

一种微晶玻璃、化学强化微晶玻璃及其应用

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2024 年 02 月 02 日提交中国专利局的申请号为 202410156362.3、名称为“一种微晶玻璃、化学强化微晶玻璃及其应用”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请属于微晶玻璃技术领域，具体涉及一种具有优异抗变形能力的微晶玻璃、化学强化微晶玻璃及其应用。

背景技术

随着智能时代的到来，手机、平板、手表等便携式电子设备成为日常生活中必不可少的部分，而其损坏方式大多是屏幕的碎裂。随着“昆仑玻璃”、“超瓷晶”、“泰坦玻璃”等微晶玻璃的推出，盖板玻璃的碎裂几率已经大幅降低。然而，玻璃内屏失效的问题却还有待进一步改善，如果内屏失效，就容易出现触摸失效、显示异常、屏幕损坏等现象。尤其是在电子设备大屏化、轻薄化的市场需求推动下，盖板玻璃的厚度越来越薄，当盖板玻璃受到挤压或冲击，发生形变时，会对玻璃内屏产生挤压，有可能造成内屏失效。因此，为了更好地改善因盖板玻璃遭受冲击等时所导致的玻璃内屏失效的问题，亟需研制出具有优异抗变形能力的盖板玻璃。

发明内容

微晶玻璃作为一种含微晶相和玻璃相的固体材料，因其所含有大量纳米级微小晶体可以阻碍微裂纹扩展，因此其整体强度性能较常规玻璃有明显的优势。在微晶玻璃中，具有二硅酸锂主晶相的微晶玻璃在电子产品中作为盖板玻璃，具有很大的应用潜力。

二硅酸锂($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$)晶相是基于 $[\text{Si}_2\text{O}_5]$ 四面体阵列的斜方晶体，晶体的形状是扁平或是板状的。在微晶玻璃的内部，二硅酸锂晶体为无规取向的互锁的微观结构，迫使裂纹通过晶体时路径发生扭曲，从而阻止了裂纹的扩展，提高了微晶玻璃的强度和断裂韧性。与此同时，二硅酸锂晶体的光折射系数与玻璃基质（如，制备微晶玻璃的基材玻璃）接近，是理想的制备高透明微晶玻璃的晶相。

有鉴于此，本申请的目的是：提供一种具有高强度和优异光学性能的、以二硅酸锂作为主要晶相的微晶玻璃，该微晶玻璃可通过化学强化的方式，制备获得具有高应力水平、优异抗变形能力和高机械强度的化学强化微晶玻璃。

为了实现上述目的，本申请提供了如下技术方案：

本申请提供一种微晶玻璃，微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相，其中二硅酸锂晶相具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数；

以氧化物的摩尔百分比计，微晶玻璃的组成包括：

SiO_2 ：55.00mol%-65.00mol%， Al_2O_3 ：0.00mol%-2.00mol%， P_2O_5 ：1.00mol%-3.00mol%， ZrO_2 ：2.00mol%-6.00mol%， MgO ：0.00mol%-2.00mol%， ZnO ：0.00mol%-2.00mol%， Na_2O ：0.00mol%-3.00mol%， K_2O ：0.00mol%-1.00mol%， Li_2O ：27.00mol%-32.00mol%， CaO ：0.00mol%-5.00mol%， B_2O_3 ：0.00mol%-1.00mol%， SrO ：0.00mol%-2.00mol%；

以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成满足： $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.40$ ，可选地， $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.30$ ，进一步可选地， $2.02 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.20$ 。通过优化玻璃配方，如，在较高含量的锂下，采用较高含量的锆、采用较低含量的铝，等等，同时使各组成成分之间满足特定的含量关系，使各组成成分之间发挥相互作用，一方面，有利于确保析出期望含量的二硅酸锂晶相，限制其他晶相（如，透锂长石晶相）的析出，从而有助于确保获得具有高本征强度和优异光学性能的、以二硅酸锂为主要晶相的微晶玻璃，另一方面，有利于保证微晶玻璃满足特定的组成和结构，从而确保其经过化学强化后，制备获得具有高应力水平和优异抗变形能力的化学强化微晶玻璃。

在本申请的一些实施方案中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.96$ ，可选地， $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.95$ ；和/或，

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \leq 0.030$ 。通过调整各组分满足特定含量关系，利于确保形成期望的晶相结构，也有利于使微晶玻璃在化学强化后产生的应力水平得到提高，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.31 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.50$ ，可选地， $0.32 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.20$ ，进一步可选地， $0.36 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.10$ ；

和/或，

$0.10 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.60$ ，可选地， $0.12 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.52$ ，进一步可选地， $0.16 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.50$ ；

和/或，

$0.034 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.100$ ，可选地， $0.035 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$ ，进一步可选地， $0.055 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$ 。通过调整各组分满足特定含量关系，利于发挥各组分的增强或增韧效果，发挥各组分的相互作用，从而保证微晶玻璃的高本征强度和其强化后的高应力水平，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足：

$\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.065$ ，可选地， $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.055$ ，进一步可选地， $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.050$ ；

和/或，

($\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3$)/ $\text{Li}_2\text{O}\leq 0.25$, 可选地, ($\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3$)/ $\text{Li}_2\text{O}\leq 0.20$, 进一步可选地, ($\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3$)/ $\text{Li}_2\text{O}\leq 0.14$ 。通过调整各组分满足特定含量关系, 利于在发挥各组分增强等效果的同时, 避免影响微晶玻璃的析晶, 从而确保微晶玻璃实现期望的晶相结构, 进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中, 以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计, 微晶玻璃的组成还满足:

$0.12\leq (\text{ZrO}_2-\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2-2\times\text{Li}_2\text{O})\leq 6.40$, 可选地, $0.14\leq (\text{ZrO}_2-\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2-2\times\text{Li}_2\text{O})\leq 6.16$, 进一步可选地, $0.50\leq (\text{ZrO}_2-\text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2-2\times\text{Li}_2\text{O})\leq 3.00$; 和/或,

$\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2\leq 0.05$, 可选地, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2\leq 0.04$, 进一步可选地, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2\leq 0.02$ 。通过调整各组分满足特定含量关系, 利于更好地发挥各组分的作用, 利于使微晶玻璃获得高本征强度和优异光学性能, 也利于使微晶玻璃在化学强化后获得高应力水平和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中, 以氧化物的摩尔百分比计, 微晶玻璃中:

SiO_2 的含量为 60.00mol%-65.00mol%, 进一步地, SiO_2 的含量可以为 60.50mol%-64.00mol%; 和/或,

Li_2O 的含量为 28.00mol%-31.00mol%, 进一步地, Li_2O 的含量可以为 29.00mol%-30.50mol%; 和/或,

ZrO_2 的含量为 3.20mol%-6.00mol%, 进一步地, ZrO_2 的含量可以为 4.00mol%-6.00mol%; 和/或,

P_2O_5 的含量为 1.50mol%-3.00mol%, 进一步地, P_2O_5 的含量可以为 1.50mol%-2.50mol%; 和/或,

Na_2O 的含量为 0.00mol%-1.00mol%, 进一步地, Na_2O 的含量可以为 0.00mol%-0.50mol%; 和/或,

CaO 的含量为 0.00mol%-4.00mol%, 进一步地, CaO 的含量可以为 0.00mol%-2.50mol%。通过调整微晶玻璃的组成, 利于使微晶玻璃获得高的机械强度性能和优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中, 以氧化物的摩尔百分比计, 微晶玻璃的组成还包括: Y_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 : 0.00mol%-1.00mol%。适量的选择性加入 Y_2O_3 、 La_2O_3 或 Ta_2O_5 , 有助于提高微晶玻璃的密度, 增加其杨氏模量, 但同时也可能会增加微晶玻璃的折射率, 使微晶玻璃的光学性能降低。

在本申请的一些实施方案中, 以氧化物的摩尔百分比计, 微晶玻璃中: Na_2O 和 K_2O 的摩尔百分比含量之和小于 1.00mol%。

在本申请的一些实施方案中, 微晶玻璃的密度 $\rho\geq 2.50\text{g}/\text{cm}^3$, 可选地, 微晶玻璃的密度 ρ 为 $2.50\text{g}/\text{cm}^3\sim 2.75\text{g}/\text{cm}^3$; 和/或, 微晶玻璃的折射率 ≤ 1.60 。满足该密度和/或折射率的微晶玻璃, 能够确保具有较高本征强度和优异光学性能。

在本申请的一些实施方案中, 微晶玻璃的结晶度为 30.00wt%-90.00wt%, 可选地, 结晶度为 50.00wt%-90.00wt%, 结晶度为 65.00wt%-90.00wt%;

和/或,

微晶玻璃中, 平均晶体尺寸 $\leq 100\text{nm}$, 可选地, 平均晶体尺寸 $\leq 50\text{nm}$, 进一步可选地, 平均晶体尺寸为 $15\text{nm}\sim 45\text{nm}$ 。较高含量的晶相有利于提高微晶玻璃的机械强度性能; 满足较小的平均晶体尺寸, 有利于保证微晶玻璃具有优异的光学性能。

在本申请的一些实施方案中, 微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 100.00\text{GPa}$, 可选地, 微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 110.00\text{GPa}$, 进一步可选地, 微晶玻璃的杨氏模量为 $114\text{GPa}\sim 130\text{GPa}$ 。具有较高的杨氏模量, 表明该微晶玻璃具有较高本征强度, 有利于其获得较高的机械强度性能和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方案中, 在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时, 微晶玻璃的 b 值 ≤ 1.0 , 可选地, b 值可以 ≤ 0.8 ; 和/或,

微晶玻璃在可见光范围内是透明的; 在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时, 对于 550nm 波长的光而言, 微晶玻璃的透过率 $\geq 85.00\%$, 可选地, 微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ 。满足该光学 b 值和/或透过率的微晶玻璃, 能够确保具有较优的光学性能和显示效果, 适合用在对显示效果有要求的显示屏中。

在本申请的一些实施方案中, 微晶玻璃的膨胀软化点为 $750^\circ\text{C}\sim 850^\circ\text{C}$, 可选地, 微晶玻璃的膨胀软化点为 $750^\circ\text{C}\sim 830^\circ\text{C}$ 。适宜的膨胀软化点, 有利于该微晶玻璃进行 3D 热弯成型, 以制得具有高强度性能的 3D 曲面微晶玻璃。

本申请还提供一种化学强化微晶玻璃, 其中, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成与前述的微晶玻璃的组成相同, 化学强化微晶玻璃包含从化学强化微晶玻璃的表面延伸到压缩深度的压缩应力层区域, 并且在化学强化微晶玻璃的内部具有张应力。

在本申请的一些实施方案中, 化学强化微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相, 其中二硅酸锂晶相具有比化学强化微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数; 以氧化物的摩尔百分比计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括: SiO_2 : 55.00mol%-65.00mol%, Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 : 1.00mol%-3.00mol%, ZrO_2 : 2.00mol%-6.00mol%, MgO : 0.00mol%-2.00mol%, ZnO : 0.00mol%-2.00mol%, Na_2O : 0.00mol%-3.00mol%, K_2O : 0.00mol%-1.00mol%, Li_2O : 27.00mol%-32.00mol%, CaO : 0.00mol%-5.00mol%, B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, SrO : 0.00mol%-2.00mol%;

以氧化物的摩尔百分比表示的含量计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成满足: $2.00\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.40$, 可选地, $2.00\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.30$, 进一步可选地, $2.02\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.20$ 。

在本申请的一些实施方案中, 以氧化物的摩尔百分比表示的含量计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成还满足:

$0.90\leq \text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O}\leq 0.96$; 和/或,

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2\leq 0.030$; 和/或,

$0.31\leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO}+\text{ZrO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)\leq 1.50$; 和/或,

