

一种微晶玻璃、化学强化微晶玻璃、盖板玻璃和电子设备

相关申请交叉引用

本申请要求于 2024 年 2 月 7 日向中国国家知识产权局提交的，标题为“一种微晶玻璃、化学强化微晶玻璃、盖板玻璃和电子设备”的申请号为 202410175049.4 的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用并入本申请中。

技术领域

本申请涉及微晶玻璃技术领域，具体而言，涉及一种微晶玻璃、化学强化微晶玻璃、盖板玻璃和电子设备。

背景技术

微晶玻璃是通过基材玻璃在热处理过程中受控析晶而成的一种固体复合材料，微晶玻璃中包含微晶相和玻璃相，相较于不含微晶相的玻璃材料，微晶玻璃通常具有更高的强度，这是由于微晶相相对玻璃相具有更高的强度，断裂时吸收能量会更多，而且微晶相可以延长裂纹扩展的路径，阻碍裂纹的扩展，因此在断裂破碎过程中能消耗更多的冲击能量。

近年来，微晶玻璃逐步应用于各种电子设备中，如手机、手表、平板、笔记本电脑、电子书阅读器或其他类似装置，作为电子设备的盖板玻璃，如显示屏用盖板玻璃、电子设备后盖用盖板玻璃等。而对于电子设备的显示屏来说，一般要求盖板玻璃具有较好的光学性能，同时具有较薄的厚度和较高的机械性能。为了能更进一步地提高微晶玻璃的机械性能，通常需要对微晶玻璃进行化学强化处理，通过离子交换以制成具有较高应力水平、较高机械强度性能和较高抗损坏性能的化学强化微晶玻璃。

因此，如何在满足优异光学性能的情况下，改善微晶玻璃的化学强化效果，实现快速高效地制备具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃，是本领域技术人员亟需解决的技术问题。

发明内容

由于微晶玻璃的结构与不含微晶相的玻璃材料的结构存在差异，其化学强化的难度也并不相同。而为了制备获得具有较高应力水平和较高机械强度性能，且符合盖板玻璃光学性能应用要求的高强度化学强化微晶玻璃，本领域技术人员通常会选择对现有微晶玻璃进行较长时间的化学强化处理，或者采用高温（如，超过 480℃）熔融盐浴对现有微晶玻璃进行化学强化处理。而不管是强化时间的延长还是熔盐盐浴温度的提高，都会导致微晶玻璃化学强化成本的增加，即，导致高强度化学强化微晶玻璃的制造成本增加。

而本申请的目的在于：通过调整微晶玻璃的组成及结构，提供一种具有优异光学性能和高本征强度的微晶玻璃，且该微晶玻璃能够在常规化学强化工艺条件下，快速高效地制备获得具有较高应力水平，机械强度性能优异，抗损坏性能优异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：

第一方面，提供了一种微晶玻璃，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；

以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃的组分包括： SiO_2 : 61.50%~63.40%、 Al_2O_3 : 2.75%~2.99%、 P_2O_5 : 0.91%~1.91%、 ZrO_2 : 4.20%~4.85%、 Na_2O : 1.80%~3.20%、 B_2O_3 : 0~1.00%和 Li_2O : 25.32%~26.52%；

且所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 、 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 和 ZrO_2 的摩尔百分比 $[\text{ZrO}_2]$ 满足如下关系：

$$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2]$$
$$4.80 \leq Z \leq 5.35$$
，优选为， $4.98 \leq Z \leq 5.20$ 。

通过使微晶玻璃满足特定的组成和晶相结构，使微晶玻璃各组分的含量和各组分含量的配比关系满足特定的范围，使 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间满足特定的摩尔百分比关系，同时使微晶玻璃满足以二硅酸锂作为主要晶相，不仅能够赋予微晶玻璃优异的光学性能和高本征强度，而且能够使微晶玻璃实现在常规化学强化工艺条件下，快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 满足如下关系：

$$0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%$$
，优选为， $1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%$ ，更优选为， $2.00\% \leq$

$[\text{Na}_2\text{O}]-[\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%$ 。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 Li_2O 的摩尔百分比 $[\text{Li}_2\text{O}]$ 满足如下关系：

$8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85$ ，优选为， $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50$ 。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在 70%以上，优选为，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在 85%以上。

