;和/或微晶玻璃制品的落球试验高度为1000mm以上,优选为1100mm以上,更优选为1200mm以上;和/或微晶玻璃制品的断裂韧性为1MPa · m<sup>1/2</sup>以上,优选为1.3MPa · m<sup>1/2</sup>以上,更优选为1.5MPa · m<sup>1/2</sup>以上;和/或微晶玻璃制品的维氏硬度(H<sub>v</sub>)为600kgf/mm<sup>2</sup>以上,优选为650kgf/mm<sup>2</sup>以上,更优选为700kgf/mm<sup>2</sup>以上;和/或微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选20nm以下。

[0069] (61) 根据(51) ~ (60)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述微晶玻璃制品的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上

[0070] (62) 微晶玻璃的制造方法,所述方法包括以下步骤:

[0071] 形成基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有: $\text{SiO}_2$ :50 ~ 70% ; $\text{Al}_2\text{O}_3$ :8 ~ 20% ; $\text{Li}_2\text{O}$ :7 ~ 18% ; $\text{Na}_2\text{O}$ :4 ~ 15% ; $\text{P}_2\text{O}_5$ :0.1 ~ 10% ; $\text{ZrO}_2$ :0 ~ 10% ; $\text{ZnO}$ :0 ~ 10% ; $\text{MgO}$ :0 ~ 10% ; $\text{K}_2\text{O}$ :0 ~ 10% ; $\text{SrO}$ :0 ~ 5% ; $\text{BaO}$ :0 ~ 5% ; $\text{TiO}_2$ :0 ~ 5% ; $\text{Y}_2\text{O}_3$ :0 ~ 5% ; $\text{B}_2\text{O}_3$ :0 ~ 6% ;澄清剂:0 ~ 2% 。

[0072] 对所述基质玻璃通过晶化工艺形成微晶玻璃。

[0073] (63) 根据 (62) 所述的微晶玻璃的制造方法, 所述基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有:  $\text{SiO}_2$ : 52 ~ 68%, 优选  $\text{SiO}_2$ : 54 ~ 65%; 和/或  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 9 ~ 18%; 和/或  $\text{Li}_2\text{O}$ : 9 ~ 16%; 和/或  $\text{Na}_2\text{O}$ : 5 ~ 12%; 和/或  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 0.1 ~ 5%, 优选  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 0.3 ~ 2.5%; 和/或  $\text{ZrO}_2$ : 0.1 ~ 6%, 优选  $\text{ZrO}_2$ : 0.1 ~ 3%; 和/或  $\text{ZnO}$ : 0.1 ~ 8%; 和/或  $\text{MgO}$ : 0.5 ~ 6%; 和/或  $\text{K}_2\text{O}$ : 0 ~ 7%; 和/或  $\text{SrO}$ : 0 ~ 1%; 和/或  $\text{BaO}$ : 0 ~ 1%; 和/或  $\text{TiO}_2$ : 0 ~ 1%; 和/或  $\text{Y}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 1%; 和/或  $\text{B}_2\text{O}_3$ : 0.1 ~ 2%; 和/或澄清剂: 0 ~ 1%; 和/或  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$  为 0.13 ~ 0.5, 优选  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$  为 0.16 ~ 0.45, 更优选  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$  为 0.2 ~ 0.4; 和/或  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为 0.6 ~ 3.5, 优选为  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为 0.8 ~ 3.0, 更优选  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  为 1.0 ~ 2.5; 和/或  $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为 0.55 ~ 4.2, 优选  $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为 0.7 ~ 3.5, 更优选  $\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  为 0.8 ~ 3.0。

[0074] (64) 根据 (62) 或 (63) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有:  $\text{NiO}$ : 0 ~ 4%; 和/或  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 4%; 和/或  $\text{CoO}$ : 0 ~ 2%; 和/或  $\text{Co}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 2%; 和/或  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 7%; 和/或  $\text{MnO}_2$ : 0 ~ 4%; 和/或  $\text{Er}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 3%; 和/或  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ : 0 ~ 3%; 和/或  $\text{Cu}_2\text{O}$ : 0 ~ 4%; 和/或  $\text{Pr}_2\text{O}_5$ : 0 ~ 3%; 和/或  $\text{CeO}_2$ : 0 ~ 4%。

[0075] (65) 根据 (62) ~ (64) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述基质玻璃, 其组分以摩尔百分比表示, 含有:  $\text{NiO}$ : 0.1 ~ 3%; 和/或  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ : 0.1 ~ 3%; 和/或  $\text{CoO}$ : 0.05 ~ 1.8%; 和/或  $\text{Co}_2\text{O}_3$ : 0.05 ~ 1.8%; 和/或  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 0.2 ~ 5%; 和/或  $\text{MnO}_2$ : 0.1 ~ 3%; 和/或  $\text{Er}_2\text{O}_3$ : 0.1 ~ 2%; 和/或  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ : 0.05 ~ 2%; 和/或  $\text{Cu}_2\text{O}$ : 0.5 ~ 3%; 和/或  $\text{Pr}_2\text{O}_5$ : 0.05 ~ 2.5%; 和/或  $\text{CeO}_2$ : 0.5 ~ 3%。

[0076] (66) 根据 (62) ~ (65) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述晶化工艺包括以下步骤: 升温至规定的晶化处理温度, 在达到热处理温度之后, 将其温度保持一定的时间, 然后再进行降温。该晶化处理的温度为 480 ~ 700°C, 优选为 520 ~ 600°C, 在晶化处理温度下的保持时间为 0 ~ 8 小时, 优选为 1 ~ 6 小时。

[0077] (67) 根据 (62) ~ (65) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述晶化工艺包括以下步骤: 在第 1 温度下进行成核工艺的处理, 然后在比成核工艺温度高的第 2 温度下进行晶体生长工艺的处理。

[0078] (68) 根据 (67) 所述的微晶玻璃的制造方法, 所述晶化工艺包括以下步骤: 第 1 温度为 480 ~ 550°C, 第 2 温度为 550 ~ 700°C; 在第 1 温度下的保持时间为 0 ~ 24 小时, 优选为 2 ~ 15 小时; 在第 2 温度下的保持时间为 0 ~ 10 小时, 优选为 0.5 ~ 6 小时。

[0079] (69) 根据 (62) ~ (68) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述微晶玻璃的晶相含有一硅酸锂; 和/或磷酸铝; 和/或偏磷酸铝; 和/或磷酸锂; 和/或石英晶体; 和/或硅酸锆晶体。

[0080] (70) 根据 (62) ~ (69) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 0.55mm 厚的微晶玻璃的雾度为 0.3% 以下, 优选为 0.25% 以下, 更优选为 0.2% 以下; 和/或 0.55mm 厚的微晶玻璃制品, 400 ~ 800nm 波长的平均透过率为 85% 以上, 优选为 88% 以上, 更优选为 90% 以上; 和/或 0.55mm 厚的微晶玻璃制品, 550nm 波长的透过率为 85% 以上, 优选为 89% 以上, 更优选为 91% 以上; 和/或微晶玻璃的晶粒尺寸为 70nm 以下, 优选为 50nm 以下, 更优选为 40nm 以下, 进一步优选为 30nm 以下, 更进一步优选 20nm 以下; 和/或微晶玻璃的热膨胀系数 ( $\alpha_{20^\circ\text{C}-120^\circ\text{C}}$ ) 为 70 ~ 120  $\times 10^{-7}/\text{K}$ , 优选为 86 ~ 100  $\times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0081] (71) 根据(62)~(70)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上。