$0.10\leq \text{ZrO}_2/(100\%-3\times\text{Li}_2\text{O})\leq 0.60$; 和/或,

- 0.034 $\leq$ ZrO₂/SiO₂ $\leq$ 0.100；和/或，
CaO+Al₂O₃ $\leq$ 0.065；和/或，
(CaO+Al₂O₃)/Li₂O $\leq$ 0.25；和/或，
0.12 $\leq$ (ZrO₂-Na₂O)/(SiO₂-2 $\times$ Li₂O) $\leq$ 6.40；和/或，
Na₂O/SiO₂ $\leq$ 0.05。
- 5 在本申请的一些实施方案中，以氧化物的摩尔百分比计，化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括：
SiO₂的含量为60.00mol%-65.00mol%，进一步地，SiO₂的含量可以为60.50mol%-64.00mol%；和/或，Li₂O的含量为28.00mol%-31.00mol%，进一步地，Li₂O的含量可以为29.00mol%-30.50mol%；和/或，ZrO₂的含量为3.20mol%-6.00mol%，进一步地，ZrO₂的含量可以为4.00mol%-6.00mol%；和/或，P₂O₅的含量为1.50mol%-3.00mol%，
10 进一步地，P₂O₅的含量可以为1.50mol%-2.50mol%；和/或，Na₂O的含量为0.00mol%-1.00mol%，进一步地，Na₂O的含量可以为0.00mol%-0.50mol%；和/或，CaO的含量为0.00mol%-4.00mol%，进一步地，CaO的含量可以为0.00mol%-2.50mol%。
- 在本申请的一些实施方案中，以氧化物的摩尔百分比计，化学强化微晶玻璃的中心处的组成还包括：Y₂O₃：0.00mol%-1.00mol%，La₂O₃：0.00mol%-1.00mol%，Ta₂O₅：0.00mol%-1.00mol%。
- 15 在本申请的一些实施方案中，化学强化微晶玻璃具有0.18t-0.25t的DOL₀，可选地，化学强化微晶玻璃具有0.20t-0.25t的DOL₀，DOL₀为压缩应力层深度，t为化学强化微晶玻璃的厚度。该化学强化微晶玻璃的DOL₀在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃具有高的压缩应力层深度，越有利于其抵消驱使裂纹扩展的能量，进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。
- 在本申请的一些实施方案中，化学强化微晶玻璃具有85MPa-200MPa的|CT_{AV}|，可选地，化学强化微晶玻璃具有90MPa-200MPa的|CT_{AV}|，进一步可选地，化学强化微晶玻璃具有130MPa-200MPa的|CT_{AV}|，|CT_{AV}|为平均张应力的绝对值。该化学强化微晶玻璃的|CT_{AV}|在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃具有较高的张应力水平，反映出其具有较高的表面应力水平，而较高的表面压应力水平所能抵消的跌落碰撞剩余能量会越多，进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。
- 20 在本申请的一些实施方案中，化学强化微晶玻璃具有50000MPa/mm-100000MPa/mm的CT_{LD}，可选地，化学强化微晶玻璃具有55000MPa/mm-100000MPa/mm的CT_{LD}，进一步可选地，化学强化微晶玻璃具有65000MPa/mm-100000MPa/mm的CT_{LD}，CT_{LD}为张应力线密度。该化学强化微晶玻璃的CT_{LD}在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃内部储存的张应力较密集，表明该化学强化微晶玻璃具有较高的表面应力水平，进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。
- 25 在本申请的一些实施方案中，化学强化微晶玻璃具有120MPa-320MPa的|CT_{CV}|，可选地，化学强化微晶玻璃具有135MPa-300MPa的|CT_{CV}|，进一步可选地，化学强化微晶玻璃具有160MPa-300MPa的|CT_{CV}|。该化学强化微晶玻璃的|CT_{CV}|在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃具有较高的张应力水平，反映出其具有较高的表面应力水平，而较高的表面压应力水平所能抵消的跌落碰撞剩余能量会越多，进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。
- 30 在本申请的一些实施方案中，化学强化微晶玻璃的维氏硬度大于或等于680kgf/mm²，可选地，化学强化微晶玻璃的维氏硬度为700kgf/mm²-800kgf/mm²。该化学强化微晶玻璃的维氏硬度在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃具有高硬度，进而保证了其具有优异的力学性能。
- 35 在本申请的一些实施方案中，在化学强化微晶玻璃为0.5mm厚度时，采用10mm直径圆头金属压杆挤压化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当化学强化微晶玻璃的主表面中心处承受10kgf载荷挤压时，化学强化微晶玻璃受应力位置向受力方向的变形量 $\leq$ 0.850mm。化学强化微晶玻璃受挤压后，产生的变形量越小，表明其抗变形能力越优异，当其用作显示屏的盖板玻璃时，受挤压或冲击后，变形越小，接触玻璃内屏的概率也变小，利于改善盖板玻璃受冲击所带来的玻璃内屏失效的问题。
- 40 在本申请的一些实施方案中，在化学强化微晶玻璃为0.5mm厚度时，采用10mm直径圆头金属压杆挤压化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当化学强化微晶玻璃的主表面中心处沿着受力方向发生0.400mm的变形量时，化学强化微晶玻璃的主表面中心处所承受的载荷 $\geq$ 30N。当发生一定变形量时，化学强化微晶玻璃所能承受的载荷越大，那么，当化学强化微晶玻璃承受挤压或冲击时，其发生变形所能抵消的载荷也就越大，因而当其变形接触到玻璃内屏后，玻璃内屏所受到的挤压或冲击载荷就会越小，玻璃内屏发生失效的可能性就会降低。采用能够承受或抵消较大载荷的化学强化微晶玻璃作为盖板玻璃，利于改善盖板玻璃受冲击或挤压所带来的玻璃内屏失效的问题。
- 45 本申请提供一种玻璃器件，其中，玻璃器件包含如前述的微晶玻璃或包含如前述的化学强化微晶玻璃。
本申请还提供一种电子设备，其中，电子设备包括如前述的微晶玻璃或包括如前述的化学强化微晶玻璃。
- 50 有益效果：
本申请中，通过使含主要晶相为二硅酸锂的微晶玻璃，满足特定的组成和结构，尤其是满足特定的氧化物含量以及特定氧化物含量关系，不仅确保微晶玻璃具有了高本征强度和优异的光学性能，而且保证了微晶玻璃可通过化学强化的方式，制备获得具有高应力水平（如，具有高的CT_{LD}、|CT_{AV}|、DOL₀等）、优异抗变形能力的化学强化微晶玻璃。采用本申请微晶玻璃制得的化学强化微晶玻璃，作为电子设备显示屏的盖板玻璃，能够较好地克服现有技术中，玻璃内屏易因盖板玻璃变形挤压而发生失效的问题。
- 55

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本申请的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

图 1 为实施例 3 的基材玻璃的 DSC 曲线图。

图 2 为实施例 3 的微晶玻璃的 XRD 图谱。

图 3 为实施例 3 的微晶玻璃的透过率曲线图。

图 4 为实施例 3 的化学强化微晶玻璃的载荷变形曲线图。

5 图 5 为对比例 3 的化学强化微晶玻璃的载荷变形曲线图。

具体实施方式

在本文中所披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或值，这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说，各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间，以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围，这些数值范围应被视为在本文中具体公开。其中，术语“可选的”、“可选地”、“任选的”均是指可以包括，也可以不包括（或可以有，也可以没有）。

10

名词解释和测试方法：

基材玻璃：未被核化处理、晶化处理以及强化处理的玻璃，或也称基础玻璃。

微晶玻璃：又称玻璃陶瓷，是通过对基材玻璃有目标地受控晶化而制备出的一类同时包含玻璃相和晶体相（或也称微晶相、结晶相）的固体复合材料。

15

化学强化微晶玻璃：指微晶玻璃经过化学强化处理后，得到的固体复合材料。进行高温化学强化处理时，熔盐盐浴中离子半径大的碱金属离子（如，钾离子或钠离子）会取代微晶玻璃中离子半径小的碱金属离子（如，钠离子或锂离子），从而产生交换离子体积差，在微晶玻璃表面产生压应力（或也称压缩应力）。

主晶相或主要晶相：是指具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量含量的晶相。

主表面：是指玻璃砖或玻璃片中表面积最大的面，如盖板玻璃的上表面或下表面。

20

结晶度：是指微晶玻璃中晶相或晶体的总质量占微晶玻璃质量的百分比，或也称微晶玻璃中的晶相总含量。

折射率：折射率指光在真空中的传播速度与光在该介质中的传播速度之比。

透过率：一定波长的光照射到玻璃表面，光会发生反射、吸收和透过，其中透过部分的强度与入射光强度的比值即为透过率。

25

SOC：光弹性系数。光弹性主要是指透明材料在受力后，出现各向异性产生双折射现象。通过光弹性系数以及双折射测量，可以获得材料内部残余应力（单位为 MPa）的值。

CT_LD：是指张应力线密度，单位为 MPa/mm。应理解的是，微晶玻璃被置于熔融盐浴中进行离子交换后，微晶玻璃表面会形成压缩应力层（或也称压应力层），微晶玻璃内部则会形成张应力层（或也称拉伸应力层）。示例性地，在化学强化时，熔融盐浴中半径大的碱金属离子与微晶玻璃中半径小的碱金属离子进行离子交换，进而在微晶玻璃表面形成压缩应力层，并在微晶玻璃内部形成张应力层。本申请中通过下述公式计算得到 CT_LD：

$$CT_LD = |CT_AV| \times \frac{(1000 \times t - 2 \times DOL_0)}{t}$$

30

其中，t 为化学强化微晶玻璃的厚度，单位为 mm；DOL_0 为化学强化微晶玻璃的压缩应力层深度，单位为 μm ；|CT_AV| 为化学强化微晶玻璃的平均张应力的绝对值，单位为 MPa。应理解的是，张应力线密度的计算公式中，是按上述单位要求将数据代入进行计算，并获得计算结果，单位不参与计算。

35

|CT_CV|：是指最大张应力的绝对值，单位为 MPa，具体指张应力层所有张应力中的最大值的绝对值，由 SLP-2000 应力仪测试获得。

|CT_AV|：是指平均张应力的绝对值，单位为 MPa，具体指张应力层中所有张应力的平均值的绝对值，由 SLP-2000 应力仪测试获得。

DOL_0：是指压缩应力层深度，或称为压应力层深度，具体指从化学强化微晶玻璃任一主表面到接近该表面的压应力为零的位置的距离，由 SLP-2000 应力仪测试获得。

40

b 值：用于表征材料的黄蓝值。本申请中的光学 b 值为透射光 b 值，光学 b 值为正表示材料偏蓝色。

维氏硬度：维氏硬度是指英国史密斯（Robert L.Smith）和塞德兰德（George E.Sandland）于 1921 年在维克斯公司（Vickers Ltd）提出的表示材料硬度的一种标准。

析晶上限温度：析晶上限温度指基材玻璃产生析晶的最高温度，高于这个温度，基材玻璃不会析出晶体。

45

玻璃的厚度：由千分尺测试得到。应理解的是，在厚度方向，离子交换程度由表面至中心呈梯度变化，而总体 Na-K 和/或 Li-Na 的交换量增量（质量）一般不超过样品总质量的 1.5%，故而在厚度方向上的膨胀效应极其轻微，可近似认为厚度基本没有变化。也即，化学强化前后，微晶玻璃的厚度变化非常小，可以忽略不计。

玻璃片尺寸规格测量：采用二次元测量机（仪器型号为 Miyu MY-YXCL-4030）测试。

50

XRD 测试：将本申请微晶玻璃或化学强化微晶玻璃粉碎，研磨成粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的样品，利用 X 射线衍射仪对研磨所得样品进行测试，得到 XRD 衍射峰曲线和 XRD 衍射数据。本申请中采用的 X 射线衍射仪为岛津 XRD-6100， $2\theta=10^\circ-60^\circ$ ，扫描速度为 $0.2^\circ/\text{min}$ ，工作电压为 40kV，工作电流为 30mA。

晶相的确定：利用 Jade 软件（JADE Standard 8.6）分析 XRD 衍射数据，确定样品中的晶相组成。

结晶度的确定：将 XRD 的测试结果（RAW 格式）导入 X 射线衍射数据 Rietveld 精修软件 Jade 中进行拟合、计算，即可确定样品的结晶度。具体地，拟合的晶相峰面积与拟合的全部峰面积的比值记为样品的结晶度。

55

平均晶体尺寸的确定：采用 XRD 测试得到的结果数据，根据 Scherrer 公式 $D=K\lambda/(\beta\cos\theta)$ ，可以计算出样品的平均晶体尺寸。其中， λ 为 X 射线波长， $\lambda=0.154056\text{nm}$ ， β 为衍射峰半高宽， $K=0.89$ ， θ 为布拉格衍射角。具体地，将 XRD 仪器输出的 RAW 格式的文件在 Jade 软件中进行曲线拟合，Jade 输出拟合报告，根据拟合报告中每个衍射峰

对应的角度 2θ 值和 Peak FWHM 值, 将 Peak FWHM 值转化为弧度制: $\beta = (\text{FWHM}/180 \times 3.14)$, 通过 Scherrer 公式 $D = K\lambda/(\beta \cos\theta)$ 计算出每个衍射峰的晶体尺寸后进行平均, 得到样品中的平均晶体尺寸。

透过率及光学 b 值的测试: 参考国家标准《GB/T 7962.12-2010 无色光学玻璃测试方法 第 12 部分: 光谱内透射比》, 采用雾度仪测试本申请微晶玻璃的透过率和光学 b 值。具体地, 利用雾度仪测试同一批次 5 片微晶玻璃对不同波长的光的透过率及光学 b 值。取 5 片微晶玻璃所测得的光学 b 值的平均值, 作为微晶玻璃的光学 b 值结果。取 5 片微晶玻璃所测得的在 550nm 波长光下的透过率的平均值, 作为微晶玻璃在 550nm 波长光下的透过率结果。其中, 本申请测试所采用的雾度仪为日本柯尼卡美能达分光测色计 CM-3600A, 受光光学系为透射, 分光方式为平面回折光栅, 波长范围为 360nm-740nm, 波长间距为 10nm, 照明光源为脉冲氙灯 $\times 4$, 仪器放置的环境温度为 24°C , 空气湿度为 40%。

密度: 本申请采用日本 ALFA MIRAGE 的电子密度天平 SD-200L 测试微晶玻璃的密度。

折射率: 本申请采用 WYA-2WAJ 型阿贝折射仪测定微晶玻璃的折射率。

膨胀软化点温度: 将样品制成直径为 5.5mm、长度为 20mm 的圆柱, 使用热膨胀仪 LINSEIS L75VD1000 对样品进行测试, 测试输出热膨胀系数测试曲线, 当曲线开始随温度上升呈下降趋势, 取曲线呈下降趋势的起始点对应温度, 记为该样品的膨胀软化点温度。

杨氏模量: 采用 UMS-100 超声材料表征系统, 通过声波测试微晶玻璃的杨氏模量。

析晶上限温度: 将基材玻璃敲碎成小块, 然后放入长条石英槽中并铺满。将型号为 JKZC-XJY01 的梯度炉设定温度区间, 如 1050°C - 1225°C 的温度区间, 每段温度区间由高到低取至少 6 个温度点。待梯度炉达到预设温度区间后, 将放有样品的长条石英槽放入梯度炉中, 使 6 个温度点分别对应到长条石英槽中 6 处位置的玻璃样品, 将长条石英槽置于梯度炉内恒温保温 60-70min 后, 再将长条石英槽取出。用显微镜或放大镜观察长条石英槽中不同位置的玻璃样品情况, 如果玻璃样品出现失透、发雾, 则判定该处玻璃样品析晶, 如果玻璃样品为透明, 则判定该处玻璃样品未析晶。析晶上限温度范围在透明样品对应的温度点与相邻的失透或发雾样品对应温度点之间, 取两温度点的平均值记为析晶上限温度。如果在梯度炉设定的温度区间内, 长条石英槽内的玻璃样品全部析晶或全部不析晶, 则重新设定梯度炉的温度区间, 进行玻璃样品析晶上限温度的测定。

维氏硬度的测试: 将化学强化微晶玻璃制成长宽厚为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 的小片, 并选择表面洁净, 且无肉眼可见的划伤、凹坑及裂纹等损伤的玻璃样片, 作为测试样品, 然后使用维氏硬度计测量其维氏硬度。本申请测试所采用的维氏硬度计为北京科威科技有限公司的型号为 VTD405 的数显小负荷维氏硬度计。测试条件: 载荷 300gf, 负载时间 10s, 压痕的有效性符合《GB/T 37900-2019 超薄玻璃硬度和断裂韧性试验方法 小负荷维氏硬度压痕法》标准。在同一片测试样品表面选择 3 个不同位置进行测量, 并取 3 次测量结果的平均值, 记为测试样品的维氏硬度结果。