在一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃中：

SiO_2 的摩尔百分比为 61.50%~63.30%，优选为， SiO_2 的摩尔百分比为 62.00%~62.60%；和/或，

P_2O_5 的摩尔百分比为 1.20%~1.91%，优选为， P_2O_5 的摩尔百分比为 1.30%~1.60%；和/或，

Na_2O 的摩尔百分比为 1.85%~3.05%，优选为， Na_2O 的摩尔百分比为 2.20%~3.00%；和/或，

B_2O_3 的摩尔百分比为 0~0.65%；和/或， ZrO_2 的摩尔百分比为 4.20%~4.80%；和/或，

Li_2O 的摩尔百分比为 25.52%~26.52%，优选为， Li_2O 的摩尔百分比为 25.52%~26.00%。

在一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃中：

SiO_2 的摩尔百分比为 62.88%、63.30%、62.50%、63.26%、62.38%、62.27%、62.45%、62.22%或 63.17%；和/或，

Al_2O_3 的摩尔百分比为 2.86%、2.87%、2.93%、2.94%或 2.99%；和/或，

P_2O_5 的摩尔百分比为 1.00%、1.20%、1.30%、1.60%、1.40%、1.41%、1.53%或 1.54%；和/或，

ZrO_2 的摩尔百分比为 4.80%、4.74%、4.84%、4.33%、4.34%或 4.35%；和/或，

Na_2O 的摩尔百分比为 1.85%、2.35%、1.95%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%或 2.95%；和/或，

Li_2O 的摩尔百分比为 25.62%、25.82%、25.69%、25.36%、25.77%、25.87%、25.90%、25.79%、26.03%或 25.74%。

在一些实施方式中，以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：

式 Z 的值为 5.19、5.10、5.09、5.06 或 5.13；和/或，

$[\text{Na}_2\text{O}]-[\text{B}_2\text{O}_3]$ 的值为 1.26%、1.79%、0.96%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%或 2.95%；和/或，

$[\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}]$ 的值为 13.83、10.93、13.01、10.92、8.73、8.61、8.79 或 8.83。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的结晶度不低于 45%，优选为，所述微晶玻璃的结晶度为 45%~85%，更优选为，所述微晶玻璃的结晶度为 55%~65%；和/或，

所述微晶玻璃中，平均晶粒尺寸不超过 100nm，优选为，平均晶粒尺寸不超过 40nm，更优选为，平均晶粒尺寸为 15~30nm。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃在可见光波长范围内是透明的，优选为，在 0.70mm 厚度下，对于 550nm 波长光而言，所述微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ ，优选透过率 $> 90.40\%$ ；和/或，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的雾度 $< 0.30\%$ 。

在一些实施方式中，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的 b 值 < 0.70 ，优选为，b 值 ≤ 0.60 。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 100\text{GPa}$ ，优选为，所述微晶玻璃的杨氏模量为 105~112.50GPa；和/或，

所述微晶玻璃的维氏硬度 $\geq 640\text{kgf/mm}^2$ ，优选为，所述微晶玻璃的维氏硬度 640~680kgf/mm²。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃包括平面微晶玻璃或曲面微晶玻璃；优选地，当所述微晶玻璃为曲面微晶玻璃时，所述微晶玻璃可由结晶度不低于 5%的晶化玻璃原材进行 3D 热弯成型处理制得。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃由基材玻璃经过热处理制得，优选地，所述热处理过程包括核化处理和/或晶化处理，优选地，所述晶化处理包括一步晶化处理或两步晶化处理，优选地，可通过两步晶化处理制备曲面微晶玻璃，当采用两步晶化处理时，第二步晶化处理为将第一步晶化处理所得的晶化玻璃原材加热到晶化温度并进行 3D 热弯成型处理，在 3D 热弯成型过程中进行第二次晶化。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的厚度为 0.10~5.00mm。

第二方面，提供了一种化学强化微晶玻璃，所述化学强化微晶玻璃由第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃经过化学强化处理制得，所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成与第一方面任一实施方式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,即,所述化学强化微晶玻璃包含压缩应力层和张应力层。

在一些实施方式中,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分包括:SiO₂: 61.50%~63.40%、Al₂O₃: 2.75%~2.99%、P₂O₅: 0.91%~1.91%、ZrO₂: 4.20%~4.85%、Na₂O: 1.80%~3.20%、B₂O₃: 0~1.00%和 Li₂O: 25.32%~26.52%;

且所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中,Na₂O的摩尔百分比[Na₂O]、B₂O₃的摩尔百分比[B₂O₃]和ZrO₂的摩尔百分比[ZrO₂]满足如下关系:

$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2]$, $4.80 \leq Z \leq 5.35$, 优选为, $4.98 \leq Z \leq 5.20$ 。