[0082] 本发明还提供一种基质玻璃的制造方法。

[0083] (72) 基质玻璃的制造方法,所述方法包括以下步骤:

[0084] 按照基质玻璃的组分含量将原料混合均匀,所述基质玻璃的组分以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:50~70%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:8~20%;Li<sub>2</sub>O:7~18%;Na<sub>2</sub>O:4~15%;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~10%;ZrO<sub>2</sub>:0~10%;ZnO:0~10%;MgO:0~10%;K<sub>2</sub>O:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO<sub>2</sub>:0~5%;Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~5%;B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~6%;澄清剂:0~2%。

[0085] 然后将混合均匀的原料放入坩锅中,经熔化、均化后成型。

[0086] (73) 根据(72)所述的基质玻璃的制造方法,所述基质玻璃的组分含量以摩尔百分比表示,含有:SiO<sub>2</sub>:52~68%,优选SiO<sub>2</sub>:54~65%;和/或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:9~18%;和/或Li<sub>2</sub>O:9~16%;和/或Na<sub>2</sub>O:5~12%;和/或P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.1~5%,优选P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.3~2.5%;和/或ZrO<sub>2</sub>:0.1~6%,优选ZrO<sub>2</sub>:0.1~3%;和/或ZnO:0.1~8%;和/或MgO:0.5~6%;和/或K<sub>2</sub>O:0~7%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO<sub>2</sub>:0~1%;和/或Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~1%;和/或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%;和/或(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.13~0.5,优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.16~0.45,更优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)为0.2~0.4;和/或(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为0.6~3.5,优选为(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为0.8~3.0,更优选(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为1.0~2.5;和/或Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.55~4.2,优选Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.7~3.5,更优选Li<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.8~3.0。

[0087] (74) 根据(72)或(73)任一所述的基质玻璃的制造方法,所述基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有:NiO:0~4%;和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~4%;和/或CoO:0~2%;和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~2%;和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~7%;和/或MnO<sub>2</sub>:0~4%;和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%;和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%;和/或Cu<sub>2</sub>O:0~4%;和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0~3%;和/或CeO<sub>2</sub>:0~4%。

[0088] (75) 根据(72)或(73)任一所述的基质玻璃的制造方法,所述基质玻璃,其组分以摩尔百分比表示,含有:NiO:0.1~3%;和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~3%;和/或CoO:0.05~1.8%;和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~1.8%;和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.2~5%;和/或MnO<sub>2</sub>:0.1~3%;和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.1~2%;和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.05~2%;和/或Cu<sub>2</sub>O:0.5~3%;和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0.05~2.5%;和/或CeO<sub>2</sub>:0.5~3%。

[0089] (76) 根据(72)或(73)任一所述的基质玻璃的制造方法,所述基质玻璃的折射率(nd)为1.500~1.530,优选为1.505~1.525;和/或热膨胀系数( $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ )为60~85×10<sup>-7</sup>/K,优选为70~85×10<sup>-7</sup>/K。

[0090] 本发明的有益效果是:通过合理的组分设计,使得本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品具有优异的机械性能,适用于电子设备或显示设备。

### 具体实施方式

[0091] 本发明的微晶玻璃和微晶玻璃制品是具有晶相和玻璃相的材料,其有别于非晶质固体。微晶玻璃和微晶玻璃制品的晶相可以通过X射线衍射分析的X射线衍射图案中出现的峰值角度进行辨别和/或通过TEMEDX测得。

[0092] 本发明的发明人经过反复试验和研究,对于构成微晶玻璃和微晶玻璃制品的特定

成分,通过将其含量以及含量比例规定为特定值并使其析出特定的晶相,以较低的成本得到了本发明的微晶玻璃或微晶玻璃制品。

[0093] 下面,对本发明基质玻璃、微晶玻璃及微晶玻璃制品的各组分(成分)的范围进行说明。在本说明书中,如果没有特殊说明,各组分的含量全部采用相对于换算成氧化物的组成的基质玻璃、或微晶玻璃、或微晶玻璃制品物质总量的摩尔百分比表示。在这里,所述“换算成氧化物的组成”是指,作为本发明的基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品组成成分的原料而使用的氧化物、复合盐及氢氧化物等熔融时分解并转变为氧化物的情况下,将该氧化物的物质总摩尔量作为100%。此外,在本说明书中仅称为玻璃时为结晶化前的基质玻璃,基质玻璃结晶化后称为微晶玻璃,微晶玻璃制品是指经化学强化后的微晶玻璃。

[0094] 除非在具体情况下另外指出,本文所列出的数值范围包括上限和下限值,“以上”和“以下”包括端点值,在该范围内的所有整数和分数,而限于所限定范围时所列的具体值。本文所称“和/或”是包含性的,例如“A;和/或B”,是指只有A,或者只有B,或者同时有A和B。

[0095] 本发明微晶玻璃或微晶玻璃制品中的晶相包括一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体等。

[0096] 本发明中晶相占微晶玻璃或微晶玻璃制品的摩尔百分比范围达到20~80%;在一些实施方式中,摩尔百分比范围达到25~70%;在一些实施方式中,摩尔百分比范围达到30~70%。

[0097]  $\text{SiO}_2$ 是本发明的玻璃的必要成分,其是热处理后形成晶体的组分之一,如果 $\text{SiO}_2$ 的含量在50%以下,玻璃成玻性能变差,不易形成玻璃。因此, $\text{SiO}_2$ 含量的下限为50%,优选下限为52%,更优选下限为54%。如果 $\text{SiO}_2$ 含量在70%以上,不利于玻璃的化学强化,并且会降低微晶玻璃制品和微晶玻璃的落球试验高度。因此, $\text{SiO}_2$ 含量的上限为70%,优选上限为68%,更优选上限为65%。

[0098]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 是形成玻璃网络结构必要成分,降低基质玻璃和微晶玻璃膨胀系数,可细化晶粒降低微晶玻璃和微晶玻璃制品的雾度,有利于微晶玻璃化学强化提高离子交换的能力,但如果其含量不足8%,则上述效果不佳。因此, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量的下限为8%,优选下限为9%。另一方面,如果 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量超过20%,则玻璃的熔化困难程度增加,阻碍晶体的形成,降低微晶玻璃和微晶玻璃制品的断裂韧性和落球试验高度。因此 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量的上限为20%,优选上限为18%。

[0099]  $\text{Li}_2\text{O}$ 可降低玻璃的粘度并促进晶体形成,是晶相组成的必需组分,同时也是离子交换过程中主要与钠、钾离子进行置换的组分,可增大化学强化后表面应力,但如果其含量不足7%,则效果不佳,因此, $\text{Li}_2\text{O}$ 含量的下限为7%,优选下限为9%。另一方面,如果过多地含有 $\text{Li}_2\text{O}$ ,反而影响微晶玻璃制品的离子交换层深度和表面应力,导致微晶玻璃制品的强度下降。因此, $\text{Li}_2\text{O}$ 含量的上限为18%,优选上限为16%。

