



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111099825 B

(45) 授权公告日 2021.02.02

(21) 申请号 201811264839.0

C03B 32/02 (2006.01)

(22) 申请日 2018.10.26

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111099825 A

CN 1229975 A, 1999.09.29

US 5874376 A, 1999.02.23

CN 101279818 A, 2008.10.08

(43) 申请公布日 2020.05.05

CN 1283596 A, 2001.02.14

(73) 专利权人 成都光明光电股份有限公司
地址 610100 四川省成都市龙泉驿区成龙
大道三段359号

CN 1251355 A, 2000.04.26

CN 1247171 A, 2000.03.15

审查员 杨慧

(72) 发明人 于天来 原保平 刘振禹

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理
有限公司 51214

代理人 陶海燕 钱成岑

(51) Int. Cl.

C03C 10/00 (2006.01)

C03B 27/03 (2006.01)

权利要求书16页 说明书36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

本发明公开了一种微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法。所述微晶玻璃的主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%。本发明的微晶玻璃及微晶玻璃制品具有抗摔、抗压、耐划的优点,能够满足制造盖板材料对机械性能的要求。

1. 微晶玻璃制品,其特征在于,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;Na₂O:0~5%;(Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~20。

2. 如权利要求1所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组成按重量百分比表示,还含有: SrO:0~5%;和/或BaO:0~5%;和/或TiO₂:0~5%;和/或Y₂O₃:0~5%;和/或B₂O₃:0~3%;和/或澄清剂:0~2%。

3. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为6~15;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~18;
- 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~80;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为40~90;
- 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.6~1.2;
- 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.3~4.0。

4. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~80%;和/或Al₂O₃:4~12%;和/或Li₂O:7~15%;和/或ZrO₂:0.5~6%;和/或P₂O₅:0.5~5%;和/或K₂O:0~5%;和/或MgO:0~5%;和/或ZnO:0~5%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO₂:0~1%;和/或Y₂O₃:0~1%;和/或Na₂O:0~3%;和/或B₂O₃:0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

5. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为8~13;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~14;
- 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~70;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为45~85;
- 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.7~1.1;
- 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.5~3.5。

6. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~76%;和/或Al₂O₃:4~10%;和/或Li₂O:8~12.5%;和/或ZrO₂:1~5%;和/或P₂O₅:1~2%;和/或K₂O:0~3%;和/或MgO:0.3~2%;和/或ZnO:0~3%;和/或Na₂O:0~1%;和/或Sb₂O₃:0~1%;和/或SnO₂:0~1%;和/或SnO:0~1%。

7. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为8~12.5;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为9~14;
- 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为42~60;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为46~80;
- 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.8~1.0;

6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为 2.8~3.3。

8. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其组成按重量百分比表示,含有: Li_2O :8~小于10%;和/或不含有 SrO ;和/或不含有 BaO ;和/或不含有 TiO_2 ;和/或不含有 Y_2O_3 ;和/或不含有 GeO_2 ;和/或不含有 CaO ;和/或不含有 Cs_2O ;和/或不含有 PbO ;和/或不含有 B_2O_3 ;和/或不含有 As_2O_3 ;和/或不含有 La_2O_3 ;和/或不含有 Tb_2O_3 。

9. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,各组分含量满足以下4种情形中的一种以上:

1) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为 9.25~14;

2) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为 45~60;

3) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为 48~80;

4) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 8.5~12。

10. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

11. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到50~92%。

12. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到60~90%。

13. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到65~85%。

14. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到70~80%。

15. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,其主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到80~92%。

16. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在40%以下。

17. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在35%以下。

18. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在30%以下。

19. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在25%以下。

20. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数小于20%。

21. 如权利要求10所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在15%以下。

22. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在70%以下。

23. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在於,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在65%以下。

24. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在60%以下。

25. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在55%以下。

26. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在50%以下。

27. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在45%以下。

28. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在55%以下。

29. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在50%以下。

30. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在45%以下。

31. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在40%以下。

32. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,结晶度为50%以上。

33. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,结晶度为65%以上。

34. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,结晶度为70%以上。

35. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,结晶度为75%以上。

36. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,表面应力为200MPa以上;和/或离子交换层深度为30 μ m以上。

37. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,表面应力为250MPa以上;和/或离子交换层深度为50 μ m以上。

38. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,表面应力为300MPa以上;和/或离子交换层深度为60 μ m以上。

39. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,离子交换层深度为80 μ m以上。

40. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,落球试验高度为700mm以上;和/或断裂韧性为1MPa \cdot m^{1/2}以上;和/或四点弯曲强度为650MPa以上。

41. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,落球试验高度为800mm以上;和/或断裂韧性为1.3MPa \cdot m^{1/2}以上;和/或四点弯曲强度为700MPa以上。

42. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,落球试验高度为1000mm以上;和/或断裂韧性为1.5MPa \cdot m^{1/2}以上。

43. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,落球试验高度为

1200mm以上。

44. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,0.55mm厚度的雾度为0.6%以下;和/或晶粒尺寸为100nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

45. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,0.55mm厚度的雾度为0.5%以下;和/或晶粒尺寸为80nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

46. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,0.55mm厚度的雾度为0.4%以下;和/或晶粒尺寸为60nm以下;和/或折射率温度系数为 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

47. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,晶粒尺寸为50nm以下。

48. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上。

49. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为85%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为85%以上。

50. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为88%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为88%以上。

51. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,0.55mm厚550nm波长的光透射率为91%以上。

52. 如权利要求1或2任一权利要求所述的微晶玻璃制品,其特征在于,还含有着色剂,可使微晶玻璃制品呈现不同颜色。

53. 如权利要求52所述的微晶玻璃制品,其特征在于,其着色剂按重量百分比表示,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 :0~8%;和/或 Nd_2O_3 :0~8%;和/或 Cu_2O :0~4%;和/或 Pr_2O_3 :0~8%;和/或 CeO_2 :0~4%。

54. 微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :65~85%; Al_2O_3 :1~15%; Li_2O :5~15%; ZrO_2 :0.1~10%; P_2O_5 :0.1~10%; K_2O :0~10%; MgO :0~10%; ZnO :0~10%; $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.89~20。

55. 如权利要求54所述的微晶玻璃,其特征在于,其组成按重量百分比表示,还含有: SrO :0~5%;和/或 BaO :0~5%;和/或 TiO_2 :0~5%;和/或 Y_2O_3 :0~5%;和/或 Na_2O :0~3%;和/或 B_2O_3 :0~3%;和/或澄清剂:0~2%。

56. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.89~18;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~80;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~90;
- 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.6~1.2;
- 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.3~4.0。

57. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其组成按重量百分

比表示,含有:SiO₂:70~80%;和/或Al₂O₃:4~12%;和/或Li₂O:7~15%;和/或ZrO₂:0.5~6%;和/或P₂O₅:0.5~5%;和/或K₂O:0~5%;和/或MgO:0~5%;和/或ZnO:0~5%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO₂:0~1%;和/或Y₂O₃:0~1%;和/或Na₂O:0~1%;和/或B₂O₃:0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

58.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O) / Al₂O₃为8~13;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O) / P₂O₅为8.89~14;
- 3) (SiO₂+Li₂O) / P₂O₅为40~70;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂) / P₂O₅为45~85;
- 5) (K₂O+MgO) / ZrO₂为0.7~1.1;
- 6) Li₂O / (K₂O+ZrO₂) 为2.5~3.5。

59.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~76%;和/或Al₂O₃:4~10%;和/或Li₂O:8~12.5%;和/或ZrO₂:1~5%;和/或P₂O₅:1~2%;和/或K₂O:0~3%;和/或MgO:0.3~2%;和/或ZnO:0~3%;和/或Sb₂O₃:0~1%;和/或SnO₂:0~1%;和/或SnO:0~1%。

60.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O) / Al₂O₃为8~12.5;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O) / P₂O₅为9~14;
- 3) (SiO₂+Li₂O) / P₂O₅为42~60;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂) / P₂O₅为46~80;
- 5) (K₂O+MgO) / ZrO₂为0.8~1.0;
- 6) Li₂O / (K₂O+ZrO₂) 为2.8~3.3。

61.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有:Li₂O:9~小于10%;不含有SrO;和/或不含有BaO;和/或不含有TiO₂;和/或不含有Y₂O₃;和/或不含有GeO₂;和/或不含有CaO;和/或不含有Cs₂O;和/或不含有PbO;和/或不含有As₂O₃;和/或不含有La₂O₃;和/或不含有Tb₂O₃;和/或不含有Na₂O;和/或不含有B₂O₃。

62.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,各组分含量满足以下4种情形中的一种以上:

- 1) (Al₂O₃+Li₂O) / P₂O₅为9.25~14;
- 2) (SiO₂+Li₂O) / P₂O₅为45~60;
- 3) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂) / P₂O₅为48~80;
- 4) (SiO₂+Li₂O) / Al₂O₃为8.5~12。

63.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

64.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到50~92%。

65.如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相占微晶

玻璃的重量百分数达到60~90%。

66. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到65~85%。

67. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到70~80%。

68. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到80~92%。

69. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在40%以下。

70. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在35%以下。

71. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在30%以下。

72. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在25%以下。

73. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数小于20%。

74. 如权利要求63所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在15%以下。

75. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在70%以下。

76. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在65%以下。

77. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在60%以下。

78. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在55%以下。

79. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在50%以下。

80. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在45%以下。

81. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在55%以下。

82. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在50%以下。

83. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在45%以下。

84. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在40%以下。

85. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,结晶度为50%以上。

86. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,结晶度为65%以上。

87. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,结晶度为70%以上。

88. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,结晶度为75%以上。

89. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,0.55mm厚度的雾度为0.5%以下;和/或晶粒尺寸为100nm以下。

90. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,0.55mm厚度的雾度为0.4%以下;和/或晶粒尺寸为80nm以下。

91. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,晶粒尺寸为60nm以下。

92. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,晶粒尺寸为50nm以下。

93. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

94. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的折射率温度系数为 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

95. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的折射率温度系数为 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

96. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上。

97. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为85%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为85%以上。

98. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为88%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为88%以上。

99. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,0.55mm厚550nm波长的光透射率为91%以上。

100. 如权利要求54或55任一权利要求所述的微晶玻璃,其特征在于,还含有着色剂,可使微晶玻璃呈现不同颜色。

101. 如权利要求100所述的微晶玻璃,其特征在于,其着色剂按重量百分比表示,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 :0~8%;和/或 Nd_2O_3 :0~8%;和/或 Cu_2O :0~4%;和/或 Pr_2O_3 :0~8%;和/或 CeO_2 :0~4%。

102. 玻璃组合物,其特征在于,热膨胀系数 $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$ 为 $45 \times 10^{-7}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-7}/\text{K}$,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :65~85%; Al_2O_3 :1~15%; Li_2O :5~15%; ZrO_2 :0.1~10%; P_2O_5 :0.1~10%; K_2O :0~10%; MgO :0~10%; ZnO :0~10%; SrO :0~5%; BaO :0~5%; TiO_2 :

0~5% ; Y_2O_3 :0~5% ; B_2O_3 :0~3% ; Na_2O :0~3% ; 澄清剂:0~2% ; $(Al_2O_3+Li_2O) / P_2O_5$ 为8.89~20。

103. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~80% ; 和/或 Al_2O_3 :4~12% ; 和/或 Li_2O :7~15% ; 和/或 ZrO_2 :0.5~6% ; 和/或 P_2O_5 :0.5~5% ; 和/或 K_2O :0~5% ; 和/或 MgO :0~5% ; 和/或 ZnO :0~5% ; 和/或 SrO :0~1% ; 和/或 BaO :0~1% ; 和/或 TiO_2 :0~1% ; 和/或 Y_2O_3 :0~1% ; 和/或 Na_2O :0~1% ; 和/或澄清剂:0~1%。

104. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~76% ; 和/或 Al_2O_3 :4~10% ; 和/或 Li_2O :8~12.5 ; 和/或 ZrO_2 :1~5% ; 和/或 P_2O_5 :1~2% ; 和/或 K_2O :0~3% ; 和/或 MgO :0.5~2% ; 和/或 ZnO :0~3%。

105. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(SiO_2+Li_2O) / Al_2O_3$ 为6~15;
- 2) $(Al_2O_3+Li_2O) / P_2O_5$ 为8.89~18;
- 3) $(SiO_2+Li_2O) / P_2O_5$ 为40~80;
- 4) $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2) / P_2O_5$ 为40~90;
- 5) $(K_2O+MgO) / ZrO_2$ 为0.6~1.2;
- 6) $Li_2O / (K_2O+ZrO_2)$ 为2.3~4.0。

106. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(SiO_2+Li_2O) / Al_2O_3$ 为8~13;
- 2) $(Al_2O_3+Li_2O) / P_2O_5$ 为8.89~14;
- 3) $(SiO_2+Li_2O) / P_2O_5$ 为40~70;
- 4) $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2) / P_2O_5$ 为45~85;
- 5) $(K_2O+MgO) / ZrO_2$ 为0.7~1.1;
- 6) $Li_2O / (K_2O+ZrO_2)$ 为2.5~3.5。

107. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(SiO_2+Li_2O) / Al_2O_3$ 为8~12.5;
- 2) $(Al_2O_3+Li_2O) / P_2O_5$ 为9~14;
- 3) $(SiO_2+Li_2O) / P_2O_5$ 为42~60;
- 4) $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2) / P_2O_5$ 为46~80;
- 5) $(K_2O+MgO) / ZrO_2$ 为0.8~1.0;
- 6) $Li_2O / (K_2O+ZrO_2)$ 为2.8~3.3。

108. 如权利要求102所述的玻璃组合物,其特征在于,各组分含量满足以下4种情形中的一种以上:

- 1) $(SiO_2+Li_2O) / Al_2O_3$ 为8.5~12;
- 2) $(Al_2O_3+Li_2O) / P_2O_5$ 为9.25~14;
- 3) $(SiO_2+Li_2O) / P_2O_5$ 为45~60;