在一些实施方式中,所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中,Na₂O的摩尔百分比[Na₂O]和B₂O₃的摩尔百分比[B₂O₃]满足如下关系:

$0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%$, 优选为, $1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%$, 更优选为, $2.00\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%$; 和/或,

所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中,Na₂O的摩尔百分比[Na₂O]和Li₂O的摩尔百分比[Li₂O]满足如下关系:

$8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85$, 优选为, $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50$ 。

在一些实施方式中,所述化学强化微晶玻璃具有45000~55000MPa/mm的CT_{LD},CT_{LD}为张应力线密度,优选为,所述化学强化微晶玻璃具有48000~53000MPa/mm的CT_{LD};和/或,

所述化学强化微晶玻璃具有0.18t~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,优选为,所述化学强化微晶玻璃具有0.20t~0.25t的DOL₀;和/或,

所述化学强化微晶玻璃具有150~199MPa的CS₅₀,CS₅₀指自化学强化微晶玻璃主表面起算的深度为50μm处的压应力值,优选为,所述化学强化微晶玻璃具有160~199MPa的CS₅₀;和/或,

所述化学强化微晶玻璃具有80~98MPa的|CT_{AV}|,|CT_{AV}|为平均张应力的绝对值;和/或,

所述化学强化微晶玻璃具有115~142MPa的|CT_{CV}|,|CT_{CV}|为最大张应力的绝对值,优选为,所述化学强化微晶玻璃具有120~140MPa的|CT_{CV}|。

在一些实施方式中,所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度大于或等于680kgf/mm²,优选地,所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度为700kgf/mm²~800kgf/mm²。

第三方面,提供了一种玻璃器件,所述玻璃器件包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或包括如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

第四方面,提供了一种盖板玻璃,所述盖板玻璃采用如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃制成,即,所述盖板玻璃包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。所述盖板玻璃可以是电子设备的显示屏盖板、后盖或摄像头保护盖板。

第五方面,提供了一种电子设备,所述电子设备包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或包括如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中,所述电子设备包括组装在所述电子设备外侧的外壳,以及位于所述外壳内部的电路板,所述外壳包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或包括如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中,所述外壳包括组装在所述电子设备前侧的显示屏盖板,所述显示屏盖板包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中,所述外壳包括组装在所述电子设备后侧的后盖,所述后盖包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中,所述电子设备还包括位于所述外壳内部的摄像头组件,所述外壳包括摄像头保护盖板,所述摄像头保护盖板盖设在所述摄像头组件上,所述摄像头保护盖板包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中，所述电子设备还包括位于显示模组和所述外壳之间的中框，所述中框包括如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中，外壳可以是部分采用微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，也可以是全部采用微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。本申请中的电子设备，可以是显示屏盖板、后盖、摄像头保护盖板、中框中的一些采用如第一方面任一实施方式所述的微晶玻璃或如第二方面任一实施方式所述的化学强化微晶玻璃。

本申请提供的上述技术方案中的一个或多个，包括如下优点：

本申请通过使微晶玻璃满足特定的组成和晶相结构，使微晶玻璃各组分的含量和各组分含量的配比关系满足特定的范围，使 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间满足特定的摩尔百分比关系，同时使微晶玻璃满足以二硅酸锂作为主要晶相，不仅能够赋予微晶玻璃优异的光学性能和高本征强度，而且能够使微晶玻璃实现在常规化学强化工艺条件下，快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃，从而能够有效地降低高强度化学强化微晶玻璃的制造成本。

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 2 的微晶玻璃的 XRD 图谱。

图 2 为实施例 2 的微晶玻璃在 360nm-740nm 波段的透过率曲线。

图 3 为实施例 2 的微晶玻璃在化学强化前后的 XRD 图谱对比图。

图 4 为实施例 2 的微晶玻璃的实物图。

图 5 为实施例 7 的微晶玻璃的实物图。

图 6 为对比例 5 的微晶玻璃的实物图。

图 7 为对比例 6 的微晶玻璃的实物图。

图 8 为对比例 8 的微晶玻璃的实物图。

图 9 为本申请实施例提供的电子设备的前侧结构示意图。

图 10 为本申请实施例提供的电子设备的后侧结构示意图。

图 11 为本申请实施例提供的电子设备的结构示意图。

附图标记：1-外壳；11-显示屏盖板；12-后盖；13-摄像头保护盖板；2-摄像头组件；3-中框；4-显示模组。

具体实施方式

下面将结合实施例对本申请的实施方案进行详细描述，但是本领域技术人员将会理解，下列实施例仅用于说明本申请，而不应视为限制本申请的范围。实施例中未注明具体条件者，按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市售购买获得的常规产品。