[0100]  $\text{Na}_2\text{O}$ 可降低玻璃原料的熔化温度,降低玻璃固态低温粘度,有效促进玻璃热处理时析出晶体,有利于微晶玻璃的化学强化,但是玻璃过多含有 $\text{Na}_2\text{O}$ ,降低基质玻璃和微晶玻璃的耐潮稳定性,且易使微晶玻璃晶化速度过快,降低微晶玻璃的强度。因此, $\text{Na}_2\text{O}$ 含量的上限为15%,优选上限为12%。另一方面,玻璃过少的含有 $\text{Na}_2\text{O}$ ,基质玻璃和微晶玻璃不能获得预期的热膨胀系数,对后序加工不利,降低微晶玻璃中Na离子与K离子交换含量,降低

微晶玻璃制品的表面应力,从而降低微晶玻璃制品的强度,因此 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量的下限为4%,优选下限为5%。

[0101] 本发明人大量实验研究发现,通过控制 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}_2\text{O}$ 以一定的比例引入,可影响基质玻璃和微晶玻璃的热膨胀系数、微晶玻璃和微晶玻璃制品的硬度、弯曲强度和断裂韧性,尤其是 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.13~0.5的范围内时,可使基质玻璃或微晶玻璃具有合适的热膨胀系数,并在晶化后获得较多的晶粒,提高微晶玻璃和微晶玻璃制品的硬度和断裂韧性,在一些实施方式中,优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为0.16~0.45,更优选为0.2~0.4,还可获得高的弯曲强度,在一些实施方式中,四点弯曲强度为600MPa以上,优选为650MPa以上,更优选为700MPa以上。

[0102] 本发明中通过控制 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值在0.6~3.5范围内,可优化微晶玻璃的化学强化性能,提高微晶玻璃制品的离子交换层深度和表面应力,尤其是 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值优选在0.8~3.0范围内,还可提高微晶玻璃制品的落球试验高度,更优选 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值为1.0~2.5。

[0103] 本发明中,当控制 $\text{Li}_2\text{O}$ 与 $\text{Na}_2\text{O}$ 引入量比例 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.55~4.2范围内时,可优化基质玻璃的晶化性能,使微晶玻璃和微晶玻璃制品具有合适的晶粒大小,从而使微晶玻璃及微晶玻璃制品具有优异的性能,优选 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为0.7~3.5,更优选为0.8~3.0,微晶玻璃和微晶玻璃制品落球试验高度变大,在一些实施方式中,微晶玻璃制品的落球试验高度优选为1000mm以上,更优选为1100mm以上,进一步优选为1200mm以上,更进一步优选为1500mm以上。

[0104]  $\text{K}_2\text{O}$ 是有助于改善基质玻璃熔化性能与成型性能的可选成分,但如果过多地含有 $\text{K}_2\text{O}$ ,则很容易产生基质玻璃或微晶玻璃的化学稳定性的降低以及热膨胀系数的升高。因此, $\text{K}_2\text{O}$ 的含量为0~10%,优选为0~7%。

[0105]  $\text{ZrO}_2$ 在本发明中是任选组分,具有结晶析出形成晶核的作用,同时有助于提高基质玻璃和微晶玻璃的化学稳定性。研究发现, $\text{ZrO}_2$ 还可通过在形成基质玻璃过程中显著降低玻璃失透风险,本发明中 $\text{ZrO}_2$ 含量的下限优选为0.1%;但如果过多地含有 $\text{ZrO}_2$ ,则基质玻璃的耐失透性反而容易降低,同时基质玻璃晶化过程控制难度增加。因此, $\text{ZrO}_2$ 含量的上限为10%,优选上限为6%,更优选上限为3%。

[0106]  $\text{P}_2\text{O}_5$ 是有助于改善基质玻璃的熔化性能的组分,能够在基质玻璃中形成晶核,提高基质玻璃在晶化过程中的热膨胀稳定性, $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量的下限优选为0.1%,更优选为0.3%;但如果过多地含有 $\text{P}_2\text{O}_5$ ,则很容易使基质玻璃产生耐失透性降低,且微晶玻璃、微晶玻璃制品机械性能有劣化的趋势。因此, $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量的上限为10%,优选上限为5%,更优选上限为2.5%。

[0107]  $\text{MgO}$ 有助于降低玻璃的粘度,成型时抑制玻璃析晶和晶化时细化晶粒,还具有改善熔化性能的效果, $\text{MgO}$ 在本发明中是可选成分,优选下限为0.5%;但如果 $\text{MgO}$ 含量过高,会引起耐失透性下降,在晶化后会得到不理想的晶体,导致微晶玻璃和微晶玻璃制品的性能下降。因此, $\text{MgO}$ 含量的上限为10%,优选上限为6%。

[0108]  $\text{ZnO}$ 可改善基质玻璃的熔化性能,改善基质玻璃的化学稳定性,晶化时细化晶粒, $\text{ZnO}$ 在本发明中是可选成分,优选含量在0.1%以上;将 $\text{ZnO}$ 含量的上限控制在10%以下,可以防止基质玻璃在晶化过程中晶粒过大,因此, $\text{ZnO}$ 含量的上限为10%,优选上限为8%。

[0109] SrO是改善基质玻璃的熔化性能和抑制基质玻璃成型析晶的可选成分,本发明中优选控制SrO在5%以下,可以使微晶玻璃和微晶玻璃制品较易获得优异的晶粒大小,更优选其含量在1%以下。在一些实施方式中,优选不引入SrO。

[0110] BaO是有助于提高基质玻璃的成玻性能的可选成分,当其含量超过5%时,基质玻璃的耐失透性降低,因此本发明中BaO含量优选控制在5%以下,更优选为1%以下。在一些实施方式中,优选不引入BaO。

[0111] TiO<sub>2</sub>是一种有助于降低基质玻璃的熔化温度、提高化学稳定性的可选成分,本发明中引入5%以下的TiO<sub>2</sub>,可以使基质玻璃晶化过程变得容易控制,优选为1%以下。在一些实施方式中,优选不引入TiO<sub>2</sub>。

[0112] Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>是提高基质玻璃的硬度、化学稳定性的可选成分,但其含量过多则容易引起基质玻璃成型析晶,其含量为5%以下,优选为1%以下。在一些实施方式中,优选不引入Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

[0113] B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>有助于优化基质玻璃的熔融性能,当其含量过高时,基质玻璃化学稳定性降低,因此B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为6%以下,优选B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量为0.1~2%。

[0114] Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、SnO、CeO<sub>2</sub>中的一种或几种组分作为澄清剂加入,Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量上限为2%,优选为1%,更优选为0.5%。SnO<sub>2</sub>、SnO、CeO<sub>2</sub>各自的含量上限分别为2%,优选为1%,更优选为0.5%。在一些实施方式中,以上4种澄清剂中的一种或多种的含量为0~2%,优选为0~1%。

[0115] 在一些实施方式中,还可以用As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cl的化合物、Br的化合物等作为澄清剂,其含量分别为2%以下,优选为1%以下,更优选为0.5%以下。