同步热分析测试: 将基材玻璃粉碎后, 研磨并过 200 目筛分, 得到样品, 然后称取 20mg 左右的样品, 采用差热分析仪器, 在氮气的保护氛围下, 以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率从室温加热到 1100°C , 以获得样品的 DSC 测试曲线。本申请采用的差热分析仪器为梅特勒-托利多 TGA/DSC3+ 热重及同步热分析仪, 测试所用标准物为 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 粉末, 放置样品的容器为铂金坩埚, 仪器放置的环境温度为 24°C , 空气湿度 $\leq 40\%$ 。

应力测试: 本申请中, 采用 SLP 2000 应力仪, 测试化学强化微晶玻璃的 $[\text{CT_CV}]$, $[\text{DOL_0}]$, $[\text{CT_AV}]$ 。应力仪的相关参数设置: 光源波长为 518nm, SOC (光弹系数) 设置为 25.5, 折射率根据待测样品的折射率值进行设置, 曝光时间: 300 μsec 。再通过前述张应力线密度的计算公式, 计算出化学强化微晶玻璃的张应力线密度 (CT_LD) 值。

变形量的测试: 以单体强度测试方法进行测试, 具体地, 将化学强化微晶玻璃置于拉力试验机 (LT 850A) 底环上, 使压杆的圆头部分与化学强化微晶玻璃的主表面中心处接触, 设置压杆移动速度为 50mm/min, 启动测试软件, 点击开始测试, 通过测试软件记录施加的载荷及对应的变形量的曲线, 读取 10kgf 载荷时, 化学强化微晶玻璃的变形量, 这里的变形量指的是, 化学强化微晶玻璃主表面受力点位置向受力方向所发生的位移。本测试方法采用的压杆为直径 10mm 的金属压杆, 压杆的圆头为直径 10mm 的半球。

发生一定量变形时, 所承受的载荷的测试: 这里的“所承受的载荷”指的是, 化学强化微晶玻璃主表面沿受力方向发生相应形变量所需要施加在受力点位置的载荷。

“所承受的载荷”的测试方法与变形量的测试方法相同, 以单体强度测试方法进行测试, 具体地, 将化学强化微晶玻璃置于拉力试验机 (LT 850A) 底环上, 使压杆的圆头部分与化学强化微晶玻璃的主表面中心处接触, 设置压杆移动速度为 50mm/min, 启动测试软件, 点击开始测试, 通过测试软件记录施加的载荷及对应的变形量的曲线, 读取化学强化微晶玻璃样品变形量为 0.40mm 时, 所需要施加的载荷, 记为变形量为 0.40mm 时, 化学强化微晶玻璃的主表面中心处“所承受的载荷” (或也可称变形时, 抵消的载荷)。本测试方法采用的压杆为直径 10mm 的金属压杆, 压杆的圆头为直径 10mm 的半球。

不受限于任何理论, 推测玻璃变形的过程其实就是抵消应力的过程, 当盖板玻璃受力发生一定变形时, 所抵消的应力越大, 那么受到同等冲击下, 传递到玻璃内屏的力就会越小, 也即, 玻璃内屏所承受的压力就越小, 越利于避免玻璃内屏出现失效的问题。同样地, 当盖板玻璃承受一定的力时, 发生的变形量越小, 其越不易挤压到玻璃内屏, 进而也越不易导致玻璃内屏出现失效的问题。

有鉴于此, 本申请中, 提供一种具有高机械强度、优异光学性能和优异抗变形能力且主要晶相为二硅酸锂的微晶玻璃、化学强化微晶玻璃及其应用。本申请所提供的微晶玻璃能够在化学强化后获得具有高应力水平的化学强化微晶玻璃。

如上, 本申请的一些实施方式中, 提供了一种微晶玻璃, 微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相, 其中二硅酸锂晶相具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数; 以氧化物的摩尔百分比计, 微晶玻璃的组成包括:

SiO_2 : 55.00mol%-65.00mol% , Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol% , P_2O_5 : 1.00mol%-3.00mol% , ZrO_2 : 2.00mol%-6.00mol% , MgO : 0.00mol%-2.00mol% , ZnO : 0.00mol%-2.00mol% , Na_2O : 0.00mol%-3.00mol% , K_2O : 0.00mol%-1.00mol% , Li_2O : 27.00mol%-32.00mol% , CaO : 0.00mol%-5.00mol% , B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol% , SrO : 0.00mol%-2.00mol% ;

5 以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,微晶玻璃的组成满足: $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.40$ 。

本申请中,通过优化玻璃配方,如,在较高含量的锂下,采用较高含量的锆、采用较低含量的铝,等等,同时使各组成成分之间满足特定的含量关系,使各组成成分之间发挥相互作用,一方面,有利于确保析出期望含量的二硅酸锂晶相,限制其他晶相(如,透锂长石晶相)的析出,从而有助于确保获得具有高本征强度和优异光学性能的、以二硅酸锂为主要晶相的微晶玻璃,另一方面,有利于保证微晶玻璃满足特定的组成和结构,从而确保其经过

10 化学强化后,制备获得具有高应力水平和优异抗变形能力的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计算,微晶玻璃中, $\text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}$ 的值例如可以为2.00、2.01、2.02、2.05、2.06、2.07、2.08、2.09、2.10、2.11、2.12、2.13、2.14、2.15、2.16、2.17、2.18、2.19、2.20、2.25、2.30或2.40,或者可以为处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要

15 能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。采用满足该关系式的组成,利于降低微晶玻璃中的晶体尺寸,有利于使微晶玻璃的光学性能得到提升;同时,有利于保证主要晶相二硅酸锂晶体的析出,并能有效降低其他晶相(如,透锂长石晶体)的析出,有利于确保微晶玻璃获得较高本征强度,也有利于使微晶玻璃在化学强化后获得高的应力水平。

在本申请中, SiO_2 为玻璃网络的形成体氧化物,是构成玻璃网络结构不可或缺的组分。同时, SiO_2 作为二硅酸锂($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$)晶相的重要组成部分,也是必不可少的。适当提高 SiO_2 的含量可以增加玻璃的结构稳定性和机械强度,同时保证析出期望含量的二硅酸锂晶相。但过量的 SiO_2 会增加基材玻璃的粘度,使得玻璃熔制难度加大,从而降低

20 基材玻璃的可成型性。因此,为了确保较好的成形和晶化效果,对 SiO_2 的摩尔百分比控制在55.00mol%-65.00mol%,可选地, SiO_2 摩尔百分比在60.00mol%-65.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含55.00mol%-65.00mol%、58.00mol%-64.00mol%、60.00mol%-65.00mol%、61.00mol%-64.00mol%、60.50mol%-64.00mol%、61.50mol%-63.50mol%、62.00mol%-64.00mol%、63.00mol%-64.00mol%或63.00mol%-65.00mol%的 SiO_2 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含55.00mol%、56.00mol%、57.00mol%、58.00mol%、59.00mol%、60.00mol%、61.00mol%、62.00mol%、63.00mol%、64.00mol%、62.55mol%、62.58mol%、61.82mol%、61.72mol%、61.87mol%、61.76mol%、62.59mol%、61.15mol%、61.25mol%、61.06mol%、63.17mol%、62.77mol%、63.39mol%、63.17mol%、63.16mol%、62.01mol%或65.00mol%的 SiO_2 ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 SiO_2 ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能

25 得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, Al_2O_3 作为可选组分,适量 Al_2O_3 的添加有助于稳定玻璃网络结构,也有助于一定程度上促进化学强化过程中离子的交换,但是过量的 Al_2O_3 会造成玻璃粘度的增加,同时易导致其他晶相的析出,如透锂长石等,会降低二硅酸锂晶相的含量,影响二硅酸锂的互锁结构。因此,对 Al_2O_3 的摩尔百分比控制在0.00mol%-2.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%-2.00mol%、0.00mol%-1.60mol%、0.00mol%-1.00mol%、0.50mol%-1.60mol%、0.50mol%-1.00mol%、0.00mol%-0.50mol%、1.20mol%-1.60mol%、0.00mol%-1.30mol%、0.00mol%-1.20mol%或1.00mol%-2.00mol%的 Al_2O_3 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85mol%、0.95mol%、1.00mol%、1.10mol%、1.20mol%、1.30mol%、1.40mol%、1.50mol%、1.60mol%、1.80mol%、1.55mol%、1.38mol%、1.41mol%、1.37mol%、1.39mol%、1.43mol%、1.23mol%、1.42mol%或2.00mol%的 Al_2O_3 ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 Al_2O_3 ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, P_2O_5 作为成核剂,是必不可少的组分,其含量过少或者过多时,都会导致晶化效果不好,影响获得的微晶玻璃的光学性能,如,导致微晶玻璃的透明性降低,故,对 P_2O_5 的摩尔百分比控制在1.00mol%-3.00mol%,可选地,为1.50mol%-2.50mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含1.00mol%-3.00mol%、1.50mol%-3.00mol%、1.60mol%-2.80mol%、1.50mol%-2.50mol%、1.60mol%-2.10mol%、1.70mol%-2.20mol%、1.50mol%-1.60mol%、1.70mol%-3.00mol%、1.60mol%-2.50mol%、1.70mol%-2.30mol%、1.80mol%-2.00mol%、2.00mol%-3.00mol%、1.80mol%-1.90mol%、1.60mol%-1.90mol%、1.70mol%-1.90mol%、1.75mol%-1.95mol%或1.50mol%-2.00mol%的 P_2O_5 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含1.00mol%、1.20mol%、1.50mol%、1.70mol%、1.75mol%、1.80mol%、1.85mol%、1.95mol%、2.00mol%、2.10mol%、2.20mol%、2.30mol%、2.40mol%、2.50mol%、2.60mol%、2.80mol%、2.06mol%、1.87mol%、1.88mol%、1.86mol%、1.83mol%、1.89mol%、1.74mol%、1.51mol%或3.00mol%的 P_2O_5 ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 P_2O_5 ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, ZrO_2 是玻璃形成的中间体氧化物,主要作为成核剂和增韧剂,起到减小晶粒尺寸和增加微晶玻璃韧性的作用,但是当其含量过高时,会导致基材玻璃的熔制难度增大,如导致基材玻璃中出现大量白色沉淀物,不利于获得光学性能优异的微晶玻璃。因此,对 ZrO_2 的摩尔百分比控制在2.00mol%-6.00mol%,可选地,为

3.20mol%-6.00mol%。

5 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 2.00mol%-6.00mol%、2.30mol%-5.80 mol %、2.50mol%-5.50 mol %、2.80mol%-5.30 mol %、2.90mol%-5.10 mol %、3.00mol%-5.50 mol %、3.10mol%-4.80 mol %、4.80mol%-6.00 mol %、4.00mol%-6.00 mol %、3.20mol%-5.30 mol %、3.50mol%-5.00 mol %、3.50mol%-5.80 mol %、4.00mol%-5.00 mol %或 3.20mol%-6.00 mol %的 ZrO_2 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 2.00mol%、2.30mol%、2.50mol%、2.70 mol %、2.90 mol %、3.00 mol %、3.10 mol %、3.30 mol %、3.50 mol %、4.00mol%、4.50mol%、5.00mol%、5.50mol%、5.80mol%、2.58mol%、4.68mol%、4.66mol%、4.61mol%、3.16mol%、3.72mol%、4.21mol%、4.57mol%、5.10mol%、5.54mol%、4.72mol%、2.18mol%、2.36mol%、3.31mol%、4.63mol%或 6.00 mol %的 ZrO_2 ,或者可包含处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 ZrO_2 ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

10 在本申请中, CaO 作为玻璃形成的网络外体氧化物的可选组分。适量的 CaO 有助于降低玻璃的高温粘度,增加玻璃的密度,有利于玻璃成型,同时能够增强网络结构,使化学强化过程的应力收益得到增强。但是过量的 CaO 会导致玻璃的结晶度急剧下降,本征强度受到影响。因此,对 CaO 的摩尔百分比控制在 0.00mol%-5.00mol%。

15 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%-5.00mol%、0.10mol%-4.00mol%、0.00mol%-2.50mol%、0.50mol%-3.80mol%、0.00mol%-4.00mol%、0.80mol%-2.00mol%、0.00mol%-1.60mol%、0.00mol%-1.00mol%、1.50mol%-4.00mol%、0.00 mol %-2.00 mol %、1.00 mol %-4.00 mol %或 0.10 mol %-5.00 mol %的 CaO 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%、0.10mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.95 mol %、1.00 mol %、1.10 mol %、1.20 mol %、1.30 mol %、1.40 mol %、1.50 mol %、1.60mol%、1.80mol%、2.00mol%、2.50mol%、3.00mol%、4.00mol%、3.72mol %、0.94mol %、0.92mol %、0.93mol %、1.83mol %、2.67mol %或 5.00mol%的 CaO ,或者可包含处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 CaO ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

20 在本申请中, Li_2O 作为必要成分,是玻璃形成的网络外体氧化物,其不仅能够提供游离氧,改善玻璃的粘度,促进玻璃液的熔化和澄清,而且是形成二硅酸锂晶体的主要成分之一,同时, Li_2O 还能够提供碱金属锂离子,用于与熔融盐浴的大半径离子进行离子交换,是影响化学强化微晶玻璃可获得的应力水平的一大重要因素。但过量的 Li_2O 可能导致玻璃结晶过程稳定性变差,甚至析出其他不期望的晶相,使微晶玻璃的光学性能变差。因此,对 Li_2O 的摩尔百分比控制在 27.00mol%-32.00mol%,可选地,为 28.00mol%-31.00mol%。