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”、“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）。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。

术语解释和测试方法：

本申请中，微晶玻璃是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。微晶玻璃又称玻璃陶瓷或结晶化玻璃。

本申请中，化学强化微晶玻璃是指微晶玻璃经过化学强化处理后得到的固体复合材料。应该理解的是，进行化学强化处理时，熔盐盐浴（或也称熔融盐浴）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）。

本申请中，基材玻璃是指未被核化处理、晶化处理以及强化处理的玻璃，或也称基础玻璃。

本申请中，化学强化微晶玻璃的中心处的组成是指化学强化微晶玻璃的深度或厚度的中心处或者靠近深度或厚度的中心处的组成，也即，化学强化微晶玻璃中未进行离子交换的区域的组成。应该理解的是，化学强化微晶玻璃的中心处的组成，与用于制备该化学强化微晶玻璃，但还未进行化学强化处理的微晶玻璃的组成相同或基本相同。

本申请中，可见光波长范围是指 360nm~740nm。

本申请中，雾度（haze）是偏离入射光 2.5°以上的透射光强占总透射光强的百分数。

本申请中，主晶相（或也称主要晶相）是指具有比微晶玻璃中存在的其它晶相更高的重量含量（或也称重量百分比、质量百分比）的晶相。

本申请中，主表面是指玻璃砖或玻璃片中表面积最大的面，如，水平放置的微晶玻璃片的上表面或下表面。

本申请中，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。

本申请中，一定波长的光照射到微晶玻璃主表面，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。

本申请中，D65 光源是色温为 6500K，显色指数 Ra 高于 90，用包含紫外区域的日光照射的物体颜色的测定用光源，在可见波长区域中显示宽的光谱分布。

本申请中，晶化玻璃原材是指经过一段时间的热处理，使玻璃达到了一定的结晶度，但还未达到目标结晶度，受热可继续晶化达到目标结晶度的玻璃原材。

本申请中，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，在化学强化处理时，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，也即，制备获得了包含压缩应力层和张应力层的化学强化微晶玻璃。本申请中通过下述公式计算得到 CT_LD：

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

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。

本申请中，CS_50 是指自化学强化微晶玻璃主表面起算的深度为 50μm 处的压应力值，单位为 MPa，由 SLP-2000 应力仪测试获得。

本申请中，|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。

本申请中，|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。

本申请中，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。

本申请中，前述应力性能的测试方式，具体如下：采用 SLP 2000 应力仪，测试化学强化微晶玻璃的 |CT_CV|，DOL_0，|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 26[(nm/cm)/MPa]，折射率设置为 1.56，曝光时间：300μsec。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。

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

本申请中，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。

本申请中，维氏硬度的测试方式，具体如下：将微晶玻璃或化学强化微晶玻璃制成长宽厚为

50mm×50mm×0.70mm 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。

本申请中, 杨氏模量是用于表征玻璃抵抗因外力作用而发生弹性形变的能力。本申请采用 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。

本申请中, 核化处理是指通过热处理使基材玻璃中成核物质生长出小晶核; 晶化处理是指通过热处理在晶核的基础上生长某种晶体。

本申请中, 微晶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, 基本可以忽略不计, 微晶玻璃的厚度与其制得的化学强化微晶玻璃的厚度基本相同。

本申请中, 微晶玻璃片尺寸规格采用二次元测量机(仪器型号为 Miyu MY-YXCL-4030)测试。

本申请中, 通过 XRD 测试确认微晶玻璃或化学强化微晶玻璃的晶相、结晶度以及平均晶粒尺寸。具体地:

(1) 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 75μm 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, 靶材为铜, $2\theta = 10^\circ - 50^\circ$, 扫描速度为 6°/min, 工作电压为 40kV, 工作电流为 30mA。

(2) 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。

(3) 结晶度(或也称晶相总含量)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。

(4) 平均晶粒尺寸(或也称平均晶体尺寸)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粒尺寸。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粒尺寸后进行平均, 得到样品中的平均晶粒尺寸。

本申请中, 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、雾度和 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、雾度及 b 值。取 5 片微晶玻璃所测得的 b 值、雾度的平均值, 分别记为微晶玻璃的 b 值结果、雾度结果。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, 记为微晶玻璃在 550nm 波长光下的透过率结果。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×4, 仪器放置的环境温度为 24℃, 空气湿度为 40%。