4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为48~80。

109. 玻璃盖板,其特征在于,含有权利要求1~53任一权利要求所述的微晶玻璃制品,和/或权利要求54~101任一权利要求所述的微晶玻璃,和/或权利要求102~108任一权利要求所述的玻璃组合物。

110. 玻璃元器件,其特征在于,含有权利要求1~53任一权利要求所述的微晶玻璃制品,和/或权利要求54~101任一权利要求所述的微晶玻璃,和/或权利要求102~108任一权利要求所述的玻璃组合物。

111. 显示设备,其特征在于,含有权利要求1~53任一权利要求所述的微晶玻璃制品,和/或权利要求54~101任一权利要求所述的微晶玻璃,和/或权利要求102~108任一权利要求所述的玻璃组合物,和/或权利要求109所述的玻璃盖板。

112. 电子设备,其特征在于,含有权利要求1~53任一权利要求所述的微晶玻璃制品,和/或权利要求54~101任一权利要求所述的微晶玻璃,和/或权利要求102~108任一权利要求所述的玻璃组合物,和/或权利要求109所述的玻璃盖板,和/或权利要求110所述的玻璃元器件。

113. 微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

形成玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :65~85%; Al_2O_3 :1~15%; Li_2O :5~15%; ZrO_2 :0.1~10%; P_2O_5 :0.1~10%; K_2O :0~10%; MgO :0~10%; ZnO :0~10%; SrO :0~5%; BaO :0~5%; TiO_2 :0~5%; Y_2O_3 :0~5%; B_2O_3 :0~3%; Na_2O :0~3%;澄清剂:0~2%;其中 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.89~20;

对所述玻璃组合物通过晶化工艺形成微晶玻璃,所述微晶玻璃的主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,再对所述微晶玻璃通过化学钢化工艺形成微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上。

114. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~80%;和/或 Al_2O_3 :4~12%;和/或 Li_2O :7~15%;和/或 ZrO_2 :0.5~6%;和/或 P_2O_5 :0.5~5%;和/或 K_2O :0~5%;和/或 MgO :0~5%;和/或 ZnO :0~5%;和/或 SrO :0~1%;和/或 BaO :0~1%;和/或 TiO_2 :0~1%;和/或 Y_2O_3 :0~1%;和/或 Na_2O :0~1%;和/或澄清剂:0~1%。

115. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~76%;和/或 Al_2O_3 :4~10%;和/或 Li_2O :8~12.5;和/或 ZrO_2 :1~5%;和/或 P_2O_5 :1~2%;和/或 K_2O :0~3%;和/或 MgO :0.5~2%;和/或 ZnO :0~3%。

116. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.89~18;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~80;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~90;
- 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.6~1.2;
- 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.3~4.0。

117. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~13;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.89~14;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~70;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~85;
- 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.7~1.1;
- 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.5~3.5。

118. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~12.5;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为9~14;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为42~60;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为46~80;
- 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.8~1.0;
- 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.8~3.3。

119. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下4种情形中的一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8.5~12;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为9.25~14;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~60;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为48~80。

120. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,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490~800℃,在晶化处理温度下的保持时间为0~8小时。

121. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,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550~750℃,在晶化处理温度下的保持时间为1~6小时。

122. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,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。

123. 如权利要求122所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,晶化工艺包括以下步骤:第1温度为490~650℃,第2温度为600~850℃,在第1温度下的保持时间为0~24小时,在第2温度下的保持时间为0~10小时。

124. 如权利要求122所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,晶化工艺包括以下步骤:第1温度为490~650℃,第2温度为600~850℃,在第1温度下的保持时间为2~15小时,在第2温度下的保持时间为0.5~6小时。

125. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,化学钢化工艺包括:微晶玻璃浸没于430℃~470℃的温度的熔融Na盐的盐浴中6~20小时;和/或微晶玻璃浸没于400℃~450℃的温度的熔融K盐的盐浴中1~8小时。

126. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,化学钢化工艺包括:微晶玻璃浸没于435℃~460℃的温度的熔融Na盐的盐浴中8~13小时;和/或微晶玻璃浸没于400℃~450℃的温度的熔融K盐的盐浴中2~4小时。

127. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,通过在450℃的熔融Na盐的盐浴中化学钢化8小时,微晶玻璃制品的离子交换层深度达80μm以上。

128. 如权利要求113所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,通过在450℃的熔融Na盐的盐浴中化学钢化8小时,微晶玻璃制品的离子交换层深度达为85μm以上。

129. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

130. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到50~92%。

131. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到60~90%。

132. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到65~85%。

133. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到70~80%。

134. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品主要晶相占微晶玻璃制品的重量百分数达到80~92%。

135. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在40%以下。

136. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在35%以下。

137. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在30%以下。

138. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在25%以下。

139. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数小于20%。

140. 如权利要求129所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在15%以下。

141. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在70%以下。

142. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在65%以下。

143. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在

于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在60%以下。

144.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在55%以下。

145.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在50%以下。

146.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在45%以下。

147.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在55%以下。

148.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在50%以下。

149.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在45%以下。

150.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在40%以下。

151.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品结晶度为50%以上。

152.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品结晶度为65%以上。

153.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品结晶度为70%以上。

154.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品结晶度为75%以上。

155.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品表面应力为200MPa以上;和/或离子交换层深度为30 μ m以上;和/或落球试验高度为700mm以上;和/或断裂韧性为1MPa \cdot m^{1/2}以上;和/或四点弯曲强度为600MPa以上;和/或0.55mm厚度的雾度为0.6%以下;和/或晶粒尺寸为100nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上。

156.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品表面应力为250MPa以上;和/或离子交换层深度为50 μ m以上;和/或落球试验高度为800mm以上;和/或断裂韧性为1.3MPa \cdot m^{1/2}以上;和/或四点弯曲强度为650MPa以上;和/或0.55mm厚度的雾度为0.5%以下;和/或晶粒尺寸为80nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为85%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为85%以上。

157.如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品表面应力为300MPa以上;和/或离子交换层深度为60 μ m以;和/或落球试验高度为1000mm以上;和/或断裂韧性为1.5MPa \cdot m^{1/2}以上;和/或四点弯曲强度为700MPa以上;和/或0.55mm厚度的雾度为0.4%以下;和/或晶粒尺寸为60nm以下;和/或折射率温度

系数为 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为88%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为88%以上。

158. 如权利要求113~128任一权利要求所述的微晶玻璃制品的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃制品离子交换层深度为80 μm 以上;和/或落球试验高度为1200mm以上;和/或晶粒尺寸为50nm以下;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为91%以上。

159. 微晶玻璃的制造方法,其特征在于,包括以下步骤:

形成玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;B₂O₃:0~3%;Na₂O:0~3%;澄清剂:0~2%;(Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~20;

对所述玻璃组合物通过晶化工艺形成微晶玻璃,所述微晶玻璃的主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下。

160. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~80%;和/或Al₂O₃:4~12%;和/或Li₂O:7~15%;和/或ZrO₂:0.5~6%;和/或P₂O₅:0.5~5%;和/或K₂O:0~5%;和/或MgO:0~5%;和/或ZnO:0~5%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO₂:0~1%;和/或Y₂O₃:0~1%;和/或Na₂O:0~1%;和/或澄清剂:0~1%。

161. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~76%;和/或Al₂O₃:4~10%;和/或Li₂O:8~12.5;和/或ZrO₂:1~5%;和/或P₂O₅:1~2%;和/或K₂O:0~3%;和/或MgO:0.5~2%;和/或ZnO:0~3%。

162. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为6~15;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~18;
- 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~80;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为40~90;
- 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.6~1.2;
- 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.3~4.0。

163. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

- 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为8~13;
- 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8.89~14;
- 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~70;
- 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为45~85;
- 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.7~1.1;
- 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.5~3.5。

164. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~12.5;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为9~14;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为42~60;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为46~80;
- 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.8~1.0;
- 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.8~3.3。

165. 如权利要求159所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

- 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8.5~12;
- 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为9.25~14;
- 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~60;
- 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为48~80。

166. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,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490~800℃,在晶化处理温度下的保持时间为0~8小时。

167. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,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550~750℃,在晶化处理温度下的保持时间为1~6小时。

168. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,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。

169. 如权利要求168所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述晶化工艺包括以下步骤:第1温度为490~650℃,第2温度为600~850℃,在第1温度下的保持时间为0~24小时,在第2温度下的保持时间为0~10小时。

170. 如权利要求168所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述晶化工艺包括以下步骤:第1温度为490~650℃,第2温度为600~850℃,在第1温度下的保持时间为2~15小时,在第2温度下的保持时间为0.5~6小时。

171. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

172. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到50~92%。

173. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到60~90%。

174. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到65~85%。

175. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到70~80%。

176. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的主要晶相占微晶玻璃的重量百分数达到80~92%。

177. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在40%以下。

178. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在35%以下。

179. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在30%以下。

180. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在25%以下。

181. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数小于20%。

182. 如权利要求171所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的透锂长石晶相重量百分数在15%以下。

183. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在70%以下。

184. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在65%以下。

185. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在60%以下。

186. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在55%以下。

187. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在50%以下。

188. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的石英晶相重量百分数在45%以下。

189. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在55%以下。

190. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在50%以下。

191. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在45%以下。

192. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃的硅酸锂晶相重量百分数在40%以下。

193. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃结晶度为50%以上。

194. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所述微晶玻璃结晶度为65%以上。

195. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在于,所

述微晶玻璃结晶度为70%以上。

196. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃结晶度为75%以上。

197. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.5%以下;和/或晶粒尺寸为100nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上。

198. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.4%以下;和/或晶粒尺寸为80nm以下;和/或折射率温度系数为 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为85%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为85%以上。

199. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃的晶粒尺寸为60nm以下;和/或折射率温度系数为 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下;和/或1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为88%以上;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为88%以上。

200. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃的晶粒尺寸50nm以下;和/或0.55mm厚550nm波长的光透射率为91%以上。

201. 如权利要求159~165任一权利要求所述的微晶玻璃的制造方法,其特征在於,所述微晶玻璃的晶粒尺寸为40nm以下。

微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法,本发明特别是涉及一种具有优异机械性能适用于电子设备或显示设备的微晶玻璃、微晶玻璃制品及其制造方法。

背景技术

[0002] 微晶玻璃是一种通过对玻璃进行热处理而在玻璃内部析出结晶的材料。微晶玻璃通过在内部分散的结晶,能够具备在玻璃中无法得到的物性值。例如,对于杨氏模量、断裂韧性等机械强度,对酸性或碱性药液的蚀刻特性,热膨胀系数等热性能,玻璃化转变温度的上升以及消失等。微晶玻璃具有更高的机械性能,并且由于在玻璃中形成微晶,其抗弯、耐磨性能等相对于一般的玻璃都有明显的优势。

[0003] 基于以上优点,目前有将微晶玻璃或其处理后的玻璃制品应用于抗摔、抗压、耐划要求高的显示设备或电子设备中。但目前市面上存在的微晶玻璃存在着不易化学钢化,或者化学钢化后机械性能难以达到应用于盖板材料的要求。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,成了科技人员所追求的目标。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种具有优异的机械性能的微晶玻璃制品。

[0005] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是:

[0006] (1) 微晶玻璃制品,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;Na₂O:0~5%。

[0007] (2) 微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;Na₂O:0~5%。

[0008] (3) 微晶玻璃制品,含有SiO₂、Al₂O₃和Li₂O作为必要组分,所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上。

[0009] (4) 微晶玻璃制品,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,结晶度为50%以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%。

[0010] (5) 微晶玻璃制品,0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%。

[0011] (6) 根据(3)~(5)任一所述的微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;Na₂O:0~5%。

[0012] (7) 根据(1)~(6)任一所述的微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有: SrO:0~5%;和/或BaO:0~5%;和/或TiO₂:0~5%;和/或Y₂O₃:0~5%;和/或B₂O₃:0~3%;和/或澄清剂:0~2%。

[0013] (8) 微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示由SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;Na₂O:0~5%;B₂O₃:0~3%;澄清剂:0~2%组成。

[0014] (9) 根据(1)~(8)任一所述的微晶玻璃制品,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0015] 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为6~15;

[0016] 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为5~20;

[0017] 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~80;

[0018] 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为40~90;

[0019] 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.6~1.2;

[0020] 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.3~4.0。

[0021] (10) 根据(1)~(9)任一所述的微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有: SiO₂:70~80%;和/或Al₂O₃:4~12%;和/或Li₂O:7~15%;和/或ZrO₂:0.5~6%;和/或P₂O₅:0.5~5%;和/或K₂O:0~5%;和/或MgO:0~5%;和/或ZnO:0~5%;和/或SrO:0~1%;和/或BaO:0~1%;和/或TiO₂:0~1%;和/或Y₂O₃:0~1%;和/或Na₂O:0~3%;和/或B₂O₃:0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

[0022] (11) 根据(1)~(10)任一所述的微晶玻璃制品,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0023] 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为8~13;

[0024] 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为6~14;

[0025] 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~70;

[0026] 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为45~85;

[0027] 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.7~1.1;

[0028] 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.5~3.5。

[0029] (12) 根据(1)~(11)任一所述的微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有: SiO₂:70~76%;和/或Al₂O₃:4~10%;和/或Li₂O:8~12.5%;和/或ZrO₂:1~5%;和/或P₂O₅:1~2%;和/或K₂O:0~3%;和/或MgO:0.3~2%;和/或ZnO:0~3%;和/或Na₂O:0~1%;和/或Sb₂O₃:0~1%;和/或SnO₂:0~1%;和/或SnO:0~1%。

[0030] (13) 根据(1)~(12)任一所述的微晶玻璃制品,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0031] 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为8~12.5;

[0032] 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为8~14;

[0033] 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为42~60;

[0034] 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为46~80;

[0035] 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.8~1.0;