[0116] 本发明中为获得合适的晶粒尺寸和晶相种类,在一些实施方式中可以引入La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cs<sub>2</sub>O、Tb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO<sub>2</sub>和CaO等成分,但其单独或合计含量优选在2%以下。PbO和As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>是有毒物质,即使少量的加入也不符合环保的要求,因此本发明在一些实施方式中优选不含有PbO和As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

[0117] 本发明的一些实施方式中,通过在原料中加入着色剂制备出具有颜色的基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,可使基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品呈现不同的颜色,着色剂含有:NiO:0~4%;和/或Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~4%;和/或CoO:0~2%;和/或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~2%;和/或Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~7%;和/或MnO<sub>2</sub>:0~4%;和/或Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%;和/或Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0~3%;和/或Cu<sub>2</sub>O:0~4%;和/或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0~3%;和/或CeO<sub>2</sub>:0~4%。其着色剂摩尔百分比含量及其作用详述如下:

[0118] 本发明制备的褐色或绿色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用NiO、Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为着色剂。NiO和Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为着色剂,用于制备褐色或绿色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,两种组分可以单独使用或者混合使用,其分别含量一般为4%以下,优选为3%以下,如果含量超过4%,着色剂不能很好溶于基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中,其分别的含量下限在0.1%以上,如低于0.1%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。如混合使用时,NiO和Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>合计量一般为4%以下,合计量下限在0.1%以上。使用Pr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>作为绿色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品着色剂,单独使用,一般含量为3%以下,优选含量为2.5%以下,其含量下限在0.05%以上,如低于0.05%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。

[0119] 本发明制备的蓝色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用CoO或Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为着色

剂,两种着色剂组分可以单独使用或者混合使用,其分别的含量都一般为2%以下,优选为1.8%以下,如果含量超过了2%,着色剂不能很好溶于基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中,其分别的含量下限在0.05%以上,如低于0.05%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。如混合使用时,CoO和Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>合计量不超过2%,合计量下限在0.05%以上。

[0120] 本发明制备的黄色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用Cu<sub>2</sub>O或CeO<sub>2</sub>为着色剂,两种着色剂组分单独使用或者混合使用,其分别的含量下限在0.5%以上,如低于0.5%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显,单独使用Cu<sub>2</sub>O为4%以下,优选为3%以下,如果含量超过4%,容易使玻璃析晶。单独使用CeO<sub>2</sub>含量一般为4%以下,优选为3%以下,如含量超过4%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品光泽不好。同时,少量的CeO<sub>2</sub>加入玻璃中具有除泡的效果,CeO<sub>2</sub>在玻璃中还可以作为澄清剂使用。如果两种着色剂混合使用时,其合计量一般为4%以下,合计量下限在0.5%以上。

[0121] 本发明制备的黑色或烟灰色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,单独使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为着色剂;或者使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和CoO两种混合使用的着色剂;或者使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>两种混合使用的着色剂;或者使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CoO和NiO三种混合使用的着色剂;或者使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和NiO三种混合使用的着色剂。制备黑色和烟灰色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的着色剂主要使用Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>着色,含量为7%以下,优选为5%以下,其含量下限在0.2%以上。CoO和Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>在可见光有吸收,可以加深基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的着色程度,一般与Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>混合使用时各自的含量为0.3%以下,下限在0.05%以上。NiO在可见光有吸收,可以加深基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的着色程度,一般混合使用时其含量为1%以下,合计量下限在0.1%以上。

[0122] 本发明制备的紫色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用MnO<sub>2</sub>为着色剂,使用含量一般为4%以下,优选在3%以下,其含量下限在0.1%以上,如低于0.1%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。

[0123] 本发明制备的粉色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为着色剂,使用含量一般为3%以下,优选在2%以下。由于稀土元素Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>着色效率低,当使用含量超过3%,也不能使基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的颜色进一步的加深,反而增加成本,其含量下限在0.1%以上,如低于0.1%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。

[0124] 本发明制备的紫红色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为着色剂,使用含量一般为3%以下,优选在2%以下。由于稀土元素Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>着色效率低,使用含量超过了3%,也不能使基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的颜色进一步的加深,反而增加成本,其含量下限在0.05%以上,如低于0.05%,基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。

[0125] 本发明制备的红色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MnO<sub>2</sub>混合着色剂,玻璃中Er离子在400-500nm有吸收,Mn离子主要在500nm处有吸收,Nd离子主要在580nm处有强的吸收,三种物质的混合,可以制备红色基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,由于Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为稀土着色,着色能力比较弱,Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>使用量在3%以内,Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>使用量在3%以内,MnO<sub>2</sub>着色强,使用量在2%范围内,其使用混合着色剂合计量的下限在0.9%以上。

[0126] 本文所记载的“不引入”“不含有”“0%”是指没有故意将该化合物、分子或元素等作为原料添加到本发明基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中;但作为生产基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的原材料和/或设备,会存在某些不是故意添加的杂质或组分,会在最

终的基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中少量或痕量含有,此种情形也在本发明专利的保护范围内。

[0127] 本发明的一些实施方式中,微晶玻璃和微晶玻璃制品中晶相含有一硅酸锂;和/或磷酸铝;和/或偏磷酸铝;和/或磷酸锂;和/或石英晶体;和/或硅酸锆晶体等,为本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品提供高的强度,微晶玻璃和微晶玻璃制品断裂韧性变高;微晶玻璃和微晶玻璃制品的落球试验高度和四点弯曲强度变大。本发明微晶玻璃还可进行离子交换以获得额外的机械强度。本发明通过合理的组分设计,可使本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品获得合适的晶粒大小,使本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品具有高的强度。

[0128] 本发明微晶玻璃或微晶玻璃制品可以是透明的、半透明的和不透明的。微晶玻璃或微晶玻璃制品的晶粒尺寸和雾度会影响微晶玻璃或微晶玻璃制品的透过率,即影响光透过率,晶粒越小透过率越高;雾度越小,透过率越高。在一些实施方式中,0.55mm厚度的微晶玻璃制品或微晶玻璃的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下。在一些实施方式中,微晶玻璃制品或微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选为20nm以下。另一方面,通过研究发现,微晶玻璃中晶相与玻璃相的折射率差距越小,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透过率越高。

[0129] 本发明的一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品在可见光范围中呈现高的透过率。在一些实施方式中0.55mm厚度的微晶玻璃制品或微晶玻璃400~800nm的平均光透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上。在一些优选的实施方式中,0.55mm厚度的微晶玻璃制品或微晶玻璃550nm的光透过率为80%以上,优选为85%以上,更优选为89%以上,进一步优选为91%以上。

[0130] 在一些实施方式中,可将抗微生物成分添加到基质玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中。

[0131] 本发明的基质玻璃、微晶玻璃和微晶玻璃制品可以通过如下方法进行生产和制造:

[0132] 生成基质玻璃:按照组分比例将原料混合均匀,将均匀的混合物放入铂制或石英制的坩埚中,根据玻璃组成的熔化难易度,在电炉或燃气炉中在1250~1650°C的温度范围内进行5~24小时熔化,搅拌使其均匀后,降至适当的温度并浇铸到模具中,缓慢冷却而成。

[0133] 本发明的基质玻璃可以通过众所周知的方法进行成型。在一些实施方式中,本发明基质玻璃的折射率(nd)为1.500~1.530,优选为1.505~1.525。