本申请中, 多片同一实施例或同一对比例中的化学强化微晶玻璃样品中, 每一样品所测得的抗砂纸跌落高度进行相加之和, 除以所测样品数量所得的值, 记为测试的化学强化微晶玻璃的平均抗砂纸跌落高度, 用于表征化学强化微晶玻璃抗跌落损坏性能。具体地, 每批次取至少 10 片样品进行测试, 平均

抗砂纸跌落高度 $\langle h \rangle_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i$, 其中, n 为每批次测试的玻璃样品数量, h_i 为单一样品测试的抗砂纸跌落高度;

其中, 单一样品抗砂纸跌落高度的测试方法为:

步骤 1: 在 181g 的模型机下表面贴上 80 目砂纸, 并将该模型机置于绿图 LT-SKDL-CD 型跌落机上;

步骤 2: 在模型机正下方放置待测试的化学强化微晶玻璃样品, 使化学强化微晶玻璃样品面向砂纸, 具体是使化学强化微晶玻璃的主表面朝向砂纸。使模型机以一定跌落高度冲击下落, 冲击位于该模型机正下方的化学强化微晶玻璃样品。若化学强化微晶玻璃样品未出现破碎, 则以一定规律提升模型机的跌落高度, 使模型机继续冲击下落, 冲击位于该模型机正下方的化学强化微晶玻璃样品, 直至化学强化微晶玻璃样品破碎。比如, 模型机的跌落高度从 0.4m 开始, 对样品进行一次跌落冲击, 如样品未破碎, 则模型机的跌落高度提高 0.1m 高度, 再次跌落, 重复前述过程直至化学强化微晶玻璃样品破碎;

步骤 3: 将化学强化微晶玻璃样品破碎前的上一次跌落高度, 记为其抗砂纸跌落高度, 比如, 若采用每次跌落高度提升 0.1m 的方式, 当样品破碎时的跌落高度为 0.5m, 则样品的抗砂纸跌落高度就为 0.4m。

不受限于任何理论, 推测微晶玻璃进行化学强化处理时, 主要是玻璃相中的碱金属离子与熔盐盐浴中的碱金属离子进行离子交换, 从而在微晶玻璃表面形成压缩应力结构, 以实现进一步提升微晶玻璃的机械强度性能和抗损坏性能。而微晶玻璃中所包含的密集的晶粒结构, 虽然利于提高微晶玻璃的本征强度(或也称固有强度), 提高微晶玻璃的抗损坏性能, 但由于微晶玻璃中密集的晶粒所连接形成的相互连接结构, 会把玻璃相(或也称残余玻璃相)封闭在晶粒之间, 这会阻碍离子交换的通路, 从而会阻碍玻璃相中的碱金属离子与化学强化用熔盐盐浴中的碱金属离子进行离子交换, 进而会增加微晶玻璃化学强化获得高应力性能的难度, 即, 会增加高强度化学强化微晶玻璃的制造难度。尤其是锂铝硅酸盐玻璃体系在热处理后容易析出非单一晶相, 其可能析出的晶相包括二硅酸锂晶相、石英晶相或偏硅酸锂晶相等, 而非单一晶相的微晶玻璃往往会具有更高的结晶度, 而晶体含量越高, 离子扩散所需要的能量和时间往往也会增加, 也即, 非单一晶相的结构可能还会进一步增加微晶玻璃离子交换的难度。

现有技术中, 为了制备符合应用要求的化学强化微晶玻璃, 通常会选择对现有微晶玻璃进行较长时间的化学强化处理, 或者采用高温(如, 超过 480℃)熔盐盐浴对微晶玻璃进行化学强化处理。而不管是强化时间的延长还是强化用熔盐盐浴温度的提高, 都会导致微晶玻璃化学强化成本的增加, 导致高强度化学强化微晶玻璃的制造成本的增加。

有鉴于此, 为了提高经济效益, 本申请提供了一种不同于现有技术的, 具有优异光学性能和高本征强度, 且能够实现快速离子交换以获得较高应力水平的微晶玻璃。本申请中的微晶玻璃能够在常规化学强化工艺条件下, 快速高效地制备获得具有较高应力水平, 机械强度性能优异, 抗损坏性能优异的化学强化微晶玻璃。