[0036] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.8~3.3。

[0037] (14) 根据(1)~(13)任一所述的微晶玻璃制品,其组成按重量百分比表示,含有: Li_2O :8~小于10%;和/或不含有 SrO ;和/或不含有 BaO ;和/或不含有 TiO_2 ;和/或不含有 Y_2O_3 ;和/或不含有 GeO_2 ;和/或不含有 CaO ;和/或不含有 Cs_2O ;和/或不含有 PbO ;和/或不含有 B_2O_3 ;和/或不含有 As_2O_3 ;和/或不含有 La_2O_3 ;和/或不含有 Tb_2O_3 。

[0038] (15) 根据(1)~(14)任一所述的微晶玻璃制品,各组分含量满足以下4种情形中的一种或一种以上:

[0039] 1) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.5~14;

[0040] 2) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~60;

[0041] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为48~80;

[0042] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8.5~12。

[0043] (16) 根据(1)~(15)任一所述的微晶玻璃制品,其主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

[0044] (17) 根据(1)~(16)任一所述的微晶玻璃制品,结晶度为50%以上,优选为65%以上,更优选为70%以上,进一步优选为75%以上。

[0045] (18) 根据(1)~(17)任一所述的微晶玻璃制品,表面应力为200MPa以上,优选为250MPa以上,更优选为300MPa以上。

[0046] (19) 根据(1)~(18)任一所述的微晶玻璃制品,离子交换层深度为30 μm 以上,优选为50 μm 以上,更优选60 μm 以上,进一步优选为80 μm 以上。

[0047] (20) 根据(1)~(19)任一所述的微晶玻璃制品,落球试验高度为700mm以上,优选为800mm以上,更优选为1000mm以上,进一步优选为1200mm以上。

[0048] (21) 根据(1)~(20)任一所述的微晶玻璃制品,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。

[0049] (22) 根据(1)~(21)任一所述的微晶玻璃制品,四点弯曲强度为600MPa以上,优选为650MPa以上,更优选为700MPa以上。

[0050] (23) 根据(1)~(22)任一所述的微晶玻璃制品,0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,优选为0.5%以下,更优选为0.4%以下。

[0051] (24) 根据(1)~(23)任一所述的微晶玻璃制品,晶粒尺寸为100nm以下,优选为80nm以下,更优选为60nm以下,进一步优选50nm以下,更进一步优选为40nm以下。

[0052] (25) 根据(1)~(24)任一所述的微晶玻璃制品,折射率温度系数为 $-0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,优选 $-0.8\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,更优选 $-1.1\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下。

[0053] (26) 根据(1)~(25)任一所述的微晶玻璃制品,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上。

[0054] (27) 根据(1)~(26)任一所述的微晶玻璃制品,0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上,进一步优选为91%以上。

[0055] (28) 根据(1)~(27)任一所述的微晶玻璃制品,还含有着色剂,可使微晶玻璃制品呈现不同颜色。

[0056] (29) 根据(28)所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,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

MnO₂:0~4%;和/或Er₂O₃:0~8%;和/或Nd₂O₃:0~8%;和/或Cu₂O:0~4%;和/或Pr₂O₃:0~8%;和/或CeO₂:0~4%。

[0057] (30) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:NiO:0.1~4%;和/或Ni₂O₃:0.1~4%;和/或CoO:0.05~2%;和/或Co₂O₃:0.05~2%;和/或Fe₂O₃:0.2~7%;和/或MnO₂:0.1~4%;和/或Er₂O₃:0.4~8%;和/或Nd₂O₃:0.4~8%;和/或Cu₂O:0.5~4%;和/或Pr₂O₃:0.4~8%;和/或CeO₂:0.5~4%。

[0058] (31) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:NiO:0.1~3%;和/或Ni₂O₃:0.1~3%;和/或CoO:0.05~1.8%;和/或Co₂O₃:0.05~1.8%;和/或Fe₂O₃:0.2~5%;和/或MnO₂:0.1~3%;和/或Er₂O₃:0.4~6%;和/或Nd₂O₃:0.4~6%;和/或Cu₂O:0.5~3%;和/或Pr₂O₃:0.4~6%;和/或CeO₂:0.5~3%。

[0059] (32) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:NiO:0.1~3%;和/或Ni₂O₃:0.1~3%。

[0060] (33) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:CoO:0.05~1.8%;和/或Co₂O₃:0.05~1.8%。

[0061] (34) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:Cu₂O:0.5~3%;和/或CeO₂:0.5~3%。

[0062] (35) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%。

[0063] (36) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:Pr₂O₃:0.4~6%;或者Fe₂O₃:0.2~5%;或者MnO₂:0.1~3%;或者Er₂O₃:0.4~6%;或者Nd₂O₃:0.4~6%。

[0064] (37) 根据(28)或(29)任一所述的微晶玻璃制品,其着色剂按重量百分比表示,含有:Er₂O₃:0.4~6%、Nd₂O₃:0.4~4%、MnO₂:0.1~2%。

[0065] 本发明还提供一种具有优异机械性能的微晶玻璃。

[0066] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是:

[0067] (38) 微晶玻璃,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%。

[0068] (39) 微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%。

[0069] (40) 微晶玻璃,含有SiO₂、Al₂O₃和Li₂O作为必要组分,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下。

[0070] (41) 微晶玻璃,其主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,结晶度为50%以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%。

[0071] (42) 微晶玻璃,0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%。

[0072] (43) 根据 (40) ~ (42) 任一所述的微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :65~85%; Al_2O_3 :1~15%; Li_2O :5~15%; ZrO_2 :0.1~10%; P_2O_5 :0.1~10%; K_2O :0~10%; MgO :0~10%; ZnO :0~10%。

[0073] (44) 根据 (38) ~ (43) 任一所述的微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,还含有: SrO :0~5%;和/或 BaO :0~5%;和/或 TiO_2 :0~5%;和/或 Y_2O_3 :0~5%;和/或 Na_2O :0~3%;和/或 B_2O_3 :0~3%;和/或澄清剂:0~2%。

[0074] (45) 根据 (38) ~ (44) 任一所述的微晶玻璃,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0075] 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15;

[0076] 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为5~20;

[0077] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~80;

[0078] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~90;

[0079] 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.6~1.2;

[0080] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.3~4.0。

[0081] (46) 根据 (38) ~ (45) 任一所述的微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~80%;和/或 Al_2O_3 :4~12%;和/或 Li_2O :7~15%;和/或 ZrO_2 :0.5~6%;和/或 P_2O_5 :0.5~5%;和/或 K_2O :0~5%;和/或 MgO :0~5%;和/或 ZnO :0~5%;和/或 SrO :0~1%;和/或 BaO :0~1%;和/或 TiO_2 :0~1%;和/或 Y_2O_3 :0~1%;和/或 Na_2O :0~1%;和/或 B_2O_3 :0.1~2%;和/或澄清剂:0~1%。

[0082] (47) 根据 (38) ~ (46) 任一所述的微晶玻璃,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0083] 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~13;

[0084] 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为6~14;

[0085] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~70;

[0086] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~85;

[0087] 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.7~1.1;

[0088] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.5~3.5。

[0089] (48) 根据 (38) ~ (47) 任一所述的微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,含有: SiO_2 :70~76%;和/或 Al_2O_3 :4~10%;和/或 Li_2O :8~12.5%;和/或 ZrO_2 :1~5%;和/或 P_2O_5 :1~2%;和/或 K_2O :0~3%;和/或 MgO :0.3~2%;和/或 ZnO :0~3%;和/或 Sb_2O_3 :0~1%;和/或 SnO_2 :0~1%;和/或 SnO :0~1%。

[0090] (49) 根据 (38) ~ (48) 任一所述的微晶玻璃,各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0091] 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~12.5;

[0092] 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8~14;

[0093] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为42~60;

[0094] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为46~80;

[0095] 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.8~1.0;

[0096] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.8~3.3。

[0097] (50) 根据 (38) ~ (49) 任一所述的微晶玻璃,其组成按重量百分比表示,含有: Li_2O :9~小于10%;不含有 SrO ;和/或不含有 BaO ;和/或不含有 TiO_2 ;和/或不含有 Y_2O_3 ;和/或不含有 GeO_2 ;和/或不含有 CaO ;和/或不含有 Cs_2O ;和/或不含有 PbO ;和/或不含有 As_2O_3 ;和/或不含有 La_2O_3 ;和/或不含有 Tb_2O_3 ;和/或不含有 Na_2O ;和/或不含有 B_2O_3 。

[0098] (51) 根据 (38) ~ (50) 任一所述的微晶玻璃,各组分含量满足以下4种情形中的一种或一种以上:

[0099] 1) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.5~14;

[0100] 2) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为45~60;

[0101] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为48~80;

[0102] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8.5~12。

[0103] (52) 根据 (38) ~ (51) 任一所述的微晶玻璃,其特征在于,其主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

[0104] (53) 根据 (38) ~ (52) 所述的微晶玻璃,其特征在于,结晶度为50%以上,优选为65%以上,更优选为70%以上,进一步优选为75%以上。

[0105] (54) 根据 (38) ~ (53) 任一所述的微晶玻璃,0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,优选为0.5%以下,更优选为0.4%以下。

[0106] (55) 根据 (38) ~ (54) 任一所述的微晶玻璃,晶粒尺寸为100nm以下,优选为80nm以下,更优选为60nm以下,进一步优选50nm以下,更进一步优选为40nm以下。

[0107] (56) 根据 (38) ~ (55) 任一所述的微晶玻璃,折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,优选 $-0.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,更优选 $-1.1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下。

[0108] (57) 根据 (38) ~ (56) 任一所述的微晶玻璃,1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上。

[0109] (58) 根据 (38) ~ (57) 任一所述的微晶玻璃,0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上,进一步优选为91%以上。

[0110] (59) 根据 (38) ~ (58) 任一所述的微晶玻璃,折射率(nd)为1.520~1.550,优选为1.530~1.545。

[0111] (60) 根据 (38) ~ (59) 任一所述的微晶玻璃,还含有着色剂,可使微晶玻璃呈现不同颜色。

[0112] (61) 根据 (60) 所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,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 :0~8%;和/或 Nd_2O_3 :0~8%;和/或 Cu_2O :0~4%;和/或 Pr_2O_3 :0~8%;和/或 CeO_2 :0~4%。

[0113] (62) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: NiO :0.1~4%;和/或 Ni_2O_3 :0.1~4%;和/或 CoO :0.05~2%;和/或 Co_2O_3 :0.05~2%;和/或 Fe_2O_3 :0.2~7%;和/或 MnO_2 :0.1~4%;和/或 Er_2O_3 :0.4~8%;和/或 Nd_2O_3 :0.4~8%;和/或 Cu_2O :0.5~4%;和/或 Pr_2O_3 :0.4~8%;和/或 CeO_2 :0.5~4%。

[0114] (63) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,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 :0.4~6%;和/或 Nd_2O_3 :0.4~6%;

和/或Cu₂O:0.5~3%;和/或Pr₂O₃:0.4~6%;和/或CeO₂:0.5~3%。

[0115] (64) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: NiO:0.1~3%;和/或Ni₂O₃:0.1~3%。

[0116] (65) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: CoO:0.05~1.8%;和/或Co₂O₃:0.05~1.8%。

[0117] (66) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: Cu₂O:0.5~3%;和/或CeO₂:0.5~3%。

[0118] (67) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%。

[0119] (68) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: Pr₂O₃:0.4~6%;或者Fe₂O₃:0.2~5%;或者MnO₂:0.1~3%;或者Er₂O₃:0.4~6%;或者Nd₂O₃:0.4~6%。

[0120] (69) 根据 (60) 或 (61) 任一所述的微晶玻璃,其着色剂按重量百分比表示,含有: Er₂O₃:0.4~6%、Nd₂O₃:0.4~4%、MnO₂:0.1~2%。

[0121] 本发明还提供一种玻璃组合物。

[0122] 本发明解决技术问题采用的技术方案是:

[0123] (70) 玻璃组合物,热膨胀系数($\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$)为 $45 \times 10^{-7}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-7}/\text{K}$,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;B₂O₃:0~3%;Na₂O:0~3%;澄清剂:0~2%。

[0124] (71) 玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%。

[0125] (72) 玻璃组合物,含有SiO₂、Al₂O₃、Li₂O为必要组分,其折射率(nd)为1.500~1.530,热膨胀系数($\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$)为 $45 \times 10^{-7}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0126] (73) 根据 (72) 所述的玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%。

[0127] (74) 根据 (71) ~ (73) 任一所述的玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有: SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;B₂O₃:0~3%;Na₂O:0~3%;澄清剂:0~2%。

[0128] (75) 玻璃组合物,其组成按重量百分比表示由SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;B₂O₃:0~3%;Na₂O:0~3%;澄清剂:0~2%组成。

[0129] (76) 根据 (70) ~ (75) 任一所述的玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有: SiO₂:70~80%,优选为70~76%;和/或Al₂O₃:4~12%,优选为4~10%;和/或Li₂O:7~

15%，优选为8~12.5；和/或ZrO₂:0.5~6%，优选为1~5%；和/或P₂O₅:0.5~5%，优选为1~2%；和/或K₂O:0~5%，优选为0~3%；和/或MgO:0~5%，优选为0.5~2%；和/或ZnO:0~5%，优选为0~3%；和/或SrO:0~1%；和/或BaO:0~1%；和/或TiO₂:0~1%；和/或Y₂O₃:0~1%；和/或Na₂O:0~1%；和/或澄清剂:0~1%。

[0130] (77) 根据(70)~(76)任一所述的玻璃组合物，各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上：