25 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 27.00mol%-32.00mol%、27.50 mol %-31.00 mol %、27.00 mol %-30.00 mol %、27.50 mol %-29.50 mol %、28.00mol%-31.00 mol %、28.50mol%-31.00 mol %、29.00mol%-30.50 mol %或 29.50mol%-32.00 mol %的 Li_2O 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 27.00 mol %、27.50 mol %、28.00 mol %、28.50mol %、29.00 mol %、29.50mol %、30.00 mol %、30.50 mol %、31.00 mol %、31.50 mol %、27.54mol %、28.59mol %、29.52mol %、29.08mol %、29.80mol %、29.93mol %、29.30mol %、31.51mol %、30.22mol %、29.66mol %、29.25mol %或 32.00 mol %的 Li_2O ,或者可包含处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 Li_2O ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

30 在本申请中, MgO 作为可选组分,适量的 MgO 可起到调节微晶玻璃中玻璃相成分的作用,但是过量 MgO 会影响晶体的生长,影响微晶玻璃的晶相结构,故,控制 MgO 摩尔百分比在 0.00mol%-2.00mol%。

35 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%-2.00mol%、0.00mol%-1.60mol%、0.50mol%-1.60mol%、0.80mol%-1.50mol%、0.00mol%-1.00mol%、0.00mol%-0.50mol%、0.10 mol %-1.10 mol %、0.10 mol %-1.50 mol %或 0.00mol %-1.40 mol %的 MgO 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.95 mol %、1.00 mol %、1.10 mol %、1.20 mol %、1.30 mol %、1.34mol %、1.40 mol %、1.50 mol %、1.60mol%、1.80mol%或 2.00mol%的 MgO ,或者可包含处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 MgO ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

40 在本申请中, ZnO 作为网络中间体,是可选组分之一。适量的 ZnO 可结合游离氧,调节玻璃结构,并可残留在微晶玻璃的玻璃相中,增加玻璃粘度,但是过量的 ZnO 会影响晶体的生长,影响微晶玻璃的晶相结构,故,控制 ZnO 摩尔百分比在 0.00mol%-2.00mol%。

45 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%-2.00mol%、0.00mol%-1.70mol%、0.50mol%-1.60mol%、0.80mol%-1.50mol%、0.00mol%-1.00mol%、0.00mol%-0.50mol%、0.10 mol %-1.10 mol %、0.10 mol %-1.50 mol %或 0.00mol %-1.40 mol %的 ZnO 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.95 mol %、1.00 mol %、1.10 mol %、1.20 mol %、1.30 mol %、1.40 mol %、1.50 mol %、1.60mol%、1.67mol%、1.80mol%或 2.00mol%的 ZnO ,或者可包含处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 ZnO ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

50 在本申请中, Na_2O 作为可选组分,是网络外体氧化物。适量 Na_2O 可提供游离氧,改善玻璃的粘度,促进玻璃液的熔化和澄清,同时还能调节化学强化速率,但是过量的 Na_2O 不仅会导致微晶玻璃的结晶度降低,而且还会影响化学强化效果,故,控制 Na_2O 摩尔百分比在 0.00mol%-3.00mol%。

55 在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含 0.00mol%-3.00mol%、0.00mol%-2.80mol%、0.00mol%-1.00mol%、

0.10mol%-2.70mol%、0.50mol%-1.60mol%、0.60mol%-1.00mol%、2.50mol%-3.00mol%或0.00 mol %-0.50 mol %的 Na_2O 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.95 mol %、1.00 mol %、1.10 mol %、1.20 mol %、1.30 mol %、1.40 mol %、1.50 mol %、1.60mol%、1.80mol%、2.00mol%、2.50mol%、2.60mol%或3.00mol%的 Na_2O ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 Na_2O ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, K_2O 为玻璃网络外体氧化物,是可选组分之一。适量 K_2O 能够提供游离氧,使玻璃结构中的氧硅比增加,但过多的 K_2O 会影响玻璃的网络结构,影响玻璃的光学性能、热稳定性、化学稳定性、机械强度以及玻璃的耐候性。故,控制 K_2O 摩尔百分比在0.00mol%-1.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%-1.00mol%、0.50mol%-1.00mol%、0.00mol%-0.50mol%、0.85 mol %-1.00 mol %或0.00 mol %-0.15mol %的 K_2O 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%、0.15mol %、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.92 mol %、0.95 mol %或1.00 mol %的 K_2O ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 K_2O ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, B_2O_3 作为可选组分,适量 B_2O_3 可用作助熔剂和/或软化剂,有助于改善玻璃的成型和热弯效果,但是过量的 B_2O_3 会导致析晶过程不可控,导致微晶玻璃的光学性能变差,故,控制 B_2O_3 摩尔百分比在0.00mol%-1.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%-1.00mol%、0.00mol%-0.50mol%、0.50mol%-1.00mol%、0.10mol%-0.85mol%、0.85 mol %-1.00 mol %或0.25mol %-0.75 mol %的 B_2O_3 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%、0.10mol%、0.25mol%、0.50mol%、0.60mol%、0.65mol%、0.70mol%、0.75mol%、0.85 mol %、0.95 mol %或1.00 mol %的 B_2O_3 ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 B_2O_3 ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请中, SrO 作为可选组分,是碱土金属氧化物。适量 SrO 可起到调节微晶玻璃中玻璃相成分的作用,有助于增加微晶玻璃的密度,增加其杨氏模量。同时也利于降低微晶玻璃的膨胀软化点,进而利于微晶玻璃热弯成型为3D曲面微晶玻璃。但过量的 SrO 会使微晶玻璃的光学性能变差,因此,将 SrO 的摩尔百分比控制在0.00mol%-2.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%-2.00mol%、0.10mol%-2.00mol%、0.00mol%-1.00mol%、0.10mol%-1.00mol%、0.30mol%-1.90mol%、0.40mol%-1.20mol%、1.20mol%-2.00mol%、0.00mol%-0.30mol%、0.85 mol %-1.40 mol %、0.85 mol %-1.90 mol %、0.50mol %-1.20 mol %或1.00 mol %-2.00 mol %的 SrO 。在一些实施方式中,微晶玻璃中,可包含0.00mol%、0.30mol%、0.46mol%、0.50mol%、0.70mol%、0.85 mol %、0.92mol%、0.95 mol %、1.00 mol %、1.10 mol %、1.20 mol %、1.30 mol %、1.40 mol %、1.50 mol %、1.60mol%、1.80mol%、1.83mol%或2.00mol%的 SrO ,或者可包含处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的 SrO ,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,微晶玻璃的组成包括: SiO_2 :60.00mol%-65.00mol%, Al_2O_3 :0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 :1.50mol%-3.00mol%, ZrO_2 :2.00mol%-6.00mol%, MgO :0.00mol%-2.00mol%, ZnO :0.00mol%-2.00mol%, Na_2O :0.00mol%-3.00mol%, K_2O :0.00mol%-1.00mol%, Li_2O :27.00mol%-32.00mol%, CaO :0.00mol%-4.00mol%, B_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, SrO :0.00mol%-2.00mol%。通过使微晶玻璃满足上述组成,不仅能够赋予微晶玻璃高本征强度和优异的光学性能,还能够保证其化学强化效果,确保微晶玻璃在化学强化后获得较高的应力水平,进而获得较高的机械强度性能和优异的抗变形能力。

在一些实施方式中,本申请微晶玻璃的组成在上述组成范围的基础上,还可以包括其他组分。例如,在一些具体实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,微晶玻璃的组成还包括: Y_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 :0.00mol%-1.00mol%。

在本申请中,适量的选择性加入 Y_2O_3 、 La_2O_3 或 Ta_2O_5 ,有助于提高微晶玻璃的密度,增加其杨氏模量,但同时也有可能增加微晶玻璃的折射率,使微晶玻璃的光学性能降低,故,控制 Y_2O_3 、 La_2O_3 或 Ta_2O_5 摩尔百分比在0.00mol%-1.00mol%。

在一些实施方式中,微晶玻璃中, Y_2O_3 、 La_2O_3 或 Ta_2O_5 摩尔百分比可以为0.00mol%、0.10mol%、0.20mol%、0.30mol%、0.40mol%、0.46mol%、0.50mol%、0.53mol%、0.60mol%、0.70mol%、0.75mol%、0.80mol%、0.85 mol %、0.90mol%、0.95 mol %或1.00 mol %,或者可以为处于上述任意2个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,微晶玻璃的组成包括: SiO_2 :60.50mol%-64.00mol%, Al_2O_3 :0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 :1.50mol%-2.50mol%, ZrO_2 :3.20mol%-6.00mol%, MgO :0.00mol%-2.00mol%, ZnO :0.00mol%-2.00mol%, Na_2O :0.00mol%-1.00mol%, K_2O :0.00mol%-1.00mol%, Li_2O :28.00mol%-31.00mol%, CaO :0.00mol%-2.50mol%, B_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, SrO :0.00mol%-2.00mol%, Y_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 :0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 :0.00mol%-1.00mol%。通过使微晶玻璃满足上述组成,有利于制备获得应力水平高的化学强化微晶玻璃,进而有利于确保制备的化学强化微晶玻璃具有优异的机械强度性能和抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.96$ 。采用满足该关系式的组成，利于保证微晶玻璃中析出期望含量的二硅酸锂晶体，并能有效降低其他晶体（如，透锂长石晶体）的析出，有利于确保微晶玻璃获得较高本征强度和光学性能，也有利于使微晶玻璃在化学强化后获得高的应力水平，同时，还利于保证基材玻璃在热处理制备微晶玻璃时不失透，或者保证基材玻璃在熔制过程中不失透。在一些实施方式中， $\text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O}$ 的值例如可以为 0.900、0.904、0.905、0.910、0.915、0.920、0.925、0.930、0.935、0.940、0.945、0.950 或 0.960，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \leq 0.030$ 。通过调整 Al_2O_3 与 SiO_2 的含量关系，在稳定玻璃网络结构的同时，利于确保形成期望的晶相结构，也有利于使微晶玻璃在化学强化后获得高的应力水平，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 的值例如可以为 0、0.005、0.010、0.015、0.020、0.025 或 0.030，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.31 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.50$ ，可选地， $0.32 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.20$ ，进一步可选地， $0.36 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.10$ 。通过使 CaO 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 这些对玻璃结构有增强或增韧效果的组分之间满足特定含量关系，有利于更好地发挥各组分的作用，从而保证微晶玻璃的高本征强度和其强化后的高应力水平，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $\text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ 的值例如可以为 0.31、0.32、0.34、0.36、0.37、0.33、0.83、0.77、0.67、0.69、0.62、0.75、0.59、0.79、0.80、1.00、0.35、0.66、0.50、0.70、0.40、0.60、0.90、1.10、1.20、1.30、1.40 或 1.50，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.10 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.60$ ，可选地， $0.12 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.52$ ，进一步可选地， $0.16 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.50$ 。通过调整 ZrO_2 和 Li_2O 满足特定含量关系，利于在保证微晶玻璃形成期望晶相结构，并达到优异光学性能的同时，更好地发挥 ZrO_2 的成核和/或增韧作用，保证微晶玻璃具有高的本征强度，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $\text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O})$ 的值例如可以为 0.10、0.12、0.15、0.33、0.44、0.40、0.25、0.35、0.41、0.37、0.46、0.48、0.39、0.13、0.43、0.42、0.50、0.52、0.56 或 0.60，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $0.034 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.100$ ，可选地， $0.035 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$ ，进一步可选地， $0.055 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$ 。通过调整 ZrO_2 和 SiO_2 满足特定含量关系，利于在保证微晶玻璃形成期望晶相结构，并达到优异光学性能的同时，更好地发挥 ZrO_2 的增韧作用，保证微晶玻璃具有高的本征强度，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ 的值例如可以为 0.041、0.075、0.051、0.060、0.067、0.083、0.091、0.035、0.037、0.052、0.034、0.100、0.095 或 0.055，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.065$ ，可选地， $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.055$ ，进一步可选地， $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.050$ 。通过控制 CaO 和 Al_2O_3 的总含量满足特定要求，利于在发挥其增强效果的同时，避免影响微晶玻璃的析晶，从而确保微晶玻璃实现期望的晶相结构，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的值例如可以为 0.000、0.053、0.009、0.014、0.023、0.032、0.041、0.012、0.024、0.050、0.055 或 0.065，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足： $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.25$ ，可选地， $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.20$ ，进一步可选地， $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.14$ 。通过调整 CaO 、 Al_2O_3 、 Li_2O 满足特定含量关系，利于在发挥 CaO 和/或 Al_2O_3 增强效果的同时，保证微晶玻璃中析出期望含量的二硅酸锂晶相，从而确保微晶玻璃实现期望的晶相结构，进而利于保证微晶玻璃获得高机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中， $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O}$ 的值例如可以为 0.00、0.19、0.03、0.05、0.08、0.11、0.15、0.04、0.14、0.16、0.20 或 0.25，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是，在具体实施方式中，任意上述范围可以与任意其他范围相结合，只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计，微晶玻璃的组成还满足：

0.12 ≤ (ZrO₂-Na₂O) / (SiO₂-2×Li₂O) ≤ 6.40, 可选地, 0.14 ≤ (ZrO₂-Na₂O) / (SiO₂-2×Li₂O) ≤ 6.16, 进一步可选地, 0.50 ≤ (ZrO₂-Na₂O) / (SiO₂-2×Li₂O) ≤ 3.00。通过调整 ZrO₂、Na₂O、SiO₂ 及 Li₂O 满足特定含量关系, 利于更好地发挥各组分的作用, 利于使微晶玻璃获得高本征强度和优异光学性能, 也利于使微晶玻璃在化学强化后获得高应力水平和优异抗变形能力。在一些实施方式中, (ZrO₂-Na₂O) / (SiO₂-2×Li₂O) 的值例如可以为 0.12、0.35、0.87、2.08、1.72、0.15、1.55、2.63、2.73、1.03、0.28、6.15、0.86、1.21、6.20、6.38、0.14、6.16、0.50、6.40 或 3.00, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中, 以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计, 微晶玻璃的组成还满足: Na₂O/SiO₂ ≤ 0.05, 可选地, Na₂O/SiO₂ ≤ 0.04, 进一步可选地, Na₂O/SiO₂ ≤ 0.02。通过调整 Na₂O、SiO₂ 满足特定含量关系, 利于微晶玻璃在化学强化后获得高应力水平和优异抗变形能力。在一些实施方式中, Na₂O/SiO₂ 的值例如可以为 0.00、0.01、0.02、0.03、0.04 或 0.05, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃的密度 ρ ≥ 2.50g/cm³, 可选地, 微晶玻璃的密度 ρ 为 2.50g/cm³~2.75g/cm³。在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃的折射率 ≤ 1.60。满足该密度和/或折射率的微晶玻璃, 能够确保具有较高本征强度和优异光学性能。