如上所述, 本申请的一些实施方式中, 提供了一种微晶玻璃, 所述微晶玻璃中包含二硅酸锂晶相($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$), 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, 所述微晶玻璃的组分包括: SiO_2 : 61.50%~63.40%、 Al_2O_3 : 2.75%~2.99%、 P_2O_5 : 0.91%~1.91%、 ZrO_2 : 4.20%~4.85%、 Na_2O : 1.85%~3.20%、 B_2O_3 : 0~1.00% 和 Li_2O : 25.32%~26.52%;

且所述微晶玻璃的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 、 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 和 ZrO_2 的摩尔百分比 $[\text{ZrO}_2]$ 满足如下关系:

$$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2], \quad 4.80 \leq Z \leq 5.35, \quad \text{优选为}, \quad 4.98 \leq Z \leq 5.20.$$

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度。与此同时, 二硅酸锂晶体的光折射系数与玻璃基质(如, 本申请中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。本申请中, 微晶玻璃包含以二硅酸锂为主要晶相的结构, 利于确保其获得高的本征强度(或也称固有强度)和优异的光学性能。

本申请中, 通过使微晶玻璃满足特定的组成和晶相结构, 使微晶玻璃各组分的含量和各组分含量的配比关系满足特定的范围, 使 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间满足特定的摩尔百分比关系, 同时使微晶玻璃满足以二硅酸锂作为主要晶相, 不仅能够赋予微晶玻璃优异的光学性能和高本征强度, 而且能够使微晶玻璃实现在常规化学强化工艺条件下, 快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学

强化微晶玻璃，从而能够有效地降低高强度化学强化微晶玻璃的制造成本。

本申请的微晶玻璃可由基材玻璃经过热处理制得，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。

在本申请中， SiO_2 是形成玻璃网络结构的必要组分，也是形成二硅酸锂晶体的主要组分之一。 SiO_2 含量越高，玻璃相的网络结构越为致密，相应地，微晶玻璃的机械强度也会越高，热膨胀系数会越小，耐热性能、介电性能和化学稳定性也会越好。但 SiO_2 的含量过高，会使基材玻璃的熔化温度偏高，熔融粘度较大，增加基材玻璃的成型难度。因此，为了兼顾玻璃的可成型性和各项优异性能，本申请中使 SiO_2 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为 61.50%~63.40%，优选为 61.50%~63.30%，更优选为 62.00%~62.60%。

在本申请的一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述基材玻璃或微晶玻璃中， SiO_2 的含量可以为 62.87%、62.88%、63.25%、63.26%、62.38%、62.27%、62.44%、62.45%、62.22%、63.17%、61.50%、61.60%、61.70%、61.80%、61.90%、62.00%、62.10%、62.20%、62.30%、62.40%、62.50%、62.60%、62.70%、62.80%、62.90%、63.00%、63.10%、63.20%、63.30% 或 63.40%，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， Al_2O_3 是形成玻璃网络结构的组分，适量的 Al_2O_3 有利于改善微晶玻璃的化学强化效果，在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，影响微晶玻璃的晶相结构。因此，为了获得期望的晶相结构，同时改善微晶玻璃的化学强化效果，本申请中使 Al_2O_3 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为 2.75%~2.99%。

在本申请的一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述基材玻璃或微晶玻璃中， Al_2O_3 的含量可以为 2.75%、2.77%、2.79%、2.81%、2.83%、2.85%、2.86%、2.87%、2.89%、2.91%、2.93%、2.94%、2.95%、2.97% 或 2.99%，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。

在本申请中， P_2O_5 作为成核剂，有促进玻璃均匀形核的作用。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，导致微晶玻璃的透明性降低。因此，为了获得期望的晶相结构，进而实现优异的光学性能和优异的机械强度性能，本申请中使 P_2O_5 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为 0.91%~1.91%，优选为 1.20%~1.91%，更优选为 1.30%~1.60%。

在本申请的一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述基材玻璃或微晶玻璃中， P_2O_5 的含量可以为 0.91%、0.95%、1.00%、1.05%、1.10%、1.15%、1.20%、1.25%、1.30%、1.35%、1.40%、1.45%、1.50%、1.55%、1.60%、1.65%、1.70%、1.75%、1.80%、1.85%、1.91%、1.95%、1.99% 或 2.00%，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。

在本申请中， ZrO_2 是玻璃形成的中间体氧化物，适量的 ZrO_2 可以提高微晶玻璃的化学稳定性，增加微晶玻璃的硬度以及微晶玻璃的抗划伤、抗跌落能力，同时由于 ZrO_2 阳离子电荷高、场强大，有较大的积聚作用，在微晶玻璃中也常用作成核剂。但 ZrO_2 含量过高，会导致玻璃分相或者不利于获得光学性能优异的微晶玻璃。因此，为了获得具有优异光学性能和高机械强度的微晶玻璃，本申请中使 ZrO_2 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为 4.20%~4.85%，优选为 4.20%~4.80%。