[0131] 1) (SiO₂+Li₂O)/Al₂O₃为6~15，优选为8~13，更优选为8~12.5，进一步优选为8.5~12；

[0132] 2) (Al₂O₃+Li₂O)/P₂O₅为5~20，优选为6~14，更优选为8~14，进一步优选为8.5~14；

[0133] 3) (SiO₂+Li₂O)/P₂O₅为40~80，优选为40~70，更优选为42~60，进一步优选为45~60；

[0134] 4) (SiO₂+Al₂O₃+Li₂O+ZrO₂)/P₂O₅为40~90，优选为45~85，更优选为46~80，进一步优选为48~80；

[0135] 5) (K₂O+MgO)/ZrO₂为0.6~1.2，优选为0.7~1.1，更优选为0.8~1.0；

[0136] 6) Li₂O/(K₂O+ZrO₂)为2.3~4.0，优选为2.5~3.5，更优选为2.8~3.3。

[0137] (78) 根据(70)~(77)任一所述的玻璃组合物，其组成按重量百分比表示，含有：Li₂O:8~小于10%；不含有SrO；和/或不含有BaO；和/或不含有TiO₂；和/或不含有Y₂O₃；和/或不含有GeO₂；和/或不含有CaO；和/或不含有Cs₂O；和/或不含有PbO；和/或不含有As₂O₃；和/或不含有La₂O₃；和/或不含有Tb₂O₃；和/或不含有Na₂O；和/或不含有B₂O₃。

[0138] (79) 根据(70)~(78)任一所述的玻璃组合物，热膨胀系数($\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$)为 $45 \times 10^{-7}/\text{K}$ ~ $70 \times 10^{-7}/\text{K}$ ，优选为 $50 \times 10^{-7}/\text{K}$ ~ $70 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0139] (80) 根据(70)~(79)任一所述的玻璃组合物，折射率(nd)为1.500~1.530，优选为1.510~1.525。

[0140] (81) 根据(70)~(80)任一所述的玻璃组合物，还含有着色剂，可使玻璃组合物呈现不同颜色。

[0141] (82) 根据(81)所述的玻璃组合物，其着色剂按重量百分比表示，含有：NiO:0~4%；和/或Ni₂O₃:0~4%；和/或CoO:0~2%；和/或Co₂O₃:0~2%；和/或Fe₂O₃:0~7%；和/或MnO₂:0~4%；和/或Er₂O₃:0~8%；和/或Nd₂O₃:0~8%；和/或Cu₂O:0~4%；和/或Pr₂O₃:0~8%；和/或CeO₂:0~4%。

[0142] (83) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物，其着色剂按重量百分比表示，含有：NiO:0.1~4%；和/或Ni₂O₃:0.1~4%；和/或CoO:0.05~2%；和/或Co₂O₃:0.05~2%；和/或Fe₂O₃:0.2~7%；和/或MnO₂:0.1~4%；和/或Er₂O₃:0.4~8%；和/或Nd₂O₃:0.4~8%；和/或Cu₂O:0.5~4%；和/或Pr₂O₃:0.4~8%；和/或CeO₂:0.5~4%。

[0143] (84) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物，其着色剂按重量百分比表示，含有：NiO:0.1~3%；和/或Ni₂O₃:0.1~3%；和/或CoO:0.05~1.8%；和/或Co₂O₃:0.05~1.8%；和/或Fe₂O₃:0.2~5%；和/或MnO₂:0.1~3%；和/或Er₂O₃:0.4~6%；和/或Nd₂O₃:0.4~6%；和/或Cu₂O:0.5~3%；和/或Pr₂O₃:0.4~6%；和/或CeO₂:0.5~3%。

[0144] (85) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物，其着色剂按重量百分比表示，含有：

NiO:0.1~3%;和/或Ni₂O₃:0.1~3%。

[0145] (86) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物,其着色剂按重量百分比表示,含有:CoO:0.05~1.8%;和/或Co₂O₃:0.05~1.8%。

[0146] (87) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物,其着色剂按重量百分比表示,含有:Cu₂O:0.5~3%;和/或CeO₂:0.5~3%。

[0147] (88) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物,其着色剂按重量百分比表示,含有:Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、CoO:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%;或者Fe₂O₃:0.2~5%、Co₂O₃:0.05~0.3%、NiO:0.1~1%。

[0148] (89) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物,其着色剂按重量百分比表示,含有:Pr₂O₃:0.4~6%;或者Fe₂O₃:0.2~5%;或者MnO₂:0.1~3%;或者Er₂O₃:0.4~6%;或者Nd₂O₃:0.4~6%。

[0149] (90) 根据(81)或(82)任一所述的玻璃组合物,其着色剂按重量百分比表示,含有:Er₂O₃:0.4~6%、Nd₂O₃:0.4~4%、MnO₂:0.1~2%。

[0150] 本发明还提供一种玻璃盖板:

[0151] (91) 玻璃盖板,含有(1)~(37)任一所述的微晶玻璃制品,和/或(38)~(69)任一所述的微晶玻璃,和/或(70)~(90)任一所述的玻璃组合物。

[0152] 本发明还提供一种玻璃元器件:

[0153] (92) 玻璃元器件,含有(1)~(37)任一所述的微晶玻璃制品,和/或(38)~(69)任一所述的微晶玻璃,和/或(70)~(90)任一所述的玻璃组合物。

[0154] 本发明还提供一种显示设备:

[0155] (93) 显示设备,含有(1)~(37)任一所述的微晶玻璃制品,和/或(38)~(69)任一所述的微晶玻璃,和/或(70)~(90)任一所述的玻璃组合物,和/或(91)所述的玻璃盖板。

[0156] 本发明还提供一种电子设备:

[0157] (94) 电子设备,含有(1)~(37)任一所述的微晶玻璃制品,和/或(38)~(69)任一所述的微晶玻璃,和/或(70)~(90)任一所述的玻璃组合物,和/或(91)所述的玻璃盖板,和/或(92)所述的玻璃元器件。

[0158] 本发明还提供一种上述微晶玻璃制品的制造方法。

[0159] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是:

[0160] (95) 微晶玻璃制品的制造方法,包括以下步骤:

[0161] 形成玻璃组合物,其组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:65~85%;Al₂O₃:1~15%;Li₂O:5~15%;ZrO₂:0.1~10%;P₂O₅:0.1~10%;K₂O:0~10%;MgO:0~10%;ZnO:0~10%;SrO:0~5%;BaO:0~5%;TiO₂:0~5%;Y₂O₃:0~5%;B₂O₃:0~3%;Na₂O:0~3%;澄清剂:0~2%。

[0162] 对所述玻璃组合物通过晶化工艺形成微晶玻璃,所述微晶玻璃的主要晶相含有硅酸锂和石英晶相,再对所述微晶玻璃通过化学钢化工艺形成微晶玻璃制品,所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上。

[0163] (96) 根据(95)所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述玻璃组合物组成按重量百分比表示,含有:SiO₂:70~80%,优选为70~76%;和/或Al₂O₃:4~12%,优选为4~10%;和/

或 Li_2O :7~15%,优选为8~12.5;和/或 ZrO_2 :0.5~6%,优选为1~5%;和/或 P_2O_5 :0.5~5%,优选为1~2%;和/或 K_2O :0~5%,优选为0~3%;和/或 MgO :0~5%,优选为0.5~2%;和/或 ZnO :0~5%,优选为0~3%;和/或 SrO :0~1%;和/或 BaO :0~1%;和/或 TiO_2 :0~1%;和/或 Y_2O_3 :0~1%;和/或 Na_2O :0~1%;和/或澄清剂:0~1%。

[0164] (97) 根据(95)或(96)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

[0165] 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15,优选为8~13,更优选为8~12.5,进一步优选为8.5~12;

[0166] 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为5~20,优选为6~14,更优选为8~14,进一步优选为8.5~14;

[0167] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~80,优选为40~70,更优选为42~60,进一步优选为45~60;

[0168] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~90,优选为45~85,更优选为46~80,进一步优选为48~80;

[0169] 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.6~1.2,优选为0.7~1.1,更优选为0.8~1.0;

[0170] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.3~4.0,优选为2.5~3.5,更优选为2.8~3.3。

[0171] (98) 根据(95)~(97)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。该晶化处理的温度优选为在490~800°C,更优选为550~750°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。

[0172] (99) 根据(95)~(97)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。

[0173] (100) 根据(99)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490~650°C,第2温度为600~850°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。

[0174] (101) 根据(95)~(100)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述化学钢化工艺包括:微晶玻璃浸没于430°C~470°C的温度的熔融Na盐的盐浴中约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的温度的熔融K盐的盐浴中1~8小时,优选时间范围为2~4小时。

[0175] (102) 根据(95)~(100)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,通过在450°C的熔融Na盐的盐浴中化学钢化8小时,微晶玻璃制品的离子交换层深度达80 μm 以上,优选为85 μm 以上。

[0176] (103) 根据(95)~(102)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述微晶玻璃制品主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。

[0177] (104) 根据(95)~(103)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述微晶玻璃制品结晶度为50%以上,优选为65%以上,更优选为70%以上,进一步优选为75%以上。

[0178] (105) 根据(95)~(103)任一所述的微晶玻璃制品的制造方法,所述微晶玻璃制品表面应力为200MPa以上,优选为250MPa以上,更优选为300MPa以上。

[0179] (106) 根据 (95) ~ (105) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品离子交换层深度为30 μm 以上, 优选为50 μm 以上, 更优选60 μm 以上, 进一步优选为80 μm 以上。

[0180] (107) 根据 (95) ~ (106) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品落球试验高度为700mm以上, 优选为800mm以上, 更优选为1000mm以上, 进一步优选为1200mm以上。

[0181] (108) 根据 (95) ~ (107) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品断裂韧性为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。

[0182] (109) 根据 (95) ~ (108) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品四点弯曲强度为600MPa以上, 优选为650MPa以上, 更优选为700MPa以上。

[0183] (110) 根据 (95) ~ (109) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品0.55mm厚度的雾度为0.6%以下, 优选为0.5%以下, 更优选为0.4%以下。

[0184] (111) 根据 (95) ~ (110) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品晶粒尺寸为100nm以下, 优选为80nm以下, 更优选为60nm以下, 进一步优选50nm以下, 更进一步优选为40nm以下。

[0185] (112) 根据 (95) ~ (111) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下, 优选 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下, 更优选 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

[0186] (113) 根据 (95) ~ (112) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上, 优选为85%以上, 更优选为88%以上。

[0187] (114) 根据 (95) ~ (113) 任一所述的微晶玻璃制品的制造方法, 所述微晶玻璃制品0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上, 优选为85%以上, 更优选为88%以上, 进一步优选为91%以上。

[0188] 本发明还提供一种微晶玻璃的制造方法。

[0189] 本发明解决技术问题采用的技术方案是:

[0190] (115) 微晶玻璃的制造方法, 包括以下步骤:

[0191] 形成玻璃组合物, 其组成按重量百分比表示, 含有: SiO_2 : 65~85%; Al_2O_3 : 1~15%; Li_2O : 5~15%; ZrO_2 : 0.1~10%; P_2O_5 : 0.1~10%; K_2O : 0~10%; MgO : 0~10%; ZnO : 0~10%; SrO : 0~5%; BaO : 0~5%; TiO_2 : 0~5%; Y_2O_3 : 0~5%; B_2O_3 : 0~3%; Na_2O : 0~3%; 澄清剂: 0~2%。

[0192] 对所述玻璃组合物通过晶化工艺形成微晶玻璃, 所述微晶玻璃的主要晶相含有硅酸锂和石英晶相, 所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下。

[0193] (116) 根据 (115) 所述的微晶玻璃的制造方法, 所述玻璃组合物组成按重量百分比表示, 含有: SiO_2 : 70~80%, 优选为70~76%; 和/或 Al_2O_3 : 4~12%, 优选为4~10%; 和/或 Li_2O : 7~15%, 优选为8~12.5; 和/或 ZrO_2 : 0.5~6%, 优选为1~5%; 和/或 P_2O_5 : 0.5~5%, 优选为1~2%; 和/或 K_2O : 0~5%, 优选为0~3%; 和/或 MgO : 0~5%, 优选为0.5~2%; 和/或 ZnO : 0~5%, 优选为0~3%; 和/或 SrO : 0~1%; 和/或 BaO : 0~1%; 和/或 TiO_2 : 0~1%; 和/或 Y_2O_3 : 0~1%; 和/或 Na_2O : 0~1%; 和/或澄清剂: 0~1%。

[0194] (117) 根据 (115) 或 (116) 任一所述的微晶玻璃的制造方法, 所述玻璃组合物各组分含量满足以下6种情形中的一种或一种以上:

- [0195] 1) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15,优选为8~13,更优选为8~12.5,进一步优选为8.5~12;
- [0196] 2) $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为5~20,优选为6~14,更优选为8~14,进一步优选为8.5~14;
- [0197] 3) $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~80,优选为40~70,更优选为42~60,进一步优选为45~60;
- [0198] 4) $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)/\text{P}_2\text{O}_5$ 为40~90,优选为45~85,更优选为46~80,进一步优选为48~80;
- [0199] 5) $(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{ZrO}_2$ 为0.6~1.2,优选为0.7~1.1,更优选为0.8~1.0;
- [0200] 6) $\text{Li}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{ZrO}_2)$ 为2.3~4.0,优选为2.5~3.5,更优选为2.8~3.3。
- [0201] (118) 根据(115)~(117)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。该晶化处理的温度优选为在490~800℃,更优选为550~750℃,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。
- [0202] (119) 根据(115)~(117)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。
- [0203] (120) 根据(119)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490~650℃,第2温度为600~850℃。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。
- [0204] (121) 根据(115)~(120)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃主要晶相含有二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石。
- [0205] (122) 根据(115)~(121)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃结晶度为50%以上,优选为65%以上,更优选为70%以上,进一步优选为75%以上。
- [0206] (123) 根据(115)~(122)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,优选为0.5%以下,更优选为0.4%以下。
- [0207] (124) 根据(115)~(123)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃晶粒尺寸为100nm以下,优选为80nm以下,更优选为60nm以下,进一步优选50nm以下,更进一步优选为40nm以下。
- [0208] (125) 根据(115)~(124)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃折射率温度系数为 $-0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,优选 $-0.8\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,更优选 $-1.1\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下。
- [0209] (126) 根据(115)~(125)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃1mm厚400~800nm波长的平均光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上。
- [0210] (127) 根据(115)~(126)任一所述的微晶玻璃的制造方法,所述微晶玻璃0.55mm厚550nm波长的光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上,进一步优选为91%以上。
- [0211] 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