[0134] 本发明的基质玻璃,在成型后或成型加工后通过晶化工艺进行晶化处理,在玻璃内部均匀地析出结晶。该晶化处理可以通过1个阶段进行,也可以通过2个阶段进行,优选采用2个阶段进行晶化处理。在第1温度下进行成核工艺的处理,然后在比成核工艺温度高的第2温度下进行晶体生长工艺的处理。将在第1温度下进行的晶化处理称为第1晶化处理,将在第2温度下进行的晶化处理称为第2晶化处理。

[0135] 为了使微晶玻璃得到所期望的物理性质,优选的晶化工艺为:

[0136] 上述通过1个阶段进行晶化处理,可以连续地进行核形成工艺与结晶生长工艺。即,升温至规定的晶化处理温度,在达到热处理温度之后,将其温度保持一定的时间,然后再进行降温。该晶化处理的温度优选为在480~700°C,为了能够析出所期望的晶相,更优选为520~600°C,在晶化处理温度下的保持时间,优选为0~8小时,更优选为1~6小时。

[0137] 上述通过2个阶段进行晶化处理时,第1温度优选为480~550℃,第2温度优选为550~700℃。在第1温度下的保持时间,优选为0~24小时,更优选为2~15小时。在第2温度下的保持时间,优选为0~10小时,更优选为0.5~6小时。

[0138] 上述保持时间0小时,是指在达到其温度后不到1分钟又开始降温或升温。

[0139] 在一些实施方式中,本发明通过晶化工艺所得到的微晶玻璃的折射率(nd)为1.500~1.540,优选为1.510~1.530。

[0140] 在一些实施方式中,可通过各种工艺将本文所述的基质玻璃或微晶玻璃制造成形成体,所述形成体包括但不限于片材,所述工艺包括但不限于狭缝拉制、浮法、辊压和本领域公知的其他形成片材的工艺。或者,可通过本领域所公知的浮法或辊压法来形成基质玻璃或微晶玻璃。

[0141] 本发明的基质玻璃或微晶玻璃,可以采用研磨或抛光加工等方法制造片材的玻璃形成体,但制造玻璃形成体的方法,并不限于这些方法。

[0142] 本发明的基质玻璃或微晶玻璃形成体,可以在一定温度下采用热弯或压型等方法制备形成各种形状,并不限于这些方法。

[0143] 本发明所述的基质玻璃、微晶玻璃和微晶玻璃制品可具有合理有用的任何厚度。

[0144] 本发明的微晶玻璃除了通过析出结晶提高机械特性之外,还可以通过形成压缩应力层获得更高的强度,从而制成微晶玻璃制品。

[0145] 在一些实施方式中,可将基质玻璃或微晶玻璃加工成片材,和/或造型(如打孔、热弯等),定形后抛光和/或扫光,再通过化学强化工艺进行化学强化。

[0146] 本发明所述的化学强化,即是离子交换法。本发明的基质玻璃、微晶玻璃都是可通过本技术领域所公知的方法进行离子交换。在离子交换过程中,基质玻璃或微晶玻璃中的较小的金属离子被靠近基质玻璃或微晶玻璃的具有相同价态的较大金属离子置换或“交换”。用较大的离子置换较小的离子,在基质玻璃或微晶玻璃中构建压缩应力,形成压缩应力层。

[0147] 在一些实施方式中,金属离子是单价碱金属离子(例如 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、 $\text{Cs}^+$ 等),离子交换通过将基质玻璃或微晶玻璃浸没在包含较大的金属离子的至少一种熔融盐的盐浴中进行,该较大的金属离子用于置换基质玻璃中的较小的金属离子。或者,其他单价金属离子例如 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Tl}^+$ 、 $\text{Cu}^+$ 等也可用于交换单价离子。用来化学强化基质玻璃或微晶玻璃的一种或更多种离子交换过程可包括但不限于:将其浸没在单一盐浴中,或者将其浸没在具有相同或不同组成的多个盐浴中,在浸没之间有洗涤和/或退火步骤。

[0148] 在一些实施方式中,基质玻璃或微晶玻璃可通过在浸没于约430℃~470℃的温度的熔融Na盐(如 $\text{NaNO}_3$ )的盐浴中约6~20小时来进行离子交换,优选温度范围为435℃~460℃,优选时间范围为8~13小时。在这种实施方式中,Na离子置换基质玻璃或微晶玻璃中的部分Li离子,从而形成表面压缩层且呈现高机械性能。在一些实施方式中,基质玻璃或微晶玻璃可通过在浸没于约400℃~450℃的温度下熔融K盐(如 $\text{KNO}_3$ )的盐浴中1~8小时来进行离子交换,优选时间范围为2~4小时。

[0149] 在一些优选实施方式中,通过在450℃的熔融Na盐(如 $\text{NaNO}_3$ )的盐浴中约8小时,离子交换层深度达20 $\mu\text{m}$ 以上,优选为25 $\mu\text{m}$ 以上。

[0150] 在一些实施方式中,还有向基质玻璃或微晶玻璃的表层注入离子的离子注入法,

以及对基质玻璃或微晶玻璃进行加热,然后快速冷却的热钢化法。

[0151] 本发明基质玻璃、微晶玻璃和/或微晶玻璃制品各项性能指标采用以下方法测试:

[0152] [折射率]

[0153] 折射率(nd)按照GB/T7962.1-2010规定的方法测试。

[0154] [雾度]

[0155] 采用雾度测试仪EEL57D,以0.55mm厚玻璃样品制备,以GB2410-80为标准进行测试。

[0156] [晶粒尺寸]

[0157] 利用SEM扫描电镜进行测定,微晶玻璃通过在HF酸中进行表面处理,再对微晶玻璃表面进行喷金,在SEM扫描电镜下进行表面扫描,确定其晶粒的大小。

[0158] [光透过率]

[0159] 本文所述的光透过率均为外部透过率,有时候简称透过率。

[0160] 将样品加工成0.55mm厚度并进行相对面平行抛光,利用日立U-41000形分光光度计测定400~800nm的平均光透过率。

[0161] 将样品加工成0.55mm厚度并进行相对面平行抛光,利用日立U-41000形分光光度计测定550nm的光透过率。

[0162] [结晶度]

[0163] 将XRD衍射峰与数据库图谱进行对比,结晶度是通过计算结晶相衍射强度在整体图谱强度中所占比例所得,并且通过使用纯石英晶体进行内部标定。

[0164] [表面应力]和[离子交换层深度]

[0165] 利用玻璃表面应力仪FSM-6000LEUV进行表面应力测定。

[0166] 利用玻璃表面应力仪SLP-2000进行离子交换层深度测定。

[0167] 作为测定条件以样品的折射率为1.54、光学弹性常数为25.3[(nm/cm)/Mpa]进行计算。

[0168] [落球试验高度]

[0169] 将150×57×0.55mm的样品放置在玻璃承载夹具上,使132g的钢球从规定高度落下,样品不发生断裂而能够承受的冲击的最大落球试验高度。具体地说,试验从落球试验高度800mm开始实施,在不发生断裂的情况下,通过850mm、900mm、950mm、1000mm及以上依次改变高度。对于具有“落球试验高度”的实施例,以微晶玻璃制品为试验对象。在实施例中记录为1000mm的试验数据,表示即使从1000mm的高度使钢球落下微晶玻璃制品也不发生断裂而承受了冲击。