在本申请的一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述基材玻璃或微晶玻璃中， ZrO_2 的含量可以为 4.20%、4.35%、4.40%、4.45%、4.50%、4.55%、4.60%、4.65%、4.70%、4.75%、4.74%、4.84%、4.33%、4.34%、4.85% 或 4.80%，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

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, Na_2O 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,而且还会影响微晶玻璃的化学强化效果。因此,为了改善基材玻璃的可成型性和微晶玻璃的化学强化效果,本申请中使 Na_2O 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为1.80%~3.20%,优选为1.85%~3.05%,更优选为2.20%~3.00%。

在本申请的一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,所述基材玻璃或微晶玻璃中, Na_2O 的含量可以为1.80%、1.85%、1.90%、1.95%、2.00%、2.05%、2.10%、2.15%、2.20%、2.25%、2.30%、2.35%、2.40%、2.45%、2.50%、2.55%、2.60%、2.65%、2.70%、2.75%、2.80%、2.85%、2.90%、2.95%、3.00%、3.20%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%或3.05%,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。

在本申请中, B_2O_3 作为助熔剂,可以降低玻璃的高温粘度,改善 ZrO_2 带来的熔制困难的问题,同时降低玻璃的弛垂温度,但是过量的 B_2O_3 易导致微晶玻璃透明性下降。因此,为了改善基材玻璃的可成型性,同时获得期望性能的微晶玻璃,本申请中使 B_2O_3 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为0~1.00%,优选为0~0.65%。

在本申请的一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,所述基材玻璃或微晶玻璃中, B_2O_3 的含量可以为0、0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%、0.35%、0.40%、0.45%、0.50%、0.55%、0.65%、0.70%、0.80%、0.90%、1.00%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。

在本申请中, Li_2O 是形成主要晶相二硅酸锂晶相的必要组分,也是提供化学强化过程中,用于进行离子交换的锂离子的必要组分。适量的 Li_2O 不仅利于改善玻璃的粘度,促进玻璃液的熔化和澄清,而且利于确保获得期望含量的二硅酸锂晶体,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(如,钠离子)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 会使微晶玻璃的光学性能变差。因此,为了改善基材玻璃的可成型性,获得期望结构的微晶玻璃,同时改善微晶玻璃的化学强化效果,本申请中使 Li_2O 在基材玻璃或微晶玻璃中的摩尔百分比为25.32%~26.52%,优选为25.52%~26.52%,更优选为25.52%~26.00%。

在本申请的一些实施方式中,以氧化物的摩尔百分比计,所述基材玻璃或微晶玻璃中, Li_2O 的含量可以为25.32%、25.52%、25.60%、25.65%、25.70%、25.75%、25.80%、25.85%、25.90%、25.95%、26.00%、26.05%、26.10%、26.15%、26.20%、26.25%、26.30%、26.35%、26.40%、26.45%、25.62%、25.82%、25.69%、25.36%、25.77%、25.87%、25.79%、26.03%、25.74%或26.52%,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。

在本申请中,在调整并控制各氧化物组分的含量范围的基础上,通过调整并控制各氧化物组分之间的配比关系,尤其是 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间的摩尔百分比关系,不仅利于确保获得满足期望晶相结构的微晶玻璃,同时利于确保微晶玻璃获得优异的光学性能和本征强度,而且还利于确保获得的微晶玻璃实现更好的化学强化效果,使微晶玻璃实现在常规化学强化工艺条件下,快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃,从而能够有效地降低高强度化学强化微晶玻璃的制造成本。

在本申请的一些实施方式中,在所述基材玻璃或微晶玻璃的组成中, Na_2O 、 B_2O_3 和 ZrO_2 之间的摩尔百分比关系Z的值可以为4.80、4.85、4.90、4.95、4.98、5.05、5.06、5.07、5.08、5.09、5.10、5.11、

5.12、5.13、5.14、5.15、5.16、5.17、5.18、5.19、5.35、5.30 或 5.20，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，在所述基材玻璃或微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 满足如下关系： $0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%$ ，优选为， $1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%$ ，更优选为， $2.00\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%$ 。