[0212] 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以及通过TEMEDX进行辨别,主要晶相由X射线衍射测得。

[0213] 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。

[0214] 下面,对本发明玻璃组合物、微晶玻璃或微晶玻璃制品的各成分的组成范围进行说明。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玻璃物质总量的重量百分比表示。在这里,所述“换算成氧化物的组成”是指,作为本发明的玻璃组合物、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量作为100%。此外,在本说明书中仅称为玻璃时为结晶化前的玻璃组合物,玻璃组合物结晶化后称为微晶玻璃,微晶玻璃制品是指经化学钢化后的微晶玻璃。

[0215] 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。本文所使用的术语“约”指配方、参数和其他数量以及特征不是、且无需是精确的,如有需要,可以近似和/或更大或更低,这反映公差、换算因子和测量误差等。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。

[0216] 本发明所述的玻璃、微晶玻璃和微晶玻璃制品可以概括的描述为含锂的铝硅酸盐玻璃、微晶玻璃及微晶玻璃制品,包含 SiO_2 、 Al_2O_3 、和 Li_2O ,除此之外,还包括 ZrO_2 、 P_2O_5 等其他成分。在一些实施方式中,取决于玻璃的组成,微晶玻璃和微晶玻璃制品的第一主要晶相是硅酸锂;在一些实施方式中,第一主要晶相是透锂长石;在一些实施方式中,第一主要晶相是石英晶相(包括石英、石英及石英固溶体两种情况)。在一些实施方式中,主要晶相包括硅酸锂和石英晶相。在一些实施方式中,主要晶相包括硅酸锂和透锂长石。在一些实施方式中,第一晶相是硅酸锂,第二主要晶相是石英晶相;在一些实施方式中,第一晶相是石英晶相,第二主要晶相是硅酸锂;在一些实施方式中,第一晶相是硅酸锂,第二主要晶相是透锂长石;在一些实施方式中,第一晶相是透锂长石,第二主要晶相是硅酸锂。在一些实施方式中,主要晶相包括硅酸锂、透锂长石和石英晶相;在一些实施方式中,第一晶相是硅酸锂,第二主要晶相是透锂长石,第三主要晶相是石英晶相;在一些实施方式中,第一晶相是硅酸锂,第二主要晶相是石英晶相,第三主要晶相是透锂长石;在一些实施方式中,第一主要晶相是透锂长石,第二主要晶相是硅酸锂,第三主要晶相是石英晶相;在一些实施方式中,第一晶相是石英晶相,第二主要晶相是硅酸锂,第三主要晶相是透锂长石。在一些实施方式中,石英晶相为 α -六方石英晶相;在一些实施方式中,硅酸锂为二硅酸锂;也可存在作为次要晶相的 β -锂辉石 ss 、磷酸锂等。需要说明的是,本文所称的石英晶相包括仅含石英晶体、含有石英及石英固溶体两种情况。

[0217] 在一些实施方式中,微晶玻璃及微晶玻璃制品中残留的玻璃相重量百分含量为8~45%;在一些实施方式中,为10~40%;在一些实施方式中,为12~40%;在一些实施方式中,为15~40%;在一些实施方式中,为15~35%;在一些实施方式中,为15~32%;在一些

实施方式中,为20~45%;在一些实施方式中,为20~40%;在一些实施方式中,为32~45%;在一些实施方式中,为32~40%;在一些实施方式中,为35~45%。

[0218] 微晶玻璃主要晶相为石英晶相、硅酸锂及透锂长石其中之一或其组合时,微晶玻璃断裂韧性变高。微晶玻璃主要晶相为石英晶相、二硅酸锂时,微晶玻璃的折射率温度系数变低,断裂韧性变高;微晶玻璃制品的落球试验高度变大、四点弯曲强度变大。

[0219] 本发明中主晶相占微晶玻璃或微晶玻璃制品的重量百分数达到50~92%;在一些实施方式中,重量百分数达到60~90%;在一些实施方式中,重量百分数达到65~85%;在一些实施方式中,重量百分数达到70~80%;在一些实施方式中,重量百分数达到80~92%。本文所称主晶相,是指具有比在微晶玻璃或微晶玻璃制品中存在的其它晶相更高重量百分数的晶相。

[0220] 在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在70%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在65%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在60%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在55%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在50%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的石英晶相重量百分数在45%以下。

[0221] 在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在55%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在50%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在45%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的硅酸锂晶相重量百分数在40%以下。

[0222] 在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在40%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在35%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在30%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在25%以下;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数小于20%;在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品的透锂长石晶相重量百分数在15%以下。

[0223] SiO_2 是本发明的玻璃组合物的基础成分,可用于稳定玻璃和微晶玻璃网络结构,其是结晶化后形成硅酸锂、石英晶相和透锂长石的成分之一,如果 SiO_2 的含量在65%以下,在微晶玻璃中形成晶体会变少并且晶体容易变粗,影响微晶玻璃和微晶玻璃制品的雾度,以及微晶玻璃制品的落球试验高度等性能,因此, SiO_2 含量的下限优选为65%,优选为70%;如果 SiO_2 含量在85%以上,玻璃熔化温度高,化料困难,并且不容易成型,影响玻璃的一致性,因此, SiO_2 含量的上限优选为85%,优选为80%,进一步优选为76%。在一些实施方式中,可包含约66%、67%、68%、69%、70%、71%、72%、73%、74%、75%、76%、77%、78%、79%、80%、81%、82%、83%、84%的 SiO_2 。

[0224] Al_2O_3 是形成玻璃网状结构的组分,其是有助于稳定玻璃成型、提高化学稳定性的重要成分,还可改善玻璃的机械性能,增加微晶玻璃制品离子交换层深度和表面应力,但如果其含量不足1%,则效果不佳,因此, Al_2O_3 含量的下限为1%,优选为4%。另一方面,如果 Al_2O_3 的含量超过15%,则玻璃的熔融性与耐失透性降低,并且晶化时晶体容易增大,降低微晶玻璃和微晶玻璃制品的强度,因此, Al_2O_3 含量的上限为15%,优选为12%,更优选为10%。

在一些实施方式中,可包含约1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%的 Al_2O_3 。

[0225] Li_2O 是通过晶化后成为晶相组成的必要成分,有助于形成硅酸锂和透锂长石等含锂晶相,也是化学强化必要成分。但如果其含量不足5%,则效果不佳,因此, Li_2O 含量的下限为5%,优选为7%,更优选8%,在一些实施方式中,进一步优选为9%;另一方面,如果过多地含有 Li_2O ,则很容易使玻璃的化学稳定性降低,且会使微晶玻璃和微晶玻璃制品的光透射率劣化,因此, Li_2O 含量的上限优选为15%,更优选为12.5%,在一些实施方式中,进一步优选为小于10%。在一些实施方式中,可包含约5%、6%、7%、8%、9%、9.8%、10%、11%、12%、13%、14%、15%的 Li_2O 。

[0226] 本发明人大量实验研究发现,通过控制 SiO_2 、 Li_2O 和 Al_2O_3 以一定的比例引入,可影响玻璃的热膨胀系数、微晶玻璃和微晶玻璃制品的雾度和晶粒大小,尤其是 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为6~15的范围内时,可使玻璃具有较低的热膨胀系数,并在晶化后获得较小的晶粒,提高微晶玻璃和微晶玻璃制品的机械强度,在一些实施方式中,优选 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8~13,更优选为8~12.5,还可获得较低的雾度,使微晶玻璃及微晶玻璃制品具有优异的光透射率;进一步优选 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为8.5~12,效果尤其明显。在一些实施方式中, $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的值可为6、6.5、7、7.5、8、8.5、9、9.5、10、10.5、11、11.5、12、12.5、13、13.5、14、14.5、15。

[0227] P_2O_5 是有助于提高玻璃的低温熔化性的可选成分,能够在玻璃中进行分相形成晶核,提高玻璃在晶化过程中的热膨胀稳定性, P_2O_5 含量的下限优选为0.1,更优选为0.5%,进一步优选为1%;但如果过多地含有 P_2O_5 ,则很容易使玻璃产生耐失透性降低及玻璃的分相,且玻璃机械性能有劣化的趋势。因此, P_2O_5 含量的上限为10%,优选为5%,更优选为2%。在一些实施方式中,可包含约0%、0.1%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%的 P_2O_5 。

[0228] 本发明中通过控制 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值在40~80范围内,可优化微晶玻璃制品的离子交换层深度,尤其是 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值在40~70范围内,更优选 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值为42~60,进一步优选为45~60,微晶玻璃制品可以获得更深的离子交换层;在一些实施方式中,使 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值在40~70范围内,更优选 $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值为42~60,进一步优选为45~60内时,晶化过程对形成石英晶相和二硅酸锂有利,还可使微晶玻璃和微晶玻璃制品具有优异的折射率温度系数,使其可达 $-0.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,优选 $-0.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,更优选 $-1.1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下,降低微晶玻璃和微晶玻璃制品中玻璃相与各晶相之间因温度差异所带来的折射率变化差异,避免微晶玻璃或微晶玻璃制品因温差变化而使光透射率降低。在一些实施方式中, $(\text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 的值可为40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70。

[0229] 经发明人大量实验研究发现, Al_2O_3 、 Li_2O 和 P_2O_5 为在玻璃中的引入比例,对微晶玻璃和微晶玻璃制品的表面应力和四点弯曲强度有重要影响,尤其是 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为5~20范围内时,可提高微晶玻璃和微晶玻璃制品的表面应力,优选 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为6~14时,在一些实施方式中,更优选 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8~14,进一步优选 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Li}_2\text{O})/\text{P}_2\text{O}_5$ 为8.5~14,较易形成石英晶相和二硅酸锂,并使微晶玻璃和微晶玻璃制品的四点弯曲强度提升明显,在一些实施方式中,微晶玻璃和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。在一些实施方式中, $(Al_2O_3+Li_2O)/P_2O_5$ 的值可为5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9、9.5、10、10.5、11、11.5、12、12.5、13、13.5、14、14.5、15、15.5、16、16.5、17、17.5、18、18.5、19、19.5、20。

[0230] ZrO_2 具有结晶析出形成晶核的作用,同时有助于提高玻璃的化学稳定性的可选成分,研究发现, ZrO_2 还可通过在形成过程中显著降低玻璃失透以及降低液相线温度,来提高 $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2-P_2O_5$ 玻璃的稳定性。本发明中 ZrO_2 含量的下限优选为0.1,更优选为0.5%,进一步优选为1%;但如果过多地含有 ZrO_2 ,则玻璃的耐失透性很容易降低,同时玻璃晶化过程控制难度增加,因此, ZrO_2 含量的上限为10%,优选为6%,更优选为5%。在一些实施方式中,可包含约0%、0.1%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%的 ZrO_2 。

[0231] 在大量实验研究过程中,本发明人发现,通过控制 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Li_2O 和 ZrO_2 的合计含量与 P_2O_5 引入量的比值 $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2)/P_2O_5$ 在40~90范围内,可使微晶玻璃制品经受700mm以上的落球冲击,优选 $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2)/P_2O_5$ 为45~85;尤其在一些实施方式中, $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2)/P_2O_5$ 在46~80范围内时,较易形成二硅酸锂和石英晶相,且微晶玻璃制品较易获得优异的断裂韧性,断裂韧性可为 $1MPa \cdot m^{1/2}$ 以上,优选为 $1.3MPa \cdot m^{1/2}$ 以上,更优选为 $1.5MPa \cdot m^{1/2}$ 以上;同时进一步优化落球试验高度的承受能力,进一步优选 $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2)/P_2O_5$ 为48~80,落球试验高度为700mm以上,优选为800mm以上,更优选为1000mm以上,进一步优选为1200mm以上。在一些实施方式中, $(SiO_2+Al_2O_3+Li_2O+ZrO_2)/P_2O_5$ 可为40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90。

[0232] K_2O 是有助于提高玻璃的低温熔融性与成形性的可选成分,但如果过多地含有 K_2O ,则很容易产生玻璃化学稳定性的降低以及平均线膨胀系数的升高。因此, K_2O 的含量为0~10%,优选为0~5%,更优选为0~3%。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.1%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%的 K_2O 。

[0233] 本发明中,当控制 Li_2O 与 K_2O 和 ZrO_2 的合计含量 (K_2O+ZrO_2) 的引入量比例 $Li_2O/(K_2O+ZrO_2)$ 为2.3~4.0范围内时,可优化微晶玻璃的晶化性能,使微晶玻璃和微晶玻璃制品具有合适量的结晶度,从而使微晶玻璃及微晶玻璃制品具有优异的性能;优选 $Li_2O/(K_2O+ZrO_2)$ 为2.5~3.5,更优选为2.8~3.3,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,球试验高度优选为800mm以上,更优选为1000mm以上,进一步优选为1200mm以上。在一些实施方式中, $Li_2O/(K_2O+ZrO_2)$ 的值可为2.3、2.4、2.5、2.6、2.7、2.8、2.9、3.0、3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、4.0。

[0234] ZnO 可提高玻璃的熔化性能,改善玻璃的化学稳定性,晶化时细化晶粒,将 ZnO 含量的上限控制在10%以下,可以抑制失透性降低,因此, ZnO 含量的上限为10%,优选为5%,更优选为3%。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.1%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%的 ZnO 。

[0235] 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,还具有提高低温熔化性的效果, MgO 在本发明中是可选成分,优选含量在0.3%以上;但如果 MgO 含量过高,可能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,MgO含量的上限为10%,优选为5%,更优选为2%。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%的MgO。

[0236] 通过本发明人大量实验研究发现,当控制K₂O和MgO的合计含量K₂O+MgO与ZrO₂的引入量比例(K₂O+MgO)/ZrO₂在0.6~1.2范围内时,可与Li₂O发生协同作用,促使微晶玻璃和微晶玻璃制品具有合适量的结晶度,使微晶玻璃及微晶玻璃制品具有优异的性能;同时研究发现,通过优选控制(K₂O+MgO)/ZrO₂为0.7~1.1,可细化晶粒,并使其光透射率和机械强度更优异,更优选(K₂O+MgO)/ZrO₂为0.8~1.0时,在一些实施方式中,微晶玻璃和微晶玻璃制品四点弯曲强度变大,四点弯曲强度优选为650MPa以上,更优选为700MPa以上。在一些实施方式中,(K₂O+MgO)/ZrO₂可为0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95、1.0、1.05、1.1、1.15、1.2。