在一些实施方式中, 微晶玻璃的密度 ρ 可以为 2.50g/cm³、2.54g/cm³、2.55g/cm³、2.56g/cm³、2.57g/cm³、2.58g/cm³、2.59g/cm³、2.60g/cm³、2.61g/cm³、2.62g/cm³、2.63g/cm³、2.64g/cm³、2.65g/cm³、2.70g/cm³ 或 2.75g/cm³, 或可以为上述任意具体数值以上的数值, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在一些实施方式中, 微晶玻璃的折射率可以为 1.50、1.51、1.52、1.53、1.54、1.55、1.56、1.57、1.58、1.59 或 1.60, 或上述任意具体数值以下的数值, 或者处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃的结晶度为 30.00wt%-90.00wt%, 可选地, 结晶度为 50.00wt%-90.00wt%, 进一步可选地, 结晶度为 65.00wt%-90.00wt%。较高含量的晶相有利于提高微晶玻璃的机械强度性能, 同时保证微晶玻璃的优异光学性能。在一些实施方式中, 微晶玻璃的结晶度可以为 30.00wt%-90.00wt%、45.00wt%-85.00wt%、50.00wt%-90.00wt%、55.00wt%-85.00wt%、60.00wt%-85.00wt%、65.00wt%-90.00wt%、70.00wt%-90.00wt% 或 68.00wt%-85.00wt%。在一些实施方式中, 微晶玻璃的结晶度可以为 30.00wt%、35.00wt%、40.00wt%、45.00wt%、50.00wt%、55.00wt%、60.00wt%、65.00wt%、70.00wt%、75.00wt%、80.00wt%、85.00wt% 或 90.00wt%, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中, “主要晶相为二硅酸锂”或者“二硅酸锂晶相具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数”等类似表述指的是, 二硅酸锂晶相占了根据本申请实施方式的微晶玻璃的所有晶相的大于约 70 重量百分比(重量%)。

在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃中其他可能的晶相的非限制性例子包括: 透锂长石晶相, 和/或, 磷酸锂晶相。在一些实施方式中, 微晶玻璃中还包含透锂长石晶相, 可选地, 透锂长石晶相占微晶玻璃的重量百分比小于或等于 20%, 进一步可选地, 透锂长石晶相占微晶玻璃的重量百分比可以为小于或等于 15%、小于或等于 10% 或小于或等于 5%。通过控制其他晶相的析出, 更利于保证二硅酸锂形成期望的互锁结构, 进而保证微晶玻璃获得高机械强度性能、优异光学性能和优异抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃中, 平均晶体尺寸 ≤ 100nm, 可选地, 平均晶体尺寸 ≤ 50nm, 进一步可选地, 平均晶体尺寸为 15nm~45nm。满足较小的平均晶体尺寸, 有利于保证微晶玻璃具有优异的光学性能。在一些实施方式中, 平均晶体尺寸可以为 10nm~100nm、20nm~90nm、30nm~80nm、40nm~60nm、10nm~30nm、10nm~20nm、5nm~35nm、15nm~35nm 或 15nm~45nm。在一些实施方式中, 平均晶体尺寸可以为 5nm、10nm、15nm、20nm、25nm、30nm、35nm、40nm、45nm、50nm、55nm、60nm、70nm、80nm、90nm 或 100nm, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中, 微晶玻璃的杨氏模量 ≥ 100.00GPa, 可选地, 微晶玻璃的杨氏模量 ≥ 110.00GPa, 可选地, 微晶玻璃的杨氏模量 ≥ 110.00GPa, 进一步可选地, 微晶玻璃的杨氏模量为 114GPa~130GPa。具有较高的杨氏模量, 表明该微晶玻璃具有较高本征强度, 有利于其获得较高的机械强度性能和优异抗变形能力。在一些实施方式中, 微晶玻璃的杨氏模量可以为 100.00GPa~150GPa、105.00GPa~140GPa、110.00GPa~130GPa、114GPa~130GPa 或 114.00GPa~125GPa。在一些实施方式中, 微晶玻璃的杨氏模量可以为 100.00GPa、105.00GPa、110.00GPa、114.00GPa、115.00GPa、120.00GPa、125.00GPa、130.00GPa、140.00GPa 或 150.00GPa, 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中,在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时,微晶玻璃的 b 值 ≤ 1.0 ,可选地, b 值 ≤ 0.8 。满足该光学 b 值的微晶玻璃,能够确保具有较优的光学性能和显示效果,适合用在对显示效果有要求的显示屏中。在一些实施方式中,在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时,微晶玻璃的 b 值可以为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 或 1.0,或可以为上述任意具体数值以下的数值,或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中,微晶玻璃在可见光范围内是透明的;在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时,对于 550nm 波长的光而言,微晶玻璃的透过率 $\geq 85.00\%$,可选地,微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ 。满足该透过率的微晶玻璃,能够确保具有较好的透光性,透明效果较好,适合用在对显示效果有要求的显示屏中。这里的“可见光范围”指 360nm-740nm 波段的光。

在一些实施方式中,在微晶玻璃为 0.5mm 厚度时,对于 550nm 波长的光而言,微晶玻璃的透过率可以为 85.00%、86.00%、87.00%、88.00%、89.00%、90.00%、90.50%、91.00%或 92.00%,或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

本申请的微晶玻璃透过率较高, b 值较低,这都表明本申请微晶玻璃的光学性能较优且均一性好,为透明状态,能够满足显示屏盖板玻璃的应用要求。

在本申请的一些实施方式中,微晶玻璃对应的基材玻璃的析晶上限温度在 1000~1100℃。满足该析晶上限温度范围,有利于实现产业化量产制造。

在本申请的一些实施方式中,微晶玻璃的膨胀软化点在 750℃~850℃,可选地,微晶玻璃的膨胀软化点为 750℃~830℃。适宜的膨胀软化点,有利于该微晶玻璃进行 3D 热弯成型,以制得具有高强度性能的 3D 曲面微晶玻璃。在一些实施方式中,微晶玻璃的膨胀软化点可以为 750℃、760℃、770℃、780℃、790℃、800℃、810℃、820℃、830℃、840℃或 850℃,或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值。应该理解的是,在具体实施方式中,任意上述范围可以与任意其他范围相结合,只要能得到本申请所需性能的微晶玻璃即可。

本申请中,微晶玻璃经过热弯处理后,可制备获得 3D 曲面微晶玻璃。当产品组成以氧化物的摩尔百分比计时,该 3D 曲面微晶玻璃的组成与微晶玻璃相同或基本相同。

本申请的微晶玻璃可通过基材玻璃经热处理制备得到,以氧化物的摩尔百分比计,采用的基材玻璃的组成与微晶玻璃的组成相同或基本相同。

本申请中,可以采用现有技术中的成型方法制备基材玻璃,本申请对此没有任何限制,例如,成型方式可以包括但不限于:浮法、溢流、压延或浇铸等。示例性的,可将各原料物质和澄清剂混合均匀(均匀度在 98%以上),熔融、成型后退火,制得基材玻璃,进一步的,工艺参数可以包括:熔融温度为 1480℃-1680℃,退火温度为 450℃-650℃,退火温度下保温 10h-48h。进一步的,澄清剂可以包括但不限于氯化钠、氧化锡、氧化锑或氧化砷等中的一种或多种,澄清剂添加量可以为各原料物质总量的 0-1wt%。

本申请中,对基材玻璃进行热处理以制备微晶玻璃时,热处理例如可以在晶化炉或退火炉中进行,热处理的方式可以包括但不限于,一步热处理、两步热处理或者多步热处理,例如,可以包括先核化处理再晶化处理的三步热处理。热处理的工艺条件可以包括但不限于:核化温度可以为 500℃-700℃,核化保温时间可以为 10min~1440min;晶化温度可以为 600℃-800℃,晶化保温时间可以为 5min~1440min;整个过程升温速率可以为 5℃/min-20℃/min,降温速率可以为 0.1℃/min-3℃/min。在热处理之后,本领域技术人员还可以进行其他常规步骤,以获得满足所需规格或所要求的微晶玻璃样品,例如可以进行切割处理、CNC 加工处理(computer numerical control,即数控机床)或抛光处理等步骤。

本申请中,还提供了一种化学强化微晶玻璃,其中,化学强化微晶玻璃的中心处的组成与前面的微晶玻璃的组成相同,化学强化微晶玻璃包含从化学强化微晶玻璃的表面延伸到压缩深度的压缩应力层区域,并且在化学强化微晶玻璃的内部具有张应力。

应理解的是,相较于化学强化前的微晶玻璃而言,在进行了化学强化之后,微晶玻璃制品的表面处的组成可能不同于化学强化前的微晶玻璃(未经过离子交换过程)的组成。这是由于,在进行化学强化时,刚形成的微晶玻璃(化学强化前的微晶玻璃)中,微晶玻璃表面处的一种类型的碱金属离子(例如, Li^+ 或 Na^+)会分别被较大的碱金属离子(例如, Na^+ 或 K^+)所替代。但是,在实施方式中,在微晶玻璃制品的深度中心处或者靠近深度中心处的玻璃组成和相集合,仍然会具有刚形成的微晶玻璃的组成和相集合。也就是说,本申请中,进行了化学强化的化学强化微晶玻璃的中心处的组成(如,张应力层的组成)和相集合,与刚形成的微晶玻璃相同或基本相同。

本申请中,化学强化微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相,其中二硅酸锂晶相具有比化学强化微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数;以氧化物的摩尔百分比计,化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括: SiO_2 : 55.00mol%-65.00mol%, Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 : 1.00mol%-3.00mol%, ZrO_2 : 2.00mol%-6.00mol%, MgO : 0.00mol%-2.00mol%, ZnO : 0.00mol%-2.00mol%, Na_2O : 0.00mol%-3.00mol%, K_2O : 0.00mol%-1.00mol%, Li_2O : 27.00mol%-32.00mol%, CaO : 0.00mol%-5.00mol%, B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, SrO : 0.00mol%-2.00mol%;

以氧化物的摩尔百分比表示的含量计,化学强化微晶玻璃的中心处的组成满足: $2.00\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.40$,可选地, $2.00\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.30$,进一步可选地, $2.02\leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}\leq 2.20$ 。

在本申请的一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比表示的含量计,化学强化微晶玻璃的中心处的组成还满足: $0.90\leq \text{SiO}_2+\text{Li}_2\text{O}\leq 0.96$;和/或, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2\leq 0.030$;和/或, $0.31\leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO}+\text{ZrO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)\leq 1.50$;和/或, $0.10\leq \text{ZrO}_2/(100\%-3\times \text{Li}_2\text{O})\leq 0.60$;和/或, $0.034\leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2\leq 0.100$;和/或, $\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3\leq 0.065$;和/或, $(\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O}\leq 0.25$;

和/或, $0.12 \leq (\text{ZrO}_2\text{-Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2\text{-}2 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 6.40$; 和/或, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 \leq 0.05$ 。

在本申请的一些实施方式中, 以氧化物的摩尔百分比计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括: SiO_2 : 60.00mol%-65.00mol%, Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 : 1.50mol%-3.00mol%, ZrO_2 : 2.00mol%-6.00mol%, MgO : 0.00mol%-2.00mol%, ZnO : 0.00mol%-2.00mol%, Na_2O : 0.00mol%-3.00mol%, K_2O : 0.00mol%-1.00mol%, Li_2O : 27.00mol%-32.00mol%, CaO : 0.00mol%-4.00mol%, B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, SrO : 0.00mol%-2.00mol%。

在本申请的一些实施方式中, 以氧化物的摩尔百分比计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成还包括: Y_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 : 0.00mol%-1.00mol%。

在本申请的一些实施方式中, 以氧化物的摩尔百分比计, 化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括: SiO_2 : 60.50mol%-64.00mol%, Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 : 1.50mol%-2.50mol%, ZrO_2 : 3.20mol%-6.00mol%, MgO : 0.00mol%-2.00mol%, ZnO : 0.00mol%-2.00mol%, Na_2O : 0.00mol%-1.00mol%, K_2O : 0.00mol%-1.00mol%, Li_2O : 28.00mol%-31.00mol%, CaO : 0.00mol%-2.50mol%, B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, SrO : 0.00mol%-2.00mol%, Y_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 : 0.00mol%-1.00mol%。