[0170] [断裂韧性]

[0171] 使用直接测量压痕扩展裂纹尺寸的方法,试样规格为2mm×4mm×20mm,经过倒角、磨平和抛光,试样制备完成后,用维氏硬度压头在试样上加49N的力并维持30s的时间,打出压痕后,用三点弯曲的方法测定其断裂强度。

[0172] [四点弯曲强度]

[0173] 采用微机控制电子万能试验机CMT6502,玻璃规格150×57×0.55mm,以ASTM C158-2002为标准进行测试。

[0174] [维氏硬度]

[0175] 用相对面夹角为 $136^\circ$ 的金刚石四角锥压头在试验面上压入金字塔形状的凹陷时的负荷(N)除以通过凹陷的长度计算出的表面积( $\text{mm}^2$ )的值表示。使试验负荷为100(N)、保持时间为15(秒)进行。

[0176] [膨胀系数]

[0177] 热膨胀系数( $\alpha_{20^\circ\text{C}-120^\circ\text{C}}$ )按照GB/T7962.16-2010规定的方法进行测试。

[0178] 本发明基质玻璃具有以下性能:

[0179] 1) 在一些实施方式中,折射率(nd)为1.500~1.530,优选为1.505~1.525。

[0180] 2) 在一些实施方式中,热膨胀系数( $\alpha_{20^\circ\text{C}-120^\circ\text{C}}$ )为 $60\sim 85\times 10^{-7}/\text{K}$ ,优选为 $70\sim 85\times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0181] 本发明微晶玻璃具有以下性能:

[0182] 1) 在一些实施方式中,微晶玻璃的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上。

[0183] 2) 在一些实施方式中,微晶玻璃的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,优选为40nm以下,更优选为30nm以下,进一步优选20nm以下。

[0184] 3) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下。

[0185] 4) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃,400~800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上。

[0186] 5) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上。

[0187] 6) 在一些实施方式中,微晶玻璃的折射率(nd)为1.500~1.540,优选为1.510~1.530。

[0188] 7) 在一些实施方式中,微晶玻璃的热膨胀系数( $\alpha_{20^\circ\text{C}-120^\circ\text{C}}$ )为 $70\sim 120\times 10^{-7}/\text{K}$ ,优选为 $86\sim 100\times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0189] 本发明微晶玻璃制品具有以下性能:

[0190] 1) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的表面应力为300MPa以上,优选为500MPa以上,更优选为700MPa以上。

[0191] 2) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的四点弯曲强度为600MPa以上,优选为650MPa以上,更优选为700MPa以上;

[0192] 3) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的离子交换层深度为 $10\mu\text{m}$ 以上,优选为 $15\mu\text{m}$ 以上,更优选 $20\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为 $25\mu\text{m}$ 以上。

[0193] 4) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的落球试验高度为1000mm以上,优选为1100mm以上,更优选为1200mm以上;

[0194] 5) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的断裂韧性为 $1\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上,优选为 $1.3\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上,更优选为 $1.5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上。

[0195] 6) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的维氏硬度( $H_v$ )为 $600\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上,优选为 $650\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上,更优选为 $700\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上。

[0196] 7) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的结晶度为20%以上,优选为30%以上,更优选为40%以上,进一步优选为50%以上。

[0197] 8) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的晶粒尺寸为70nm以下,优选为50nm以下,更优选为40nm以下,进一步优选为30nm以下,更进一步优选20nm以下。

[0198] 9) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃制品的雾度为0.3%以下,优选为0.25%以下,更优选为0.2%以下。

[0199] 10) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃制品,400~800nm波长的平均透过率为85%以上,优选为88%以上,更优选为90%以上。

[0200] 11) 在一些实施方式中,0.55mm厚的微晶玻璃制品,550nm波长的透过率为85%以上,优选为89%以上,更优选为91%以上。

[0201] 12) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的折射率(nd)为1.500~1.540,优选为1.510~1.530。

[0202] 13) 在一些实施方式中,微晶玻璃制品的热膨胀系数( $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ )为 $70 \sim 120 \times 10^{-7}/\text{K}$ ,优选为 $86 \sim 100 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0203] 本发明的微晶玻璃、微晶玻璃制品和基质玻璃由于具有上述优异的性能,可广泛制作成玻璃盖板或玻璃元器件;同时,本发明微晶玻璃、微晶玻璃制品和基质玻璃应用于电子设备或显示设备中,如手机、手表、电脑、触摸显示屏等。

[0204] 实施例

[0205] 为了进一步清楚地阐释和说明本发明的技术方案,提供以下的非限制性实施例。本发明实施例经过诸多努力以确保数值(例如数量、温度等)的精确性,但是必须考虑到存在一些误差和偏差。组成自身基于氧化物以摩尔%给出,且已标准化成100%。

[0206] 以下表1~2中所示为基质玻璃实施例。

[0207] 表1.

[0208]

组分 (mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	54.81	55.60	55.90	56.04	56.18	56.92	57.52	57.45	56.86	57.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.15	15.57	14.86	14.11	13.37	12.78	12.15	11.39	10.55	10.94
Li <sub>2</sub> O	13.23	13.29	13.23	13.13	13.04	13.08	13.09	12.96	14.82	14.93
Na <sub>2</sub> O	5.59	5.62	5.59	6.25	6.20	6.22	6.92	6.85	7.39	7.44
K <sub>2</sub> O	2.13	2.13	2.13	2.11	2.09	2.10	2.10	2.08	1.02	1.03
ZnO	2.84	3.80	4.73	5.64	6.53	4.68	3.75	3.71	2.73	2.75
MgO	3.27	1.64	1.63	1.62	1.61	1.62	1.62	3.20	4.71	3.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70	1.17	1.39	0.46	0.46	0.46	1.38	0.91	0.89	0.90
ZrO <sub>2</sub>	1.07	0.54	0.53	0.53	0.53	1.06	0.53	1.05	1.03	1.03

[0209]

Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.21	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	0.40	0.00	0.00
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.00	0.00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	1.21	1.27	1.37	1.44	1.51	1.65	1.74	2.11	2.05
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.33	0.33
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	2.36	2.36	2.36	2.10	2.10	2.10	1.89	1.89	2.01	2.01
nd	1.5215	1.5206	1.5159	1.5233	1.5219	1.5189	1.5142	1.5177	1.5101	1.5122
$\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/\text{K}$ )	71.00	72.00	73.00	75.00	78.00	79.00	80.00	80.00	81.00	82.00

[0210] 表2.