[0237] SrO是提高玻璃的低温熔化性和抑制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,优选其含量在1%以下,在一些实施方式中,优选为不引入。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%的SrO。

[0238] BaO是有助于提高玻璃的成玻性能的可选成分,当其含量超过5%时,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。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%的BaO。

[0239] TiO₂是一种有助于降低玻璃的熔化温度、提高化学稳定性的可选成分,本发明中引入5%以下的,可以使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。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%的TiO₂。

[0240] Y₂O₃是提高玻璃的硬度、化学稳定性的可选成分,但其含量过多则容易引起玻璃析晶,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。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%的Y₂O₃。

[0241] Na₂O是提高玻璃的熔融性的任意成分,如果含量高,则容易引起了在晶化过程中析出晶相增大或析出结晶相变化,因此,可在不会有损本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品性能的情况下,在微晶玻璃制品中可优选含有5%以下的Na₂O,更优选3%以下的Na₂O,进一步优选1%以下的Na₂O;在玻璃和微晶玻璃中可优选含有3%以下的Na₂O,更优选1%以下的Na₂O,在一些实施方式中,优选为不含有Na₂O。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%、4.1%、4.2%、4.3%、4.4%、4.5%、4.6%、4.7%、4.8%、4.9%、5.0%的Na₂O。

[0242] B₂O₃有助于提供具有低熔融温度的玻璃,当其含量高时,玻璃化学稳定性降低,因此B₂O₃含量为3%以下,在一些实施方式中,优选为0.1~2%,在一些实施方式中,优选不引入B₂O₃。在一些实施方式中,可包含约0%、大于0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、

1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%的 B_2O_3 。

[0243] Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SnO 中的一种或几种组分作为澄清剂加入， Sb_2O_3 含量上限为2%，优选为1%，更优选为0.5%。 SnO_2 、 SnO 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3种澄清剂中的一种或一种以上的含量约为0%、大于0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%。

[0244] 在一些实施方式中，还可以用 As_2O_3 、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。

[0245] 本发明中为获得合适的晶粒尺寸和晶相种类，因此在一些实施方式中优选不引入 La_2O_3 、 Cs_2O 、 Tb_2O_3 、 GeO_2 和 CaO 等成分； PbO 和 As_2O_3 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不含有 PbO 和 As_2O_3 。

[0246] 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玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品，可使玻璃、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_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 ：0~8%；和/或 Nd_2O_3 ：0~8%；和/或 Cu_2O ：0~4%；和/或 Pr_2O_3 ：0~8%；和/或 CeO_2 ：0~4%。其着色剂重量百分比含量及其作用详述如下：

[0247] 本发明制备的褐色或绿色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品，使用 NiO 、 Ni_2O_3 或 Pr_2O_5 为着色剂。 NiO 和 Ni_2O_3 为着色剂，用于制备褐色或绿色玻璃、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，其分别含量一般不超过4%，优选不超过3%，如果含量超过4%，着色剂不能很好溶于玻璃、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%，玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。在一些实施方式中，可包含约0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的 NiO 或 Ni_2O_3 。如混合使用时， NiO 和 Ni_2O_3 合计量一般不超过4%，合计量下限在0.1%以上。在一些实施方式中，可包含约0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的 NiO 和 Ni_2O_3 。使用 Pr_2O_5 作为绿色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品着色剂，单独使用，一般含量不超过8%，优选含量不超过6%，其含量下限在0.4%以上，如低于0.4%，玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。在一些实施方式中，可包含约0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%、1.8%、2.0%、2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3.0%、3.2%、3.4%、3.6%、3.8%、4.0%、4.2%、4.4%、4.6%、4.8%、5.0%、5.2%、5.4%、5.6%、5.8%、6.0%、6.2%、6.4%、6.6%、6.8%、7.0%、7.2%、7.4%、7.6%、7.8%、8.0%的 Pr_2O_5 。

[0248] 本发明制备的蓝色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品，使用 CoO 或 Co_2O_3 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不超过2%，优选不超过1.8%，如果含量超过了2%，着色剂不能很好溶于玻璃、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%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显。在一些实施方式中,可包含约0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%的CoO或Co₂O₃。如混合使用时,CoO和Co₂O₃合计量不超过2%,合计量下限在0.05%以上。在一些实施方式中,可包含约0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%的CoO和Co₂O₃。

[0249] 本发明制备的黄色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用Cu₂O或CeO₂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%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显,单独使用Cu₂O不超过4%,优选不超过3%,如果含量超过4%,容易使玻璃析晶。在一些实施方式中,可包含约0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的Cu₂O。单独使用CeO₂含量一般不超过4%,优选不超过3%,如含量超过4%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品光泽不好。在一些实施方式中,可包含约0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的CeO₂。同时,少量的CeO₂加入玻璃中具有除泡的效果,CeO₂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,其合计量一般不超过4%,合计量下限在0.5%以上。在一些实施方式中,可包含约0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的CeO₂和Cu₂O。

[0250] 本发明制备的黑色或烟灰色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,单独使用Fe₂O₃为着色剂;或者使用Fe₂O₃和CoO两种混合使用的着色剂;或者使用Fe₂O₃和Co₂O₃两种混合使用的着色剂;或者使用Fe₂O₃、CoO和NiO三种混合使用的着色剂;或者使用Fe₂O₃、Co₂O₃和NiO三种混合使用的着色剂。制备黑色和烟灰色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的着色剂主要使用Fe₂O₃着色,含量不超过7%,优选不超过5%,其含量下限在0.2%以上,在一些实施方式中,可包含约0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%、4.5%、5.0%、5.5%、6.0%、6.5%、7.0%的Fe₂O₃。CoO和Co₂O₃在可见光有吸收,可以加深玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的黑度,一般与Fe₂O₃混合使用时各自的含量不超过0.3%,合计量下限在0.2%以上,在一些实施方式中,可包含约0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的CoO和Co₂O₃。NiO在可见光有吸收,可以加深玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品的黑度,一般混合使用时其含量不超过1%,合计量下限在0.2%以上,在一些实施方式中,可包含约0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%的NiO。

[0251] 本发明制备的紫色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用 MnO_2 为着色剂,使用含量一般不超过4%,优选在3%以内,其含量下限在0.1%以上,如低于0.1%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显,在一些实施方式中,可包含约0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.0%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3.0%、3.1%、3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%、3.9%、4.0%的 MnO_2 。

[0252] 本发明制备的粉色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用 Er_2O_3 为着色剂,使用含量一般不超过8%,优选在6%以内。由于稀土元素 Er_2O_3 着色效率低,当使用含量超过8%,也不能使玻璃、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0.4%以上,如低于0.4%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显,在一些实施方式中,可包含约0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%、1.8%、2.0%、2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3.0%、3.2%、3.4%、3.6%、3.8%、4.0%、4.2%、4.4%、4.6%、4.8%、5.0%、5.2%、5.4%、5.6%、5.8%、6.0%、6.2%、6.4%、6.6%、6.8%、7.0%、7.2%、7.4%、7.6%、7.8%、8.0%的 Er_2O_3 。

[0253] 本发明制备的紫红色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用 Nd_2O_3 为着色剂,使用含量一般不超过8%,优选在6%以内。由于稀土元素 Nd_2O_3 着色效率低,使用含量超过了8%,也不能使玻璃、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0.4%以上,如低于0.4%,玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品颜色不明显,在一些实施方式中,可包含约0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%、1.8%、2.0%、2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3.0%、3.2%、3.4%、3.6%、3.8%、4.0%、4.2%、4.4%、4.6%、4.8%、5.0%、5.2%、5.4%、5.6%、5.8%、6.0%、6.2%、6.4%、6.6%、6.8%、7.0%、7.2%、7.4%、7.6%、7.8%、8.0%的 Nd_2O_3 。

[0254] 本发明制备的红色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,使用 Er_2O_3 、 Nd_2O_3 和 MnO_2 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,可以制备红色玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品,由于 Er_2O_3 和 Nd_2O_3 为稀土着色,着色能力比较弱, Er_2O_3 使用量在6%以内, Nd_2O_3 使用量在4%以内,Mn离子着色强,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。

[0255] 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玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中;但作为生产玻璃、微晶玻璃和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,会在最终的玻璃组合物、微晶玻璃和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。

[0256] 本发明的一些实施方式中,微晶玻璃和微晶玻璃制品中主要晶相包括硅酸锂和石英晶相,硅酸锂分为二硅酸锂($Li_2Si_2O_5$)和偏硅酸锂(Li_2SiO_3),在一些实施方式中优选以二硅酸锂和石英晶相和/或透锂长石作为主要晶相,在一些实施方式中优选以二硅酸锂和石英晶相作为主要晶相,在一些优选实施方式中,以二硅酸锂和 α -石英晶相作为主要晶相,从而获得本发明中较为优异的性能。

[0257] 为本发明微晶玻璃提供优异的机械性能,同时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;同时本发明中微晶玻璃和微晶玻璃制品具有良好的结晶度,使本发明微晶玻璃和微晶玻璃制品具有优异的机械性能。本文所称的结晶度是指结晶的完整程度,结晶完整的晶体内部质点的排列比较规则,衍射线强、尖锐且对称,衍射峰的半高宽接近仪器测量的宽度;结晶度差的晶体中有位错等缺陷,使衍射线峰形宽而弥散。结晶度越差,衍射能力越弱,衍射峰越宽,直到消失在背景之中。

[0258] 本发明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明度,即影响光透射率,晶粒越小透明度越高,雾度越小,透明度越高。在一些实施方式中,0.55mm厚度的雾度为0.6%以下,优选为0.5%以下,更优选为0.4%以下。在一些实施方式中,晶粒尺寸为100nm以下,优选为80nm以下,更优选为60nm以下,进一步优选为50nm以下,更进一步优选为40nm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明度越高。

[0259] 在一些实施方式中,微晶玻璃或微晶玻璃制品在可见光范围中呈现高的透明度(即微晶玻璃或微晶玻璃制品是透明的)。在一些实施方式中1mm厚度400~800nm的平均光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上。在一些优选的实施方式中,0.55mm厚度550nm的光透射率为80%以上,优选为85%以上,更优选为88%以上,进一步优选为91%以上。

[0260] 在一些实施方式中,可将抗微生物成分添加到玻璃、微晶玻璃或微晶玻璃制品中。

[0261] 本发明的玻璃组合物、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:

[0262] 生成玻璃组合物:按照组成比例范围将原料混合均匀,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℃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。

[0263] 本发明的玻璃组合物可以通过众所周知的方法进行成型。在一些实施方式中,本发明玻璃组合物的折射率(nd)为1.500~1.530,优选为1.510~1.525。

[0264] 本发明的玻璃组合物,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,但优选采用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。

[0265] 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:

[0266] 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490~800℃,为了能够析出所期望的晶相,更优选为550~750℃,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。

[0267] 上述通过2个阶段进行晶化处理时,第1温度优选为490~650℃,第2温度优选为600~850℃。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。

[0268] 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。

[0269] 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1.520~1.550,优选为1.530~1.545。

[0270] 在一些实施方式中,可通过各种工艺将本文所述的玻璃组合物或微晶玻璃制造成成形体,所述成形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玻璃组合物或微晶玻璃。

[0271] 本发明的玻璃组合物或微晶玻璃,可以采用研磨或抛光加工等方法制造片材的玻璃成形体,但制造玻璃成形体的方法,并不限于这些方法。

[0272] 本发明的玻璃或微晶玻璃成形体,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。

[0273] 本发明所述的玻璃组合物、微晶玻璃和微晶玻璃制品可具有合理有用的任何厚度。

[0274] 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。

[0275] 在一些实施方式中,可将玻璃组合物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,再通过化学钢化工艺进行化学钢化。

[0276] 本发明所述的化学钢化,即是离子交换法。本发明的玻璃、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,玻璃或微晶玻璃中的较小的金属离子被靠近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,在玻璃或微晶玻璃中构建压缩应力,形成压缩应力层。

[0277] 在一些实施方式中,金属离子是单价碱金属离子(例如 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 、 Cs^+ 等),离子交换通过将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玻璃中的较小的金属离子。或者,其他单价金属离子例如 Ag^+ 、 Tl^+ 、 Cu^+ 等也可用于交换单价离子。用来化学钢化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。

[0278] 在一些实施方式中,玻璃或微晶玻璃可通过在浸没于约 430°C ~ 470°C 的温度的熔融Na盐(如 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°C ~ 460°C ,优选时间范围为8~13小时。在这种实施方式中,Na离子置换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,玻璃或微晶玻璃可通过在浸没于可通过浸没于约 400°C ~ 450°C 的温度下熔融K盐(如 KNO_3)的盐浴中1~8小时小时来对实施方式进行离子交换,优选时间范围为2~4小时。

[0279] 在一些优选实施方式中,通过在 450°C 的熔融Na盐(如 NaNO_3)的盐浴中约8小时,离子交换层深度达 $80\mu\text{m}$ 以上,优选为 $85\mu\text{m}$ 以上。

[0280] 在一些实施方式中,还有向玻璃或微晶玻璃的表层注入离子的离子注入法,以及对玻璃或微晶玻璃进行加热,然后快速冷却的热钢化法。

[0281] 本发明玻璃组合物、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:

- [0282] [热膨胀系数]
- [0283] 热膨胀系数 ($\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$) 按照GB/T7962.16-2010测试方法进行测试。
- [0284] [折射率]
- [0285] 折射率 (nd) 按照GB/T7962.1-2010方法测试。
- [0286] [雾度]
- [0287] 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。
- [0288] [晶粒尺寸]
- [0289] 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。
- [0290] [光透射率]
- [0291] 将样品加工成1mm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的平均光透射率。
- [0292] 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的光透射率。
- [0293] [折射率温度系数]
- [0294] 折射率温度系数按照GB/T 7962.4—2010规定方法测试,测定20~40℃的折射率温度系数。
- [0295] [结晶度]
- [0296] 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。
- [0297] [表面应力]和[离子交换层深度]
- [0298] 利用玻璃表面应力仪FSM-6000LEUV进行表面应力测定。
- [0299] 利用玻璃表面应力仪SLP-2000进行离子交换层深度测定。
- [0300] 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。
- [0301] [落球试验高度]
- [0302] 对150×57×0.55mm的样品两表面进行抛光后放置在橡胶片上,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650mm开始实施,在不发生断裂的情况下,通过700mm、750mm、800mm、850mm和900mm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900mm的试验数据,表示即使从900mm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。
- [0303] [断裂韧性]
- [0304] 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。
- [0305] [四点弯曲强度]
- [0306] 采用微机控制电子万能试验机CMT6502,玻璃规格150×57×0.55mm,以ASTM C

158-2002为标准进行测试。

[0307] 本发明玻璃组合物具有以下性能：

[0308] 1) 在一些实施方式中，热膨胀系数 ($\alpha_{20^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}}$) 为 $45 \times 10^{-7}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-7}/\text{K}$ ，优选为 $50 \times 10^{-7}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-7}/\text{K}$ 。

[0309] 2) 在一些实施方式中，折射率 (nd) 为 1.500~1.530，优选为 1.510~1.525。

[0310] 本发明微晶玻璃具有以下性能：

[0311] 1) 在一些实施方式中，0.55mm厚度的雾度为 0.6% 以下，优选为 0.5% 以下，更优选为 0.4% 以下。

[0312] 2) 在一些实施方式中，晶粒尺寸为 100nm 以下，优选为 80nm 以下，更优选为 60nm 以下，进一步优选为 50nm 以下，更进一步优选为 40nm 以下。

[0313] 3) 在一些实施方式中，本发明微晶玻璃折射率温度系数为 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下，优选 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下，更优选 $-1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。4) 在一些实施方式中，结晶度为 50% 以上，优选为 65% 以上，更优选为 70% 以上，进一步优选为 75% 以上。

[0314] 5) 在一些实施方式中，折射率 (nd) 为 1.520~1.550，优选为 1.530~1.545。

[0315] 6) 在一些实施方式中，1mm 厚度 400~800nm 的平均光透射率为 80% 以上，优选为 85% 以上，更优选为 88% 以上。

[0316] 7) 在一些实施方式中，0.55mm 厚度 550nm 的光透射率为 80% 以上，优选为 85% 以上，更优选为 88% 以上，进一步优选为 91% 以上。

[0317] 本发明微晶玻璃制品除具有上述微晶玻璃的性能外，还具有以下性能：

[0318] 1) 在一些实施方式中，表面应力为 200MPa 以上，优选为 250MPa 以上，更优选为 300MPa 以上；

[0319] 2) 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；

[0320] 3) 在一些实施方式中，离子交换层深度为 30 μm 以上，优选为 50 μm 以上，更优选 60 μm 以上，进一步优选 80 μm 以上；

[0321] 4) 在一些实施方式中，落球试验高度为 700mm 以上，优选为 800mm 以上，更优选为 1000mm 以上，进一步优选为 1200mm 以上；

[0322] 5) 在一些实施方式中，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。

[0323] 6) 在一些实施方式中，1mm 厚度 400~800nm 的平均光透射率为 80% 以上，优选为 85% 以上，更优选为 88% 以上。

[0324] 7) 在一些实施方式中，0.55mm 厚度 550nm 的光透射率为 80% 以上，优选为 85% 以上，更优选为 88% 以上，进一步优选为 91% 以上。

[0325] 本发明的微晶玻璃和微晶玻璃制品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，以及所制成的玻璃盖板或玻璃元器件还可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。

[0326] 实施例

[0327] 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重量%给出,且已标准化成100%。

[0328] 以下表1~3中所示为玻璃组合物实施例

[0329] 表1.

[0330]

组分 (wt%)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	75.5	75.5	75.3	74.6	74.2	79.0	78.5	76.5
Al ₂ O ₃	8.5	7.6	8.5	9.5	9.8	7.0	8.0	8.0
Li ₂ O	9.5	9.6	10.0	9.5	9.3	9.0	8.0	10.0
K ₂ O	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6
ZnO	0.7	0.5	0.5	1.0	0.6	0.0	0.4	0.5
MgO	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
P ₂ O ₅	1.8	1.9	2.0	1.5	1.7	1.2	1.1	1.4
ZrO ₂	2.0	2.4	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	10.00	11.20	10.04	8.85	8.52	12.57	10.81	10.81
(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	47.22	44.79	42.65	56.07	49.12	73.33	78.64	61.79
(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.00	9.05	9.25	12.67	11.24	13.33	14.55	12.86
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	53.06	50.05	48.00	63.73	56.06	80.83	87.73	68.93
(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	1.00	0.83	0.68	0.95	1.00	0.90	1.00	0.80
Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.17	2.82	3.70	3.17	3.10	3.21	2.67	3.85
热膨胀系数 $\alpha_{20^{\circ}\text{C}}^{-120^{\circ}\text{C}}$ ($\times 10^{-7}/\text{K}$)	64	62	58	65	64	57	55	59
折射率 nd	1.5215	1.5206	1.5159	1.5233	1.5219	1.5189	1.5142	1.5177

[0331] 表2.

组分 (wt%)	9	10	11	12	13	14	15	16
----------	---	----	----	----	----	----	----	----

	SiO ₂	72.0	71.9	73.0	73.5	76.0	74.0	74.5	74.5
	Al ₂ O ₃	9.5	9.0	8.0	7.8	6.9	7.9	7.8	9.5
	Li ₂ O	10.0	10.0	9.9	10.0	9.6	10.0	9.7	9.0
	K ₂ O	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.1	0.9
	ZnO	1.0	2.5	2.3	2.3	0.8	1.2	1.3	0.9
	MgO	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8
	ZrO ₂	3.0	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.0	0.0	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[0333]	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	8.63	9.10	10.36	10.71	12.41	10.63	10.79	8.79
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	45.56	43.11	46.06	43.95	42.80	42.00	44.32	46.39
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.83	10.00	9.94	9.37	8.25	8.95	9.21	10.28
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	52.50	49.00	51.89	49.21	47.35	47.20	49.58	52.89
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.83	0.91	1.00	0.91	0.91	0.84	0.95	0.86
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	2.86	3.13	2.83	3.13	3.00	3.23	2.94	2.90
	热膨胀系数 $\alpha_{20^{\circ}\text{C}}^{-120^{\circ}\text{C}}$ ($\times 10^{-7}/\text{K}$)	63	63	64	61	57	59	59	63
	折射率 nd	1.5243	1.522	1.5239	1.5211	1.5135	1.5146	1.5232	1.524

[0334] 表3.

组分 (wt%)	17	18	19	20	21	22	23	
	SiO ₂	74.9	72.5	72.7	75.9	75.8	75.7	75.5
	Al ₂ O ₃	8.5	7.5	9.5	7.0	7.3	7.5	7.8
	Li ₂ O	10.0	12.0	9.5	9.9	9.8	9.7	9.6
	K ₂ O	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	ZnO	0.2	1.7	1.9	0.9	0.8	0.8	0.8
	MgO	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
[0335]	ZrO ₂	2.2	2.2	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[0336]	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	9.99	11.27	8.65	12.26	11.73	11.39	10.91
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	42.45	44.47	43.26	45.16	45.05	44.95	44.79
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	9.25	10.26	10.00	8.89	9.00	9.05	9.16
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	47.80	49.58	49.32	50.00	50.05	50.05	50.05
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.91	0.91	1.00	0.91	0.91	0.91	0.91
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.13	3.24	3.17	3.09	3.06	3.03	3.00
	热膨胀系数 $\alpha_{20^{\circ}\text{C}}^{-120^{\circ}\text{C}}$ ($\times 10^{-7}/\text{K}$)	63	62	63	61	64	61	60
	折射率 nd	1.5192	1.5224	1.5233	1.5226	1.5244	1.5213	1.5214

[0337] 以下表4~6中所示为微晶玻璃实施例

[0338] 表4.

[0339]	组分 (wt%)	1	2	3	4	5	6	7	8
	SiO ₂	75.5	75.5	75.3	74.6	74.2	79.0	78.5	76.5
	Al ₂ O ₃	8.5	7.6	8.5	9.5	9.8	7.0	8.0	8.0
	Li ₂ O	9.5	9.6	10.0	9.5	9.3	9.0	8.0	10.0
	K ₂ O	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6
	ZnO	0.7	0.5	0.5	1.0	0.6	0.0	0.4	0.5
	MgO	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	1.8	1.9	2.0	1.5	1.7	1.2	1.1	1.4
	ZrO ₂	2.0	2.4	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Sb ₂ O ₃	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	10.00	11.20	10.04	8.85	8.52	12.57	10.81	10.81
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	47.22	44.79	42.65	56.07	49.12	73.33	78.64	61.79
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.00	9.05	9.25	12.67	11.24	13.33	14.55	12.86
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	53.06	50.05	48.00	63.73	56.06	80.83	87.73	68.93
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	1.00	0.83	0.68	0.95	1.00	0.90	1.00	0.80
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.17	2.82	3.70	3.17	3.10	3.21	2.67	3.85
	0.55mm 厚雾度 (%)	0.25	0.34	0.44	0.20	0.35	0.39	0.40	0.42
	晶粒尺寸 (nm)	40	40	45	40	40	50	45	45
	折射率温度系数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	-1.4	-1.5	-0.8	-1.4	-1.4	-1.1	-0.9	-0.8
	结晶度	0.81	0.82	0.7	0.8	0.82	0.77	0.75	0.74

	折射率 nd	1.5415	1.5406	1.5359	1.5433	1.5419	1.5389	1.5342	1.5377
	1mm 厚 400~800nm 的平均光透射率	0.87	0.86	0.85	0.88	0.88	0.85	0.85	0.85
	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.92	0.91	0.88	0.92	0.92	0.88	0.9	0.89
[0340]	主要晶相	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂、透锂长石	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂
	晶化第一温度和时间	540℃ -10h	560℃ -10h	570℃ -10h	590℃ -10h	580℃ -6h	590℃ -10h	600℃ -10h	590℃ -10h
	晶化第二温度和时间	770℃ -0.5h	740℃ -4h	800℃ -0.5h	715℃ -1h	690℃ -2h	710℃ -6h	730℃ -2h	730℃ -1h

[0341] 表5.

	组分 (wt%)	9	10	11	12	13	14	15	16
	SiO ₂	72.0	71.9	73.0	73.5	76.0	74.0	74.5	74.5
	Al ₂ O ₃	9.5	9.0	8.0	7.8	6.9	7.9	7.8	9.5
	Li ₂ O	10.0	10.0	9.9	10.0	9.6	10.0	9.7	9.0
	K ₂ O	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.1	0.9
	ZnO	1.0	2.5	2.3	2.5	0.8	1.2	1.3	0.9
	MgO	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8
	ZrO ₂	3.0	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.0	0.0	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[0342]	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	8.63	9.10	10.36	10.71	12.41	10.63	10.79	8.79
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	45.56	43.11	46.06	43.95	42.80	42.00	44.32	46.39
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.83	10.00	9.94	9.37	8.25	8.95	9.21	10.28
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	52.50	49.00	51.89	49.21	47.35	47.20	49.58	52.89
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.83	0.91	1.00	0.91	0.91	0.84	0.95	0.86
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	2.86	3.13	2.83	3.13	3.00	3.23	2.94	2.90
	0.55mm 厚雾度 (%)	0.35	0.36	0.24	0.35	0.38	0.38	0.39	0.26

[0343]	晶粒尺寸 (nm)	40	40	40	40	50	45	45	40
	折射率温度系数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	-1.4	-1.3	-1.4	-1.2	-1.1	-1.5	-1.4	-1.3
	结晶度	0.83	0.8	0.83	0.81	0.78	0.82	0.81	0.83
	折射率 nd	1.5443	1.542	1.5439	1.5411	1.5335	1.5346	1.5432	1.544
	1mm 厚 400~ 800nm 的平均光透 射率	0.87	0.87	0.88	0.87	0.85	0.85	0.85	0.88
	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.92	0.9	0.92	0.9	0.89	0.9	0.89	0.92
	主要晶相	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂	石英 晶相, 二硅 酸锂
	晶化第一温度和时间	510 $^{\circ}\text{C}$ -6h	510 $^{\circ}\text{C}$ -4h	510 $^{\circ}\text{C}$ -4h	550 $^{\circ}\text{C}$ -10h	520 $^{\circ}\text{C}$ -8h	520 $^{\circ}\text{C}$ -6h	520 $^{\circ}\text{C}$ -6h	510 $^{\circ}\text{C}$ -4h
	晶化第二温度和时间	710 $^{\circ}\text{C}$ -6h	715 $^{\circ}\text{C}$ -4h	740 $^{\circ}\text{C}$ -0.5h	710 $^{\circ}\text{C}$ -6h	715 $^{\circ}\text{C}$ -4h	720 $^{\circ}\text{C}$ -2h	720 $^{\circ}\text{C}$ -1h	715 $^{\circ}\text{C}$ -4h

[0344] 表6.