在本申请的一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $0.18t\text{-}0.25t$ 的 DOL_0 , DOL_0 为压缩应力层深度, t 为化学强化微晶玻璃的厚度。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃的压缩应力层深度 DOL_0 可以为 $0.18t\text{-}0.25t$ 、 $0.20t\text{-}0.25t$ 、 $0.21t\text{-}0.24t$ 、 $0.21t\text{-}0.25t$ 或 $0.22t\text{-}0.25t$ 。示例性的, 当化学强化微晶玻璃的厚度为 0.5mm 时, 化学强化微晶玻璃的 DOL_0 可以为 0.100mm 、 0.105mm 、 0.110mm 、 0.112mm 、 0.113mm 、 0.114mm 、 0.115mm 、 0.116mm 、 0.117mm 、 0.118mm 、 0.119mm 、 0.120mm 、 0.121mm 、 0.122mm 、 0.123mm 、 0.124mm 或 0.125mm , 或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。该化学强化微晶玻璃的 DOL_0 在上述范围内, 说明化学强化微晶玻璃具有高的压缩应力层深度, 越有利于其抵消驱使裂纹扩展的能量, 进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $85\text{MPa}\text{-}200\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_AV}|$, $|\text{CT_AV}|$ 为平均张应力的绝对值; 可选地, 具有 $90\text{MPa}\text{-}200\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_AV}|$ 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $85\text{MPa}\text{-}200\text{MPa}$ 、 $90\text{MPa}\text{-}200\text{MPa}$ 、 $90\text{MPa}\text{-}180\text{MPa}$ 、 $100\text{MPa}\text{-}150\text{MPa}$ 、 $130\text{MPa}\text{-}180\text{MPa}$ 、 $85\text{MPa}\text{-}100\text{MPa}$ 、 $85\text{MPa}\text{-}120\text{MPa}$ 、 $90\text{MPa}\text{-}150\text{MPa}$ 、 $95\text{MPa}\text{-}180\text{MPa}$ 、 $100\text{MPa}\text{-}140\text{MPa}$ 、 $130\text{MPa}\text{-}200\text{MPa}$ 或 $120\text{MPa}\text{-}140\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_AV}|$ 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 85MPa 、 90MPa 、 100MPa 、 110MPa 、 120MPa 、 130MPa 、 140MPa 、 150MPa 、 160MPa 、 170MPa 、 180MPa 、 190MPa 或 200MPa 的 $|\text{CT_AV}|$, 或者具有处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 $|\text{CT_AV}|$, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。该化学强化微晶玻璃的 $|\text{CT_AV}|$ 在上述范围内, 说明化学强化微晶玻璃具有较高的张应力水平, 反映出其具有较高的表面应力水平, 而较高的表面压应力水平所能抵消的跌落、挤压、冲击或碰撞剩余能量会越多, 进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $50000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}100000\text{MPa}/\text{mm}$ 的 CT_LD , CT_LD 为张应力线密度; 可选地, 具有 $55000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}100000\text{MPa}/\text{mm}$ 的 CT_LD 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $50000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}100000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $55000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}95000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $60000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}90000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $65000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}85000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $70000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}80000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $65000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}100000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $60000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}80000\text{MPa}/\text{mm}$ 或 $60000\text{MPa}/\text{mm}\text{-}100000\text{MPa}/\text{mm}$ 的 CT_LD 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $50000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $55000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $60000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $65000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $70000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $75000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $80000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $85000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $90000\text{MPa}/\text{mm}$ 、 $95000\text{MPa}/\text{mm}$ 或 $100000\text{MPa}/\text{mm}$ 的 CT_LD , 或者具有处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 CT_LD , 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。该化学强化微晶玻璃的 CT_LD 在上述范围内, 说明化学强化微晶玻璃内部储存的张应力较密集, 表明该化学强化微晶玻璃具有较高的表面应力水平, 进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $120\text{MPa}\text{-}320\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_CV}|$, 可选地, 化学强化微晶玻璃具有 $135\text{MPa}\text{-}300\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_CV}|$, 进一步可选地, 化学强化微晶玻璃具有 $160\text{MPa}\text{-}300\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_CV}|$ 。 $|\text{CT_CV}|$ 指最大张应力的绝对值。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $120\text{MPa}\text{-}320\text{MPa}$ 、 $135\text{MPa}\text{-}300\text{MPa}$ 、 $160\text{MPa}\text{-}300\text{MPa}$ 、 $170\text{MPa}\text{-}285\text{MPa}$ 、 $180\text{MPa}\text{-}270\text{MPa}$ 、 $120\text{MPa}\text{-}250\text{MPa}$ 或 $165\text{MPa}\text{-}290\text{MPa}$ 的 $|\text{CT_CV}|$ 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 120MPa 、 135MPa 、 150MPa 、 160MPa 、 170MPa 、 180MPa 、 190MPa 、 200MPa 、 210MPa 、 220MPa 、 230MPa 、 240MPa 、 250MPa 、 260MPa 、 270MPa 、 280MPa 、 290MPa 或 300MPa 的 $|\text{CT_CV}|$, 或者具有处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的 $|\text{CT_CV}|$, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范围相结合, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。该化学强化微晶玻璃的 $|\text{CT_CV}|$ 在上述范围内, 说明化学强化微晶玻璃具有较高的张应力水平, 反映出其具有较高的表面应力水平, 而较高的表面压应力水平所能抵消的跌落、挤压、冲击或碰撞剩余能量会越多, 进而保证了其具有优异的抗损坏性能和优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃的维氏硬度大于或等于 $680\text{kgf}/\text{mm}^2$, 可选地, 化学强化微晶玻璃的维氏硬度为 $700\text{kgf}/\text{mm}^2\text{-}800\text{kgf}/\text{mm}^2$ 。在一些实施方式中, 化学强化微晶玻璃具有 $680\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $700\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $710\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $720\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $730\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $740\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $750\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $760\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $770\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $780\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、 $790\text{kgf}/\text{mm}^2$ 或 $800\text{kgf}/\text{mm}^2$ 的维氏硬度, 或者具有处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的维氏硬度, 只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。应该理解的是, 在具体实施方式中, 任意上述范围可以与任意其他范

围相结合，只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。该化学强化微晶玻璃的维氏硬度在上述范围内，说明化学强化微晶玻璃具有高硬度，进而保证了其具有优异的力学性能。

本申请中，本领域技术人员可以根据需求选择微晶玻璃或化学强化微晶玻璃的厚度，示例性的，微晶玻璃或化学强化微晶玻璃的厚度例如可以为 0.2mm-5mm、0.2mm-2.0mm、0.2mm-0.8mm、0.4mm-0.6mm 或 0.2mm-0.7mm，等等。

本申请中，通过使化学强化微晶玻璃满足特定的组成和应力特征，能够确保化学强化微晶玻璃具有优异的力学强度性能、优异的机械强度性能、优异的抗损坏性能以及优异的抗变形能力。

在本申请的一些实施方式中，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，采用 10mm 直径圆头金属压杆挤压化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当化学强化微晶玻璃的主表面中心处承受 10kgf 载荷挤压时，化学强化微晶玻璃受力位置向受力方向的变形量 $\leq 0.850\text{mm}$ 。化学强化微晶玻璃受挤压后，产生的变形量越小，表明其抗变形能力越优异，当其用作显示屏的盖板玻璃时，受挤压或冲击后，变形越小，接触玻璃内屏的概率也变小，利于改善盖板玻璃受冲击所带来的玻璃内屏失效的问题。在一些实施方式中，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，化学强化微晶玻璃的主表面中心处承受 10kgf 载荷挤压时，化学强化微晶玻璃受力位置向受力方向的变形量可以为 0.806mm、0.804mm、0.787mm、0.828mm、0.798mm、0.827mm、0.814mm、0.758mm、0.805mm、0.779mm、0.816mm、0.788mm、0.823mm、0.796mm、0.782mm、0.764mm 或 0.850mm，或可以为上述任意具体数值以下的数值，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值。

在本申请的一些实施方式中，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，采用 10mm 直径圆头金属压杆挤压化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当化学强化微晶玻璃的主表面中心处沿着受力方向发生 0.400mm 的变形量时，化学强化微晶玻璃的主表面中心处所承受的载荷 $\geq 30\text{N}$ 。当发生一定变形量时，化学强化微晶玻璃所能承受的载荷越大，那么，当化学强化微晶玻璃承受挤压或冲击时，其发生变形所能抵消的载荷也就越大，因而当其变形接触到玻璃内屏后，玻璃内屏所受到的挤压或冲击载荷就会越小，玻璃内屏发生失效的可能性就会降低。采用能够承受或抵消较大载荷的化学强化微晶玻璃作为盖板玻璃，利于改善盖板玻璃受冲击或挤压所带来的玻璃内屏失效的问题。在一些实施方式中，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，采用 10mm 直径圆头金属压杆挤压化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当化学强化微晶玻璃的主表面中心处沿着受力方向发生 0.400mm 的变形量时，化学强化微晶玻璃的主表面中心处所承受的载荷可以为 36.9N、38.6N、38.5N、33.8N、37.2N、34.9N、37.4N、39.2N、38.1N、37.6N、38.7N、37.8N、38.4N、39.4N 或 40.0N，或可以为上述任意具体数值以上的数值，或者可以为处于上述任意 2 个具体数值作为端点构成的数值范围内的数值。

本申请的化学强化微晶玻璃可以通过前面的微晶玻璃进行化学强化处理获得，化学强化过程可以参照现有技术中的过程进行，只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。例如可以包括但不限于：先将含有一定钠离子浓度的熔盐升温至化学强化所需温度，再将微晶玻璃预热（预热中例如可以用 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $100^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温速率）至所需化学强化温度后放入熔盐中，恒温处理至化学强化所需时间实现后，取出，冷却至室温后，清洗表面附留盐分，干燥后得到具有高应力水平和优异抗变形能力的化学强化微晶玻璃。

在本申请的一些实施方式中，化学强化处理用熔盐盐浴的温度可以为 380°C - 550°C ，化学强化处理的时间可以为 0.5h-24h，只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。

在本申请的一些实施方式中，以质量比计，熔盐的成分包括 5wt%-50wt% 钠盐、50-95wt% 的钾盐和 0.01-0.30wt% 的锂盐，更进一步的，选用的钠盐、钾盐、锂盐各自独立地可以是硝酸盐、硫酸盐、磷酸盐或者碳酸盐等，只要能得到本申请所需性能的化学强化微晶玻璃即可。在一些实施方式中，化学强化处理完成后，对化学强化微晶玻璃进行冷却时，冷却速率可以为 $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $50^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

本申请中，具有高强度且透明的前述微晶玻璃所制备的化学强化微晶玻璃，在具有优异的抗变形能力的同时，也具有优异的抗跌落损坏性能。将该化学强化微晶玻璃用作电子设备盖板玻璃时，不仅能够保证电子设备盖板玻璃难以碎裂，同时可以有效避免盖板玻璃受到挤压或冲击时，冲击到内屏而导致内屏破碎或失效，能够确保内屏得到更好地保护。

本申请所提供的具有优异机械强度性能和优异抗变形能力的、透明的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，可以用于电子设备，包括但不限于手机、平板电脑、掌上游戏机、便携式数码装置（例如数码相机）、车载中控、电子白板玻璃、智能家居，还可以用于车辆、飞行器或航行器，还可以用于任意所需微晶玻璃的玻璃器件。例如可以用于电子设备的显示屏、盖板玻璃、触摸屏、玻璃内屏或者内框等；例如可以用于车辆、飞行器或航行器的挡风玻璃，如前挡风玻璃或者侧挡风玻璃。例如可以用于工作台面、其它表面、电器门、地砖、壁板或储存容器等。其它表面可以包括但不限于外墙表面、楼梯踏板表面、立柱贴面或柜台表面等，储存容器可以包括但不限于杯子、盘子、药瓶或饮料瓶等。

下面详细描述本申请的实施例，是示例性的，仅用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

下述表格的实例编号中：S 是指实施例，如 S1 是指实施例 1；D 是指对比例，如 D1 是指对比例 1。

实施例 1

（1）基材玻璃的制备：

配总质量为 1000g 的原料（原料按照表 1 中的 S1 的配方配置，其各氧化物比例如表 2 所示），并向配置好的原料中加入 5g 氯化钠，在 V 型混料机内以 25r/min 的转速混合 30min，并在 1650°C 的铂金坩埚中熔融 5h，之后倒入模具中成型为玻璃砖，冷却至 900°C 后，放入 460°C 退火炉中退火 12h，之后随炉冷却至室温，即可得到基材玻璃砖。

（2）微晶玻璃的制备：将基材玻璃砖放入晶化炉内，由室温以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至 525°C ，进行核化处理，在此温度下保温处理 240min 后，再以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至 685°C ，进行晶化处理，在此温度下保温处理 60min，

之后以 1℃/min 降温速率降温至室温,即可得到微晶玻璃样砖。以氧化物的摩尔百分比计,制得的微晶玻璃的组成与基材玻璃的组成相同,详见表 1-表 2。

对得到的微晶玻璃样砖依次进行切割、CNC 加工(本申请采用的 CNC 仪器设备型号为:RCG500S)、抛光后,可制得满足所需规格和所要求的微晶玻璃样品。在本申请中,将微晶玻璃样砖进行前述冷加工处理,制成厚度为

0.50mm 的微晶玻璃样品,具体为 50mm×50mm×0.5mm 的微晶玻璃抛光片样品。

对 S1 所得微晶玻璃进行测试的情况:

分别测试微晶玻璃的主晶相、结晶度、平均晶体尺寸、膨胀软化点、密度、折射率、杨氏模量以及厚度为 0.5mm 的微晶玻璃样品的光学 b 值、透射率(在 550nm 波长光下),结果分别如表 3 所示。

(3) 化学强化微晶玻璃的制备:将得到的微晶玻璃样品放在强化炉腔体内预热 5min,预热后迅速放入 450℃的熔盐内进行化学强化,熔盐的组成为 29.99wt%NaNO₃+69.98wt%KNO₃+0.03wt%LiNO₃,化学强化 21.0h 后,取出玻璃样品并放在强化炉炉体上缓慢冷却至室温后,用清水洗掉包裹在玻璃表面的盐分,对玻璃样品干燥处理后,即可得到化学强化微晶玻璃。

对 S1 所得化学强化微晶玻璃进行测试的情况:

I、将化学强化微晶玻璃在 SLP 2000 应力仪(其采用的光源波长为 518nm, SOC=25.5(nm/cm)/MPa,折射率根据微晶玻璃样品的折射率值进行设置, S1 中微晶玻璃样品的折射率为 1.5600,曝光时间:300μsec)下,测定 |CT_CV|、DOL_0, |CT_AV|;再计算出张应力线密度(CT_LD)值,结果如表 4 所示。

II、测试化学强化微晶玻璃的维氏硬度,结果如表 4 所示。

III、测试化学强化微晶玻璃的抗变形能力,如:10kgf 载荷下,化学强化微晶玻璃的变形量;发生 0.40mm 变形量时,化学强化微晶玻璃所承受的载荷,结果如表 4 所示。

实施例 2-实施例 18

其分别参照实施例 1 进行,不同之处在于,各实施例的原料组成、不同工艺参数及其相应测试结果分别如表 1-表 4 所示。

其中,实施例 3 的基材玻璃的 DSC 曲线图如图 1 所示,可参考该图来确定该基材玻璃制备微晶玻璃时采用的热处理工艺。

实施例 3 的微晶玻璃的 XRD 图谱如图 2 所示,由该图可知,微晶玻璃中的主要晶相为二硅酸锂晶相。

实施例 3 的微晶玻璃的透射率曲线图如图 3 所示,由该图可知,微晶玻璃在可见光范围内时透明的,且具有高透射率。

实施例 3 的化学强化微晶玻璃的载荷变形曲线图如图 4 所示,由该图可知,化学强化微晶玻璃在不同载荷挤压下的变形量,以及发生不同变形量时,化学强化微晶玻璃所承受的载荷情况。