[0211]

组分 (mol%)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub>	60.16	59.77	57.41	60.72	61.21	61.12	61.96	61.38	63.54	64.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.60	10.79	9.76	11.40	10.76	10.02	10.39	10.20	10.47	9.53
Li <sub>2</sub> O	11.00	12.99	11.10	12.97	11.88	10.69	12.89	14.77	12.99	11.92
Na <sub>2</sub> O	6.98	8.24	10.56	7.54	8.22	6.78	8.86	6.69	6.87	9.63
K <sub>2</sub> O	5.30	4.18	2.14	2.08	2.08	2.06	1.04	3.05	1.04	2.09
ZnO	0.94	0.46	4.76	0.93	0.93	1.84	2.31	0.91	1.86	0.47
MgO	1.63	1.61	1.65	2.40	3.20	5.55	1.59	1.56	0.80	0.80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.85	0.91	0.47	0.91	0.68	0.90	0.45	0.67	1.37	0.91
ZrO <sub>2</sub>	0.53	1.05	2.15	1.05	1.05	1.04	0.52	0.77	1.05	0.53
Sb <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

[0212]

SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
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
Y <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+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55	1.97	2.22	1.80	1.87	1.74	2.09	2.10	1.90	2.26
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.25	0.30	0.32	0.28	0.28	0.25	0.30	0.30	0.27	0.29
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.58	1.58	1.05	1.72	1.44	1.58	1.46	2.21	1.89	1.24
nd	1.52	1.51	1.51	1.51	1.52	1.51	1.52	1.51	1.51	1.51
$\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/\text{K}$ )	81.00	83.00	84.00	80.00	82.00	84.00	85.00	80.00	81.00	85.00

[0213] 以下表3~4中所示为微晶玻璃实施例。

[0214] 表3.

[0215]

组分 (mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	54.81	55.60	55.90	56.04	56.18	56.92	57.52	57.45	56.86	57.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.15	15.57	14.86	14.11	13.37	12.78	12.15	11.39	10.55	10.94
Li <sub>2</sub> O	13.23	13.29	13.23	13.13	13.04	13.08	13.09	12.96	14.82	14.93
Na <sub>2</sub> O	5.59	5.62	5.59	6.25	6.20	6.22	6.92	6.85	7.39	7.44
K <sub>2</sub> O	2.13	2.13	2.13	2.11	2.09	2.10	2.10	2.08	1.02	1.03
ZnO	2.84	3.80	4.73	5.64	6.53	4.68	3.75	3.71	2.73	2.75
MgO	3.27	1.64	1.63	1.62	1.61	1.62	1.62	3.20	4.71	3.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70	1.17	1.39	0.46	0.46	0.46	1.38	0.91	0.89	0.90
ZrO <sub>2</sub>	1.07	0.54	0.53	0.53	0.53	1.06	0.53	1.05	1.03	1.03
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	SrO	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	BaO	0.21	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	0.40	0.00	0.00
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.00	0.00
	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	1.21	1.27	1.37	1.44	1.51	1.65	1.74	2.11	2.05
	(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.33	0.33
	Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	2.36	2.36	2.36	2.10	2.10	2.10	1.89	1.89	2.01	2.01
	0.55mm 厚雾 度 (%)	0.28	0.29	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.20	0.20	0.20
[0216]	晶粒尺寸(nm)	40	30	30	30	25	25	25	20	20	20
	结晶度	0.55	0.57	0.6	0.78	0.75	0.73	0.75	0.69	0.65	0.82
	nd	1.5264	1.527	1.5275	1.5277	1.5264	1.5268	1.5291	1.5288	1.5283	1.5289
	0.55mm 厚 400~800nm 的平均光透过 率	0.89	0.89	0.89	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	0.55mm 厚 550nm 波长的 光透过率	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91
	$\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/\text{K}$ )	88.00	89.00	88.00	95.00	93.00	92.00	90.00	89.00	97.00	95.00
	晶化第一温度 和时间	480°C 4h	490°C 10h	500°C 10h	510°C 8h	520°C 6h	530°C 6h	540°C 4h	550°C 2h	510°C 4h	520°C 6h
	晶化第二温度 和时间	650°C 0.5h	640°C 4h	630°C 0.5h	620°C 1h	600°C 2h	590°C 6h	580°C 2h	600°C 1h	600°C 2h	605°C 2h

[0217] 表4.

[0218]	组分 (mol%)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	SiO <sub>2</sub>	60.16	59.77	57.41	60.72	61.21	61.12	61.96	61.38	63.54	64.13

[0219]

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.60	10.79	9.76	11.40	10.76	10.02	10.39	10.20	10.47	9.53
Li <sub>2</sub> O	11.00	12.99	11.10	12.97	11.88	10.69	12.89	14.77	12.99	11.92
Na <sub>2</sub> O	6.98	8.24	10.56	7.54	8.22	6.78	8.86	6.69	6.87	9.63
K <sub>2</sub> O	5.30	4.18	2.14	2.08	2.08	2.06	1.04	3.05	1.04	2.09
ZnO	0.94	0.46	4.76	0.93	0.93	1.84	2.31	0.91	1.86	0.47
MgO	1.63	1.61	1.65	2.40	3.20	5.55	1.59	1.56	0.80	0.80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.85	0.91	0.47	0.91	0.68	0.90	0.45	0.67	1.37	0.91
ZrO <sub>2</sub>	0.53	1.05	2.15	1.05	1.05	1.04	0.52	0.77	1.05	0.53
Sb <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
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
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
Y <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+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55	1.97	2.22	1.80	1.87	1.74	2.09	2.10	1.90	2.26
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.25	0.30	0.32	0.28	0.28	0.25	0.30	0.30	0.27	0.29
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.58	1.58	1.05	1.72	1.44	1.58	1.46	2.21	1.89	1.24
0.55mm 厚雾 度 (%)	0.2	0.15	0.1	0.2	0.25	0.15	0.2	0.15	0.15	0.1
晶粒尺寸 (nm)	25	28	15	29	30	18	20	21	22	25
结晶度	0.7	0.77	0.75	0.78	0.75	0.73	0.75	0.76	0.7	0.8
nd	1.5268	1.5275	1.5278	1.529	1.53	1.5278	1.5298	1.5286	1.5273	1.5257
0.55mm 厚 400~800nm	0.89	0.89	0.89	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

的平均光透 过率										
0.55mm 厚 550nm 波长 的光透过率	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91
[0220] $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ ( $\times 10^{-7}/\text{K}$ )	89.00	90.00	90.00	97.00	95.00	95.00	92.00	91.00	99.00	97.00
晶化第一温 度和时间	480°C 3h	490°C 8h	500°C 7h	510°C 4h	520°C 6h	530°C 6h	540°C 4h	550°C 2h	510°C 4h	520°C 6h
晶化第二温 度和时间	650°C 10h	640°C 4h	630°C 0.5h	620°C 2h	600°C 4h	590°C 6h	580°C 2h	600°C 2h	600°C 5h	605°C 3h

[0221] 以下表5~6中所示为微晶玻璃制品实施例。

[0222] 表5.