[0345]	组分 (wt%)	17	18	19	20	21	22	23
	SiO ₂	74.9	72.5	72.7	75.9	75.8	75.7	75.5
	Al ₂ O ₃	8.5	7.5	9.5	7.0	7.3	7.5	7.8
	Li ₂ O	10.0	12.0	9.5	9.9	9.8	9.7	9.6
	K ₂ O	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	ZnO	0.2	1.7	1.9	0.9	0.8	0.8	0.8
	MgO	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	ZrO ₂	2.2	2.2	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	9.99	11.27	8.65	12.26	11.73	11.39	10.91
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	42.45	44.47	43.26	45.16	45.05	44.95	44.79
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	9.25	10.26	10.00	8.89	9.00	9.05	9.16
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ ZrO ₂)/P ₂ O ₅	47.80	49.58	49.32	50.00	50.05	50.05	50.05
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.91	0.91	1.00	0.91	0.91	0.91	0.91
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.13	3.24	3.17	3.09	3.06	3.03	3.00

[0346]	0.55mm 厚雾度 (%)	0.36	0.37	0.38	0.37	0.23	0.38	0.36
	晶粒尺寸 (nm)	50	45	45	45	40	50	50
	折射率温度系数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	-1.4	-1.2	-1.4	-1.5	-1.4	-1.3	-1.4
	结晶度	0.8	0.82	0.81	0.82	0.84	0.82	0.83
	折射率 nd	1.5392	1.5424	1.5433	1.5426	1.5444	1.5413	1.5414
	1mm 厚 400~800nm 的平均光透射率	0.85	0.85	0.85	0.85	0.9	0.85	0.85
	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.9	0.91	0.91	0.9	0.92	0.9	0.9
	主要晶相	石英晶相, 二硅酸锂、透锂长石	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂
	晶化第一温度和时间	510 $^{\circ}\text{C}$ -6h	520 $^{\circ}\text{C}$ -6h	560 $^{\circ}\text{C}$ -6h	520 $^{\circ}\text{C}$ -2h	510 $^{\circ}\text{C}$ -6h	520 $^{\circ}\text{C}$ -4h	510 $^{\circ}\text{C}$ -6h
	晶化第二温度和时间	690 $^{\circ}\text{C}$ -2h	710 $^{\circ}\text{C}$ -6h	715 $^{\circ}\text{C}$ -4h	720 $^{\circ}\text{C}$ -2h	710 $^{\circ}\text{C}$ -6h	715 $^{\circ}\text{C}$ -4h	720 $^{\circ}\text{C}$ -2h

[0347] 以下表7~9中所示为微晶玻璃制品实施例

[0348] 表7.

[0349]	组分 (wt%)	1	2	3	4	5	6	7	8
	SiO ₂	75.5	75.5	75.3	74.6	74.2	79.0	78.5	76.5
	Al ₂ O ₃	8.5	7.6	8.5	9.5	9.8	7.0	8.0	8.0
	Li ₂ O	9.5	9.6	10.0	9.5	9.3	9.0	8.0	10.0
	K ₂ O	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6
	ZnO	0.7	0.5	0.5	1.0	0.6	0.0	0.4	0.5
	MgO	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	1.8	1.9	2.0	1.5	1.7	1.2	1.1	1.4
	ZrO ₂	2.0	2.4	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Sb ₂ O ₃	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	10.00	11.20	10.04	8.85	8.52	12.57	10.81	10.81
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	47.22	44.79	42.65	56.07	49.12	73.33	78.64	61.79

	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.00	9.05	9.25	12.67	11.24	13.33	14.55	12.86
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	53.06	50.05	48.00	63.73	56.06	80.83	87.73	68.93
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	1.00	0.83	0.68	0.95	1.00	0.90	1.00	0.80
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.17	2.82	3.70	3.17	3.10	3.21	2.67	3.85
	0.55mm 厚雾度 (%)	0.25	0.34	0.44	0.20	0.35	0.39	0.4	0.42
	晶粒尺寸 (nm)	40	40	45	40	40	50	45	45
	折射率温度系数 (×10 ⁻⁶ /°C)	-1.4	-1.5	-0.8	-1.4	-1.4	-1.1	-0.9	-0.8
	结晶度	0.81	0.82	0.7	0.8	0.82	0.77	0.75	0.74
	折射率 nd	1.5415	1.5406	1.5359	1.5433	1.5419	1.5389	1.5342	1.5377
	1mm 厚 400~800nm 的平均光透射率	0.87	0.86	0.85	0.88	0.88	0.85	0.85	0.85
[0350]	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.92	0.91	0.88	0.92	0.92	0.88	0.9	0.89
	主要晶相	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂、透锂长石	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂
	表面应力 (MPa)	379	380	287	369	363	351	300	298
	四点弯曲强度 (MPa)	750	752	685	739	742	701	698	677
	离子交换层深度 (μm)	94	85	75	88	90	80	78	79
	落球高度 (mm)	1450	1400	1150	1250	1400	1250	1200	1200
	断裂韧性 (MPa·m ^{1/2})	2.1	2	1.3	1.7	1.6	1.5	1.2	1.3

[0351] 表8.

	组分 (wt%)	9	10	11	12	13	14	15	16
	SiO ₂	72.0	71.9	73.0	73.5	76.0	74.0	74.5	74.5
	Al ₂ O ₃	9.5	9.0	8.0	7.8	6.9	7.9	7.8	9.5
	Li ₂ O	10.0	10.0	9.9	10.0	9.6	10.0	9.7	9.0
	K ₂ O	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.1	0.9
[0352]	ZnO	1.0	2.5	2.3	2.3	0.8	1.2	1.3	0.9
	MgO	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8
	ZrO ₂	3.0	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.0	0.0	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	8.63	9.10	10.36	10.71	12.41	10.63	10.79	8.79
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	45.56	43.11	46.06	43.95	42.80	42.00	44.32	46.39
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	10.83	10.00	9.94	9.37	8.25	8.95	9.21	10.28
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	52.50	49.00	51.89	49.21	47.35	47.20	49.58	52.89
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.83	0.91	1.00	0.91	0.91	0.84	0.95	0.86
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	2.86	3.13	2.83	3.13	3.00	3.23	2.94	2.90
	0.55mm 厚雾度 (%)	0.35	0.36	0.24	0.35	0.38	0.38	0.39	0.26
	晶粒尺寸 (nm)	40	40	40	40	50	45	45	40
	折射率温度系数 (×10 ⁻⁶ /°C)	-1.4	-1.3	-1.4	-1.2	-1.1	-1.5	-1.4	-1.3
[0353]	结晶度	0.83	0.8	0.83	0.81	0.78	0.82	0.81	0.83
	折射率 nd	1.5443	1.542	1.5439	1.5411	1.5335	1.5346	1.5432	1.544
	1mm 厚 400~800nm 的平均光透射率	0.87	0.87	0.88	0.87	0.85	0.85	0.85	0.88
	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.92	0.9	0.92	0.9	0.89	0.9	0.89	0.92
	主要晶相	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂
	表面应力 (MPa)	378	372	374	355	358	360	359	375
	四点弯曲强度 (MPa)	745	742	746	725	726	728	730	735
	离子交换层深度 (μm)	85	86	92	92	85	81	82	93
	落球高度 (mm)	1300	1300	1350	1350	1300	1350	1500	1550
	断裂韧性 (MPa·m ^{1/2})	2	2.1	2	1.9	1.7	1.9	1.8	1.6

[0354] 表9.

	组分 (wt%)	17	18	19	20	21	22	23
	SiO ₂	74.9	72.5	72.7	75.9	75.8	75.7	75.5
[0355]	Al ₂ O ₃	8.5	7.5	9.5	7.0	7.3	7.5	7.8
	Li ₂ O	10.0	12.0	9.5	9.9	9.8	9.7	9.6
	K ₂ O	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	ZnO	0.2	1.7	1.9	0.9	0.8	0.8	0.8

	MgO	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	P ₂ O ₅	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	ZrO ₂	2.2	2.2	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2
	Sb ₂ O ₃	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
	SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	9.99	11.27	8.65	12.26	11.73	11.39	10.91
	(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	42.45	44.47	43.26	45.16	45.05	44.95	44.79
	(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	9.25	10.26	10.00	8.89	9.00	9.05	9.16
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	47.80	49.58	49.32	50.00	50.05	50.05	50.05
	(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.91	0.91	1.00	0.91	0.91	0.91	0.91
	Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.13	3.24	3.17	3.09	3.06	3.03	3.00
	0.55mm 厚雾度 (%)	0.36	0.37	0.38	0.37	0.23	0.38	0.36
	晶粒尺寸 (nm)	50	45	45	45	40	50	50
[0356]	折射率温度系数 (×10 ⁻⁶ /°C)	-1.4	-1.2	-1.4	-1.5	-1.4	-1.3	-1.4
	结晶度	0.8	0.82	0.81	0.82	0.84	0.82	0.83
	折射率 nd	1.5392	1.5424	1.5433	1.5426	1.5444	1.5413	1.5414
	1mm 厚 400~800nm 的平均光透射率	0.85	0.85	0.85	0.85	0.89	0.85	0.85
	0.55mm 厚 550nm 波长的光透射率	0.9	0.91	0.91	0.9	0.92	0.9	0.9
	主要晶相	石英晶相, 二硅酸锂、透锂长石	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂	石英晶相, 二硅酸锂
	表面应力 (MPa)	355	370	373	363	364	368	367
	四点弯曲强度 (MPa)	731	739	738	728	724	721	720
	离子交换层深度 (μm)	89	89	89	89	95	88	86
	落球高度 (mm)	1300	1200	1500	1300	1500	1450	1500
	断裂韧性 (MPa·m ^{1/2})	1.9	2.1	1.8	1.9	1.6	1.7	1.6

[0357] 以下表10~12中所示为彩色微晶玻璃制品实施例

[0358] 表10.

组分 (wt%)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	66.0	75.3	72.0	71.9	73.0	73.5	72.5	72.7
Al ₂ O ₃	10.0	8.5	9.5	9.0	8.0	7.8	7.5	9.5
Li ₂ O	14.0	10.0	10.0	10.0	9.9	10.0	12.0	9.5
K ₂ O	3.1	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
ZnO	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	0.5	1.0	0.2
MgO	0.0	1.0	2.0	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0
P ₂ O ₅	1.9	2.0	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9
ZrO ₂	3.0	2.2	3.0	2.2	2.5	2.2	2.2	2.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.5
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NiO	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ni ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pr ₂ O ₅	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CoO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Co ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu ₂ O	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
MnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
Er ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
Nd ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CeO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	8.00	10.04	8.63	9.10	10.36	10.71	11.27	8.65
(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	42.11	42.65	45.56	43.11	46.06	43.95	44.47	43.26
(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	12.63	9.25	10.83	10.00	9.94	9.37	10.26	10.00
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/ P ₂ O ₅	48.95	48.00	52.50	49.00	51.89	49.21	49.58	49.32
(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	1.03	0.68	0.83	0.91	1.00	0.91	0.91	1.00
Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	2.30	3.70	2.86	3.13	2.83	3.13	3.24	3.17
玻璃颜色	黄色	褐色	绿色	蓝色	黄色	黑色	紫色	粉色

[0359] 表11.

组分 (wt%)	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	75.9	74.0	71.0	72.4	75.0	71.0	70.0	70.0
Al ₂ O ₃	7.0	7.9	7.9	7.7	8.1	6.8	7.7	8.5
Li ₂ O	9.9	10.0	11.0	12.5	9.5	10.0	11.0	8.5

[0361]

[0362]

K ₂ O	1.0	0.6	0.5	1.5	1.0	0.6	0.5	1.0
ZnO	0.0	0.0	3.0	0.8	0.7	3.3	0.0	3.6
MgO	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	2.0	2.0	0.5
P ₂ O ₅	1.9	2.0	1.5	1.8	1.8	1.5	1.5	1.4
ZrO ₂	2.2	2.5	3.0	2.5	2.2	3.0	3.0	2.0
Sb ₂ O ₃	0.2	0.3	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na ₂ O	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NiO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.2	0.0
Ni ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Pr ₂ O ₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CoO	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0
Co ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Cu ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe ₂ O ₃	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
MnO ₂	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Er ₂ O ₃	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nd ₂ O ₃	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CeO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	12.26	10.63	10.38	11.03	10.43	11.91	10.52	9.24
(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	45.16	42.00	54.67	47.17	46.94	54.00	54.00	56.07
(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	8.89	8.95	12.60	11.22	9.78	11.20	12.47	12.14
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/P ₂ O ₅	50.00	47.20	61.93	52.83	52.67	60.53	61.13	63.57
(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.91	0.84	0.83	0.80	0.91	0.87	0.83	0.75
Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	3.09	3.23	3.14	3.13	2.97	2.78	3.14	2.83
玻璃颜色	紫红色	红色	黑色	蓝色	蓝色	褐色	烟灰色	绿色

[0363] 表12.

[0364]

组分 (wt%)	17	18	19	20	21	22	23
SiO ₂	73.4	70.0	71.5	71.5	70.0	71.5	70.0
Al ₂ O ₃	7.0	7.0	7.8	7.0	6.8	8.0	7.0
Li ₂ O	9.5	11.5	8.5	12.5	9.5	9.7	10.0
K ₂ O	0.3	0.5	0.0	1.5	0.4	1.1	0.5
ZnO	0.0	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
MgO	2.0	2.0	2.0	0.8	2.0	0.7	2.0
P ₂ O ₅	1.8	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	1.5
ZrO ₂	3.0	3.0	2.6	2.7	2.5	2.2	2.9

[0365]

Sb ₂ O ₃	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NiO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ni ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pr ₂ O ₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
CoO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Co ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu ₂ O	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MnO ₂	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.8
Er ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	3.8
Nd ₂ O ₃	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	1.5
CeO ₂	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(SiO ₂ +Li ₂ O)/Al ₂ O ₃	11.84	11.64	10.26	12.00	11.69	10.15	11.43
(SiO ₂ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	46.06	45.28	50.00	46.67	46.76	45.11	53.33
(Al ₂ O ₃ +Li ₂ O)/P ₂ O ₅	9.17	10.28	10.19	10.83	9.59	9.83	11.33
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Li ₂ O+ZrO ₂)/ P ₂ O ₅	51.61	50.83	56.50	52.06	52.24	50.78	59.93
(MgO+K ₂ O)/ZrO ₂	0.77	0.83	0.77	0.85	0.96	0.82	0.86
Li ₂ O/(K ₂ O+ZrO ₂)	2.88	3.29	3.27	2.98	3.28	2.94	2.94
玻璃颜色	黄色	黄色	紫红色	紫色	粉色	绿色	红色