对比例 1-对比例 8

其分别参照实施例 1 进行,不同之处在于,各对比例的原料组成、不同工艺参数及其相应测试结果分别如表 5-表 8 所示。

对比例 3 的化学强化微晶玻璃的载荷变形曲线图如图 5 所示。

析晶上限温度测试:为了分析本申请微晶玻璃的可产业化量产性,测试了部分实施例的基材玻璃的析晶上限温度,其中, S3 的基材玻璃的析晶上限温度为 1067.2℃, S4 的基材玻璃的析晶上限温度为 1053.5℃,均低于 1100℃,析晶上限温度在 1000℃-1100℃之间,表明本申请的微晶玻璃是利于进行产业化批量生产制造的。

膨胀软化点测试:为了分析本申请微晶玻璃的 3D 热弯效果,测试了部分实施例中微晶玻璃的膨胀软化点,详见表 3,从测试结果可知,本申请微晶玻璃的膨胀软化点均低于 830℃,在 750℃-850℃之间,表明本申请微晶玻璃是利于进行 3D 热弯成型制备 3D 曲面微晶玻璃的。

表 1

组成 (mol)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
SiO ₂	62.5 5%	62.5 5%	61.8 2%	61.7 2%	61.8 7%	61.7 6%	62.5 9%	61.1 5%	61.2 5%	61.0 6%	63.1 7%	62.7 7%	63.3 9%	63.1 7%	63.1 6%	62.0 1%	61.7 2%	61.1 5%
Al ₂ O ₃	1.55 %	0.00 %	1.40 %	1.38 %	1.41 %	1.40 %	1.40 %	1.37 %	1.39 %	1.38 %	0.00 %	1.43 %	1.23 %	1.42 %	1.42 %	1.39 %	1.38 %	1.37 %
P ₂ O ₅	2.06 %	1.87 %	1.86 %	1.85 %	1.88 %	1.86 %	1.87 %	1.83 %	1.85 %	1.85 %	1.89 %	1.74 %	1.51 %	1.89 %	1.89 %	1.85 %	1.85 %	1.83 %
ZrO ₂	2.58 %	4.68 %	4.66 %	4.61 %	3.16 %	3.72 %	4.21 %	4.57 %	5.10 %	5.54 %	4.72 %	2.18 %	2.36 %	2.36 %	3.31 %	4.63 %	4.61 %	4.57 %
MgO	0.00 %	1.34 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
ZnO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	1.67 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Na ₂ O	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	2.60 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
K ₂ O	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.92 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Li ₂ O	27.5 4%	28.5 9%	29.8 0%	29.5 2%	29.0 8%	29.8 0%	29.9 3%	29.2 5%	29.6 6%	29.5 2%	29.3 0%	27.5 4%	31.5 1%	30.2 2%	30.2 2%	29.6 6%	29.5 2%	29.2 5%
CaO	3.72	0.94	0.00	0.92	0.00	0.93	0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00

WO 2025/162316

PCT/CN2025/074946

	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
B ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Y ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
La ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ta ₂ O ₅	0.00%	0.00%	0.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	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%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.46%	0.92%	1.83%

注：表 1 中，氧化物含量为“ 0.00%” 表示未在初始的配料过程中主动或故意地将该组分加入玻璃组合物中，但该组分可能作为杂质存在。

表 2

各氧化物比例	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
SiO ₂ /Li ₂ O	2.27	2.19	2.07	2.09	2.13	2.07	2.09	2.09	2.07	2.07	2.16	2.28	2.01	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09
SiO ₂ +Li ₂ O	90.09%	91.17%	91.62%	91.24%	90.95%	91.56%	92.52%	90.40%	90.91%	90.58%	92.47%	90.31%	94.90%	93.39%	93.38%	91.67%	91.24%	90.40%
ZrO ₂ /(CaO+ZrO ₂ +Al ₂ O ₃)	0.33	0.83	0.77	0.67	0.69	0.61	0.75	0.59	0.79	0.80	1.00	0.35	0.66	0.50	0.70	0.77	0.77	0.77
CaO+Al ₂ O ₃	5.27%	0.94%	1.40%	2.30%	1.41%	2.30%	1.40%	3.20%	1.39%	1.38%	0.00%	4.10%	1.23%	2.36%	1.42%	1.39%	1.38%	1.37%
(CaO+Al ₂ O ₃)/Li ₂ O	0.19	0.03	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.11	0.05	0.05	0.00	0.05	0.04	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05
ZrO ₂ /(100%-3×Li ₂ O)	0.15	0.33	0.44	0.40	0.25	0.35	0.41	0.37	0.46	0.48	0.39	0.13	0.43	0.25	0.35	0.42	0.40	0.37
ZrO ₂ /SiO ₂	0.041	0.075	0.075	0.075	0.051	0.060	0.067	0.075	0.083	0.091	0.075	0.35	0.037	0.037	0.052	0.075	0.075	0.075
(ZrO ₂ -Na ₂ O) / (SiO ₂ -2×Li ₂ O)	0.35	0.87	2.10	1.72	0.15	1.72	1.54	1.72	2.64	2.74	1.03	0.28	6.38	0.86	1.22	1.72	1.72	1.72
Na ₂ O/SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.025	0.000	0.023	0.022	0.023	0.020	0.022	0.022	0.023	0.023	0.000	0.023	0.019	0.020	0.022	0.022	0.020	0.022

注：表 2 中，是以氧化物摩尔百分比计的含量百分比代入各公式的。示例性的，Al₂O₃ 的摩尔百分比计的含量为 2%，则将 2%代入公式计算。

表 3

微晶玻璃	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
析晶上限温度 (°C)	/	/	1067.2	1053.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
核化温度 (°C)	525	520	520	520	520	535	530	540	540	540	520	520	520	520	520	520	520	525
核化保温时间 (h)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
晶化温度 (°C)	685	720	710	690	735	715	730	700	730	740	715	670	710	690	680	690	690	700
晶化保温时间 (h)	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
主晶相	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂
结晶度	73.3%	70.1%	76.7%	76.6%	80.4%	79.5%	79.1%	74.3%	75.1%	74.4%	70.5%	76.8%	80.4%	79.5%	78.3%	73.5%	72.1%	70.4%
平均晶体尺寸 (nm)	20.2	25.6	22.8	23.0	19.7	20.1	23.3	26.8	25.7	28.5	26.8	19.6	19.5	20.4	21.0	18.7	22.2	25.6
0.5mm 厚度时, 光学 b 值	0.39	0.59	0.56	0.41	0.48	0.32	0.5	0.76	0.58	0.79	0.69	0.30	0.32	0.41	0.31	0.35	0.44	0.60
0.5mm 厚度时, 透过率 (550nm 波长光)	90.74%	90.47%	90.40%	90.46%	90.71%	90.74%	90.61%	90.22%	90.37%	90.16%	90.33%	91.00%	90.94%	90.76%	90.87%	90.57%	90.44%	90.35%
膨胀软化点 (°C)	/	/	797	796	810.5	792	/	777	/	/	/	/	826	/	/	/	778.3	/
密度 (g/cm ³)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6

WO 2025/162316

PCT/CN2025/074946

	547	723	695	826	485	785	576	858	704	880	650	385	106	141	303	872	112	385
折射率	1.5 600	1.5 695	1.5 670	1.5 700	1.5 610	1.5 695	1.5 620	1.5 720	1.5 685	1.5 730	1.5 645	1.5 590	1.5 535	1.5 575	1.5 605	1.5 690	1.5 705	1.5 755
杨氏模量 (GPa)	114 .54 2	116 .71 4	117 .07 3	114 .27 4	115 .23 3	114 .62 0	115 .95 2	119 .03 8	116 .65 4	116 .24 3	117 .45 7	115 .63 0	116 .52 0	115 .02 3	115 .73 2	115 .87 4	116 .04 7	118 .95 3

注：表 3 中，“/”表示未检测。

表 4

化学强化微晶玻璃	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
强化温度 (°C)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
强化时间 (h)	21.0	8.0	7.0	10.5	9.0	12.5	7.0	12.0	6.5	6.5	8.0	13.0	9.0	10.0	8.0	7.5	12.5	15.0
盐浴配比	29.99wt%NaNO ₃ +69.98wt%KNO ₃ +0.03wt%LiNO ₃																	
CT_CV (MPa)	144.84	203.32	205.35	229.38	15.04	17.08	17.41	22.58	20.47	22.68	17.05	143.57	155.78	170.37	176.29	230.70	280.56	279.58
DOL_0 (μm)	112.32	113.4	114.83	114.86	111.72	111.67	111.73	111.64	111.42	111.68	111.24	112.41	108.82	114.9	115.86	115.20	112.70	110.70
CT_AV (MPa)	96.6	140.6	136.66	143.32	10.24	12.54	12.14	15.03	13.92	14.99	12.04	93.8	102.98	112.5	115.1	157.20	160.40	164.80
CT_LD (MPa/mm)	531.99	768.23	738.89	774.73	54.37	66.86	64.43	80.32	75.61	79.84	66.26	516.23	581.54	607.95	617.58	847.62	880.91	918.26
维氏硬度, kgf/mm ²	706	712	734	737	72.4	71.6	71.9	74.3	72.3	71.9	71.0	721	740	726	724	744	750	742
0.40mm 变形量, 所承受的载荷/N	36.9	38.6	38.5	33.8	37.2	34.9	37.4	39.2	38.1	37.6	38.5	37.2	38.7	36.9	37.8	38.4	38.7	39.4
10kgf 载荷变形量 (mm)	0.806	0.804	0.787	0.828	0.798	0.827	0.814	0.758	0.805	0.814	0.779	0.816	0.788	0.823	0.806	0.796	0.782	0.764

表 5

组成 (mol)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
SiO ₂	59.70%	63.77%	60.96%	61.58%	61.73%	61.21%	61.42%	66.48%
Al ₂ O ₃	1.50%	1.43%	1.50%	1.52%	1.47%	1.30%	1.38%	1.38%
P ₂ O ₅	2.10%	1.91%	2.00%	2.02%	1.96%	1.85%	1.84%	1.84%
ZrO ₂	3.40%	2.38%	2.50%	2.53%	2.45%	6.12%	2.30%	2.30%
MgO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ZnO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Na ₂ O	1.00%	0.00%	1.00%	0.00%	0.98%	0.00%	0.00%	0.00%
K ₂ O	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Li ₂ O	25.90%	25.17%	26.43%	26.69%	25.91%	29.52%	31.06%	26.00%
CaO	6.40%	5.34%	5.61%	5.66%	5.50%	0.00%	2.00%	2.00%
B ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Y ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
La ₂ O ₃	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ta ₂ O ₅	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%

注：表 5 中，氧化物含量为“ 0.00%” 表示未在初始的配料过程中主动或故意地将该组分加入玻璃组合物中，
5 但该组分可能作为杂质存在。

表 6

各氧化物比例	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
SiO ₂ /Li ₂ O	2.31	2.53	2.31	2.31	2.38	2.07	1.98	2.56
SiO ₂ +Li ₂ O	85.60%	88.94%	87.39%	88.27%	87.64%	90.73%	92.48%	92.48%
ZrO ₂ /(CaO+ZrO ₂ +Al ₂ O ₃)	0.30	0.26	0.26	0.26	0.26	0.82	0.40	0.40
CaO+Al ₂ O ₃	7.90%	6.77%	7.11%	7.18%	6.97%	1.30%	3.38%	3.38%
(CaO+Al ₂ O ₃)/Li ₂ O	0.31	0.27	0.27	0.27	0.27	0.04	0.11	0.13
ZrO ₂ /(100%-3×Li ₂ O)	0.15	0.10	0.12	0.13	0.11	0.53	0.34	0.10
ZrO ₂ /SiO ₂	0.057	0.037	0.041	0.041	0.040	0.100	0.037	0.035
(ZrO ₂ -Na ₂ O) / (SiO ₂ -2×Li ₂ O)	0.30	0.18	0.19	0.31	0.15	2.82	-3.29	0.16

WO 2025/162316

PCT/CN2025/074946

Na ₂ O/SiO ₂	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.025	0.022	0.025	0.025	0.024	0.021	0.022	0.021

注：表 6 中，是以氧化物摩尔百分比的含量百分比代入各公式的，也即摩尔单位不参与公式的计算。示例性的，Al₂O₃ 的摩尔百分比的含量为 2%，则将 2%代入公式计算。

表 7

微晶玻璃	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
核化温度 (°C)	525	520	515	520	515	520	520	520
核化保温时间 (h)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
晶化温度 (°C)	690.00	680.00	685.00	680.00	675.00	690	700	700
晶化保温时间 (h)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50
主晶相	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂	二硅酸锂
结晶度	70.8%	68.5%	72.6%	72.5%	70.3%	75.6%	73.60%	69.03%
平均晶体尺寸 (nm)	40.4	25.8	39.4	30.6	36.6	33.9	35.6	24.542
0.5mm 厚度时，光学 b 值	11.52	0.68	4.65	1.546	2.57	2.13	2.34	0.36
0.5mm 厚度时，透过率 (550nm 波长光)	78.8%	90.2%	84.77%	89.15%	88.02%	89.2%	88.54%	90.47%
密度 (g/cm ³)	2.5978	2.5652	2.5702	2.5708	2.568	2.588	2.566	2.5589
折射率	1.5695	1.563	1.5645	1.566	1.5635	1.573	1.5682	1.5587
杨氏模量 (GPa)	104.754	103.685	105.524	105.754	105.940	115.674	114.875	103.654