组分 (mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	54.81	55.60	55.90	56.04	56.18	56.92	57.52	57.45	56.86	57.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.15	15.57	14.86	14.11	13.37	12.78	12.15	11.39	10.55	10.94
Li <sub>2</sub> O	13.23	13.29	13.23	13.13	13.04	13.08	13.09	12.96	14.82	14.93
Na <sub>2</sub> O	5.59	5.62	5.59	6.25	6.20	6.22	6.92	6.85	7.39	7.44
K <sub>2</sub> O	2.13	2.13	2.13	2.11	2.09	2.10	2.10	2.08	1.02	1.03
ZnO	2.84	3.80	4.73	5.64	6.53	4.68	3.75	3.71	2.73	2.75
MgO	3.27	1.64	1.63	1.62	1.61	1.62	1.62	3.20	4.71	3.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70	1.17	1.39	0.46	0.46	0.46	1.38	0.91	0.89	0.90
ZrO <sub>2</sub>	1.07	0.54	0.53	0.53	0.53	1.06	0.53	1.05	1.03	1.03
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[0223] TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.00	0.00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	1.21	1.27	1.37	1.44	1.51	1.65	1.74	2.11	2.05
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.33	0.33
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	2.36	2.36	2.36	2.10	2.10	2.10	1.89	1.89	2.01	2.01
表面应力 (MPa)	680	685	690	711	713	725	726	728	733	727
四点弯曲强度 (MPa)	688	699	721	739	742	701	742	710	715	720
离子交换层深 度 (μm)	15	20	23	25	27	23	28	29	30	30

[0224]	落球试验高度 (mm)	1150	1200	1150	1250	1400	1250	1300	1200	1300	1500
	断裂韧性 (MPa·m <sup>1/2</sup> )	2.1	2	1.3	1.7	1.6	1.5	1.2	1.3	1.3	1.3
	维氏硬度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	700	705	711	715	713	711	721	722	725	724

[0225] 表6.

[0226]	组分 (mol%)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	SiO <sub>2</sub>	60.16	59.77	57.41	60.72	61.21	61.12	61.96	61.38	63.54	64.13
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.60	10.79	9.76	11.40	10.76	10.02	10.39	10.20	10.47	9.53
	Li <sub>2</sub> O	11.00	12.99	11.10	12.97	11.88	10.69	12.89	14.77	12.99	11.92
	Na <sub>2</sub> O	6.98	8.24	10.56	7.54	8.22	6.78	8.86	6.69	6.87	9.63
	K <sub>2</sub> O	5.30	4.18	2.14	2.08	2.08	2.06	1.04	3.05	1.04	2.09
	ZnO	0.94	0.46	4.76	0.93	0.93	1.84	2.31	0.91	1.86	0.47
	MgO	1.63	1.61	1.65	2.40	3.20	5.55	1.59	1.56	0.80	0.80
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.85	0.91	0.47	0.91	0.68	0.90	0.45	0.67	1.37	0.91
	ZrO <sub>2</sub>	0.53	1.05	2.15	1.05	1.05	1.04	0.52	0.77	1.05	0.53
	Sb <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
	SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
	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
	Y <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+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55	1.97	2.22	1.80	1.87	1.74	2.09	2.10	1.90	2.26
	(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.25	0.30	0.32	0.28	0.28	0.25	0.30	0.30	0.27	0.29
	Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.58	1.58	1.05	1.72	1.44	1.58	1.46	2.21	1.89	1.24
	表面应力 (MPa)	712	723	726	736	718	723	717	714	716	720
	四点弯曲强度 (MPa)	750	723	756	710	722	755	741	721	732	715
	离子交换层 深度 (μm)	20	25	27	30	24	28	33	34	35	35
	落球试验高度 (mm)	1450	1400	1200	1400	1400	1250	1200	1200	1500	1600
	断裂韧性 (MPa·m <sup>1/2</sup> )	1.6	1.7	2	2.3	1.6	1.5	1.6	2	2.5	2.4
	维氏硬度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	701	704	710	711	712	705	715	725	715	705

[0227] 以下表7~9中所示为彩色微晶玻璃制品实施例。

[0228] 表7.

组分 (mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	55.35	55.11	56.33	56.88	56.81	57.47	57.64	58.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.31	15.59	14.97	14.32	13.52	12.90	12.18	11.54
Li <sub>2</sub> O	13.36	13.30	13.33	13.33	13.18	13.21	13.12	13.13
Na <sub>2</sub> O	5.65	5.62	5.64	6.34	6.27	6.28	6.94	6.94
K <sub>2</sub> O	2.15	2.14	2.14	1.07	2.12	2.12	1.37	2.11
ZnO	0.96	3.81	3.81	4.29	4.71	3.02	3.75	2.16
MgO	3.30	1.64	1.65	1.65	1.63	1.63	1.62	3.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70	1.17	1.40	0.47	0.46	0.46	1.38	0.92
ZrO <sub>2</sub>	1.08	0.54	0.54	0.54	0.53	1.07	0.53	1.06
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.22	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	0.41
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00
[0229] Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
NiO	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CoO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu <sub>2</sub> O	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00
MnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CeO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	1.21	1.27	1.37	1.44	1.51	1.65	1.74
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29
[0230] Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	2.36	2.36	2.36	2.10	2.10	2.10	1.89	1.89
颜色	黄色	褐色	绿色	蓝色	黄色	黑色	紫色	粉色

[0231] 表8.

组分 (mol%)	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	57.58	58.26	61.34	59.80	57.47	61.19	62.15	61.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.68	11.03	11.83	10.79	9.77	11.49	10.92	10.14
Li <sub>2</sub> O	15.01	15.05	11.21	13.00	11.11	13.07	11.40	10.82
Na <sub>2</sub> O	7.48	7.50	7.11	8.25	10.57	7.60	5.56	6.86
K <sub>2</sub> O	1.03	1.04	2.38	3.86	2.14	1.05	2.11	1.04
ZnO	2.76	1.66	0.96	0.46	4.58	0.93	0.94	0.93
MgO	3.34	3.19	1.66	1.61	1.65	1.13	3.25	5.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.90	0.91	0.94	0.91	0.47	0.92	0.69	0.91
ZrO <sub>2</sub>	1.04	1.04	0.54	1.05	2.16	1.06	1.06	1.05
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.18	0.00
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
Pr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CoO	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.09	0.00
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Cu <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	2.01	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00
MnO <sub>2</sub>	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CeO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.11	2.05	1.55	1.97	2.22	1.80	1.55	1.74
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) /(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.33	0.33	0.25	0.30	0.32	0.28	0.23	0.25
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	2.01	2.01	1.58	1.58	1.05	1.72	2.05	1.58
颜色	紫红色	红色	黑色	蓝色	蓝色	褐色	烟灰色	绿色

[0234] 表9.

[0235]

组分 (mol%)	17	18	19	20	21	22	23
SiO <sub>2</sub>	62.39	62.86	62.04	64.06	62.28	61.21	61.52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.46	10.45	10.97	9.52	10.68	10.49	10.55
Li <sub>2</sub> O	12.98	12.96	13.61	11.91	13.66	13.43	13.50
Na <sub>2</sub> O	6.86	5.48	5.76	8.24	5.78	5.68	5.99
K <sub>2</sub> O	1.04	3.13	1.09	2.09	1.10	1.08	1.08
ZnO	2.32	0.93	1.95	0.46	1.95	2.88	2.90
MgO	1.60	1.60	0.84	0.80	0.84	0.83	0.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.46	0.68	1.43	0.91	1.44	0.94	0.95
ZrO <sub>2</sub>	0.52	0.79	1.10	0.52	1.10	1.09	1.09
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	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
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00
CoO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu <sub>2</sub> O	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	1.49	0.00	0.00	0.62
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.67
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.30
CeO <sub>2</sub>	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

[0236]

(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.90	1.77	1.77	2.12	1.82	1.82	1.85
(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O) / (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.27	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.89	2.36	2.36	1.44	2.36	2.36	2.25
颜色	黄色	黄色	紫红色	紫色	粉色	绿色	红色