表 8

化学强化微晶玻璃	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
强化温度 (°C)	450	450	450	450	450	450	450	450
强化时间 (h)	16.0	24.0	20.0	25.0	24.0	24.0	24.0	24.0
盐浴配比	29.99wt%NaNO ₃ +69.98wt%KNO ₃ +0.03wt%LiNO ₃							
[CT_CV] (MPa)	129.08	106.85	124.65	96.84	108.95	144.68	158.47	128.44
DOL_0 (μm)	113.72	108.52	109.72	111.62	112.62	107.9	105.9	106.5
[CT_AV] (MPa)	85	74	82.6	69.9	74.6	95.67	103.5	80.6
CT_LD (MPa/mm)	46335.20	41878.08	46348.51	38691.05	40994.19	54378.83	59657.40	46264.40
维氏硬度, kgf/mm ²	712	704	696	708	715	706	718	712
0.40mm 变形量, 所承受的载荷/N	24.2	24.6	27.4	26.7	26.8	37.4	34.9	23.5
10kgf 载荷变形量 (mm)	0.890	0.879	0.869	0.868	0.864	0.817	0.825	0.886

通过上述表 1-表 4 的实施例、表 5-表 8 的对比例结果可知，相对于对比例，采用本申请的实施例方案，在满足各氧化物含量范围的同时，还满足特定的氧化物含量关系，制得的微晶玻璃具有优异的光学性能和高的杨氏模量，二硅酸锂晶相为该微晶玻璃的主要晶相。而且采用本申请实施例的微晶玻璃所制得的化学强化微晶玻璃，能够获得高的应力水平和高的机械强度性能，抗变形能力明显优于对比例。另外，本申请实施例的微晶玻璃所对应的基材玻璃的析晶上限温度较低，表明其适合产业化批量生产。同时，本申请实施例的微晶玻璃的膨胀软化点温度适宜，表明其适合 3D 热弯成型为 3D 曲面微晶玻璃。

而对比例 1-对比例 8 的方案中，其玻璃配方不同时满足：本申请各氧化物含量范围，以及特定的氧化物含量关系，制得的微晶玻璃要么光学性能较差，要么无法制备获得具有较优抗变形能力的化学强化微晶玻璃。

对比图 4 和图 5，可知，本申请实施例 3 的化学强化微晶玻璃主表面中心处在挤压发生 0.40mm 变形量时，所承受的或所抵消的载荷明显要大于对比例 3，可见，本申请的化学强化微晶玻璃具有更优的抗变形能力。

以上详细描述了本申请的优选实施方式，但是，本申请并不限于此。在本申请的技术构思范围内，可以对本申请的技术方案进行多种简单变型，包括各个技术特征以任何其它的合适方式进行组合，这些简单变型和组合同样应当视为本申请所公开的内容，均属于本申请的保护范围。

工业实用性

本申请通过使含主要晶相为二硅酸锂的微晶玻璃，满足特定的氧化物含量以及特定氧化物含量关系，确保微晶玻璃具有了高本征强度和优异的光学性能，而且保证微晶玻璃可通过化学强化的方式，形成具有高应力水平、优异抗变形能力的化学强化微晶玻璃。

权利要求书

- 1.一种微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相,其中二硅酸锂晶相具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数;
- 5 以氧化物的摩尔百分比计,所述微晶玻璃的组成包括:
 SiO_2 : 55.00mol%-65.00mol%, Al_2O_3 : 0.00mol%-2.00mol%, P_2O_5 : 1.00mol%-3.00mol%, ZrO_2 : 2.00mol%-6.00mol%, MgO : 0.00mol%-2.00mol%, ZnO : 0.00mol%-2.00mol%, Na_2O : 0.00mol%-3.00mol%, K_2O : 0.00mol%-1.00mol%, Li_2O : 27.00mol%-32.00mol%, CaO : 0.00mol%-5.00mol%, B_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, SrO : 0.00mol%-2.00mol%;
- 10 以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,所述微晶玻璃的组成满足: $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.40$, 可选地, $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.30$, 进一步可选地, $2.02 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.20$ 。
- 2.根据权利要求1所述的微晶玻璃,其特征在于,以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,所述微晶玻璃的组成还满足:
 $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.96$, 可选地, $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.95$; 和/或,
 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \leq 0.030$ 。
- 15 3.根据权利要求1或2所述的微晶玻璃,其特征在于,以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,所述微晶玻璃的组成还满足: $0.31 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.50$, 可选地, $0.32 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.20$, 进一步可选地, $0.36 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.10$; 和/或,
 $0.10 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.60$, 可选地, $0.12 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.52$, 进一步可选地, $0.16 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.50$; 和/或,
 $0.034 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.100$, 可选地, $0.035 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$, 进一步可选地, $0.055 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.095$ 。
- 20 4.根据权利要求1-3中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,所述微晶玻璃的组成还满足: $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.065$, 可选地, $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.055$, 进一步可选地, $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.050$; 和/或,
 $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.25$, 可选地, $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.20$, 进一步可选地, $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.14$ 。
- 25 5.根据权利要求1-4中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,以微晶玻璃组成中各氧化物的摩尔百分比表示的含量计,所述微晶玻璃的组成还满足: $0.12 \leq (\text{ZrO}_2 - \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 - 2 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 6.40$, 可选地, $0.14 \leq (\text{ZrO}_2 - \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 - 2 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 6.16$, 进一步可选地, $0.50 \leq (\text{ZrO}_2 - \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 - 2 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 3.00$; 和/或,
 $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 \leq 0.05$, 可选地, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 \leq 0.04$, 进一步可选地, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 \leq 0.02$ 。
- 30 6.根据权利要求1-5中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,以氧化物的摩尔百分比计,所述微晶玻璃中: SiO_2 的含量为 60.00mol%-65.00mol%, 可选地, SiO_2 的含量为 60.50mol%-64.00mol%; 和/或,
 Li_2O 的含量为 28.00mol%-31.00mol%, 可选地, Li_2O 的含量为 29.00mol%-30.50mol%; 和/或,
 ZrO_2 的含量为 3.20mol%-6.00mol%, 可选地, ZrO_2 的含量为 4.00mol%-6.00mol%; 和/或,
 P_2O_5 的含量为 1.50mol%-3.00mol%, 可选地, P_2O_5 的含量为 1.50mol%-2.50mol%; 和/或,
 Na_2O 的含量为 0.00mol%-1.00mol%, 可选地, Na_2O 的含量为 0.00mol%-0.50mol%; 和/或,
 CaO 的含量为 0.00mol%-4.00mol%, 可选地, CaO 的含量为 0.00mol%-2.50mol%。
- 35 7.根据权利要求1-6中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,以氧化物的摩尔百分比计,所述微晶玻璃的组成还包括: Y_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, La_2O_3 : 0.00mol%-1.00mol%, Ta_2O_5 : 0.00mol%-1.00mol%。
- 8.根据权利要求1-7中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,以氧化物的摩尔百分比计,所述微晶玻璃中:
 Na_2O 和 K_2O 的含量之和小于 1.00mol%。
- 40 9.根据权利要求1-8中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的密度 $\rho \geq 2.50\text{g}/\text{cm}^3$, 可选地, 所述微晶玻璃的密度 ρ 为 $2.50\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.75\text{g}/\text{cm}^3$; 和/或, 所述微晶玻璃的折射率 ≤ 1.60 。
- 10.根据权利要求1-9中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的结晶度为 30.00wt%-90.00wt%, 可选地, 结晶度为 50.00wt%-90.00wt%, 进一步可选地, 结晶度为 65.00wt%-90.00wt%; 和/或,
 所述微晶玻璃中, 平均晶体尺寸 $\leq 100\text{nm}$, 可选地, 平均晶体尺寸 $\leq 50\text{nm}$, 进一步可选地, 平均晶体尺寸为 15nm~45nm。
- 45 11.根据权利要求1-10中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 100.00\text{GPa}$, 可选地, 所述微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 110.00\text{GPa}$, 进一步可选地, 所述微晶玻璃的杨氏模量为 114GPa~130GPa。
- 12.根据权利要求1-11中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,在 0.5mm 厚度时,所述微晶玻璃的 b 值 ≤ 1.0 , 可选地, b 值 ≤ 0.8 ; 和/或,
 所述微晶玻璃在可见光范围内是透明的; 在 0.5mm 厚度时,对于 550nm 波长的光而言,所述微晶玻璃的透过率 $\geq 85.00\%$, 可选地, 所述微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ 。
- 13.根据权利要求1-12中任一项所述的微晶玻璃,其特征在于,所述微晶玻璃的膨胀软化点为 $750^\circ\text{C} \sim 850^\circ\text{C}$, 可选地, 所述微晶玻璃的膨胀软化点为 $750^\circ\text{C} \sim 830^\circ\text{C}$ 。
- 55 14.一种化学强化微晶玻璃,其特征在于,所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成与权利要求1-13中任一项所述的微晶玻璃的组成相同,所述化学强化微晶玻璃包含从化学强化微晶玻璃的表面延伸到压缩深度的压缩应力层区域,并且在化学强化微晶玻璃的内部具有张应力。
- 15.根据权利要求14所述的化学强化微晶玻璃,其特征在于,所述化学强化微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相,其中二硅酸锂晶相具有比化学强化微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量百分数; 以氧化物的摩尔百分比计,所述化

学强化微晶玻璃的中心处的组成包括： SiO_2 ：55.00mol%-65.00mol%， Al_2O_3 ：0.00mol%-2.00mol%， P_2O_5 ：1.00mol%-3.00mol%， ZrO_2 ：2.00mol%-6.00mol%， MgO ：0.00mol%-2.00mol%， ZnO ：0.00mol%-2.00mol%， Na_2O ：0.00mol%-3.00mol%， K_2O ：0.00mol%-1.00mol%， Li_2O ：27.00mol%-32.00mol%， CaO ：0.00mol%-5.00mol%， B_2O_3 ：0.00mol%-1.00mol%， SrO ：0.00mol%-2.00mol%；

- 5 以氧化物的摩尔百分比表示的含量计，所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成满足： $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.40$ ，可选地， $2.00 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.30$ ，进一步可选地， $2.02 \leq \text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O} \leq 2.20$ 。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，以氧化物的摩尔百分比表示的含量计，所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成还满足：

- 10 $0.90 \leq \text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O} \leq 0.96$ ；和/或，
 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \leq 0.030$ ；和/或，
 $0.31 \leq \text{ZrO}_2/(\text{CaO} + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 1.50$ ；和/或，
 $0.10 \leq \text{ZrO}_2/(100\% - 3 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 0.60$ ；和/或，
 $0.034 \leq \text{ZrO}_2/\text{SiO}_2 \leq 0.100$ ；和/或，
 $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.065$ ；和/或，
15 $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Li}_2\text{O} \leq 0.25$ ；和/或，
 $0.12 \leq (\text{ZrO}_2 - \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 - 2 \times \text{Li}_2\text{O}) \leq 6.40$ ；和/或，
 $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 \leq 0.05$ 。

17. 根据权利要求 14-16 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，以氧化物的摩尔百分比计，所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成包括：

- 20 SiO_2 的含量为 60.00mol%-65.00mol%，可选地， SiO_2 的含量为 60.50mol%-64.00mol%；和/或，
 Li_2O 的含量为 28.00mol%-31.00mol%，可选地， Li_2O 的含量为 29.00mol%-30.50mol%；和/或，
 ZrO_2 的含量为 3.20mol%-6.00mol%，可选地， ZrO_2 的含量为 4.00mol%-6.00mol%；和/或，
 P_2O_5 的含量为 1.50mol%-3.00mol%，可选地， P_2O_5 的含量为 1.50mol%-2.50mol%；和/或，
 Na_2O 的含量为 0.00mol%-1.00mol%，可选地， Na_2O 的含量为 0.00mol%-0.50mol%；和/或，
25 CaO 的含量为 0.00mol%-4.00mol%，可选地， CaO 的含量为 0.00mol%-2.50mol%。

18. 根据权利要求 14-17 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，以氧化物的摩尔百分比计，所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成还包括： Y_2O_3 ：0.00mol%-1.00mol%， La_2O_3 ：0.00mol%-1.00mol%， Ta_2O_5 ：0.00mol%-1.00mol%。

19. 根据权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，所述化学强化微晶玻璃具有 0.18t-0.25t 的 DOL_0 ，可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 0.20t-0.25t 的 DOL_0 ，t 为化学强化微晶玻璃的厚度。

20. 根据权利要求 14-19 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，所述化学强化微晶玻璃具有 85MPa-200MPa 的 $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ ，可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 90MPa-200MPa 的 $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ ，进一步可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 130MPa-200MPa 的 $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ ， $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ 为平均张应力的绝对值。

21. 根据权利要求 14-20 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，所述化学强化微晶玻璃具有 50000MPa/mm-100000MPa/mm 的 CT_{LD} ，可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 55000MPa/mm-100000MPa/mm 的 CT_{LD} ，进一步可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 65000MPa/mm-100000MPa/mm 的 CT_{LD} ， CT_{LD} 为张应力线密度。

22. 根据权利要求 14-21 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，所述化学强化微晶玻璃具有 120MPa-320MPa 的 $|\text{CT}_{\text{CV}}|$ ，可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 135MPa-300MPa 的 $|\text{CT}_{\text{CV}}|$ ，进一步可选地，所述化学强化微晶玻璃具有 160MPa-300MPa 的 $|\text{CT}_{\text{CV}}|$ 。

23. 根据权利要求 14-22 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度大于或等于 680kgf/mm²，可选地，所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度为 700kgf/mm²~800kgf/mm²。

24. 根据权利要求 14-23 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，采用 10mm 直径圆头金属压杆挤压所述化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当所述化学强化微晶玻璃的主表面中心处承受 10kgf 载荷挤压时，所述化学强化微晶玻璃受力位置向受力方向的变形量 $\leq 0.850\text{mm}$ 。

25. 根据权利要求 14-24 中任一项所述的化学强化微晶玻璃，其特征在于，在化学强化微晶玻璃为 0.5mm 厚度时，采用 10mm 直径圆头金属压杆挤压所述化学强化微晶玻璃的主表面中心处，当所述化学强化微晶玻璃的主表面中心处沿着受力方向发生 0.400mm 的变形量时，所述化学强化微晶玻璃的主表面中心处所承受的载荷 $\geq 30\text{N}$ 。

26. 一种玻璃器件，其特征在于，所述玻璃器件包含如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包含如权利要求 14-25 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。

27. 一种电子设备，其特征在于，所述电子设备包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包括如权利要求 14-25 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。