在一些实施方式中，在所述基材玻璃或微晶玻璃的组成中， Na_2O 和 B_2O_3 之间的摩尔百分比的差值 $[\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$ 可以为 0.90%、1.00%、1.20%、1.25%、1.26%、1.35%、1.45%、1.55%、1.65%、1.75%、1.85%、1.95%、2.00%、2.05%、2.15%、2.25%、2.35%、2.45%、2.50%、2.55%、2.65%、2.75%、2.85%、2.95%、3.10%、1.79%、0.96%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%、3.00% 或 3.02%，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，在所述基材玻璃或微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 Li_2O 的摩尔百分比 $[\text{Li}_2\text{O}]$ 满足如下关系： $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85$ ，优选为， $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50$ 。

在一些实施方式中，在所述基材玻璃或微晶玻璃的组成中， Li_2O 和 Na_2O 之间的摩尔百分比的比值 $[\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}]$ 可以为 8.55、9.00、9.50、10.00、10.50、10.55、11.00、11.50、12.00、12.50、13.00、13.50、13.83、10.93、13.01、10.92、8.73、8.61、8.79、8.83 或 13.85，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，所述基材玻璃或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，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。例如，在一些实施方式中，以氧化物的摩尔百分比计，所述基材玻璃或微晶玻璃的组成还可包括： CaO ：0.00mol%-1.00mol%， K_2O ：0.00mol%-1.00mol%。

本申请中，“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”或“以二硅酸锂作为主要晶相”或其他类似表述，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 70 重量百分比(重量%)。在一些实施方式中，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在 70%以上，优选为，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在 85%以上。示例性的，微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比可以为 70%、79%、80%、81%、82%、83%、84%、85%、86%、87%、88%、89%、90%、91%、92%、93%、94%、96%、97%、98%、100% 或 95%，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，所述微晶玻璃的结晶度不低于 45%，优选为，所述微晶玻璃的结晶度为 45%~85%，更优选为，所述微晶玻璃的结晶度为 55%~65%。微晶玻璃的结晶度越高，越有利于微晶玻璃获得高的抗冲击性能和高本征强度。但结晶度过高，不仅会影响微晶玻璃的化学强化效果，使其获得具有高应力水平的化学强化微晶玻璃的化学强化时间延长，而且会影响微晶玻璃的光学性能。本申请中，通过使微晶玻璃满足期望的结晶度，利于使得微晶玻璃在满足较好的抗冲击性能和高本征强度的情况下，确保微晶玻璃具有优异的光学性能，同时利于改善其化学强化效果。

在本申请的一些实施方式中，所述微晶玻璃的结晶度可以为 45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80% 或 85%，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，所述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，所述微晶玻璃中还包含透锂长石晶相，优选透锂长石晶相占微晶玻璃的重量百分比 $\leq 20\%$ ，更优选地，透锂长石晶相占微晶玻璃的重量百分比可以 $\leq 15\%$ 、 $\leq 10\%$ ，或 $\leq 5\%$ 。在一些实施方式中，优选所述微晶玻璃中不含透锂长石晶相。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损坏性能。

在本申请的一些实施方式中，所述微晶玻璃中，平均晶粒尺寸不超过 100nm，优选为，平均晶粒尺寸不超过 40nm，更优选为，平均晶粒尺寸为 15~30nm。适宜的平均晶粒尺寸利于使微晶玻璃兼具优异的光学性能和高本征强度，而如果平均晶粒尺寸过高，微晶玻璃容易失透，而且化学强化效果也会受到影响。本申请中，通过使微晶玻璃满足适当的平均晶粒尺寸，利于使得微晶玻璃在满足较好的抗冲击性能和高本征强度的情况下，确保微晶玻璃具有优异的光学性能，同时利于改善其化学强化效果。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的平均晶粒尺寸可以为 100nm、50nm、40nm、35 nm、30 nm、25 nm、20 nm、15 nm 或 10 nm，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，所述微晶玻璃在可见光波长范围内是透明的，优选为，在 0.70mm 厚度下，对于 550nm 波长光而言，所述微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ ，优选透过率 $> 90.40\%$ 。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“可见光波长范围”指 360nm-740nm 波长的光。

在一些实施方式中，在 0.70mm 厚度下，对于 550nm 波长光而言，所述微晶玻璃的透过率可以为 90.00%、90.10%、90.20%、90.30%、90.40%、90.50%、91.00%、90.52%、90.70%、90.64%、90.85%、90.74%、90.63%、90.51%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，例如，所述微晶玻璃的透过率可以为 90%~92%或 90.4%~92%，等等，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，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的雾度 $< 0.30\%$ 。雾度是微晶玻璃的内部或表面由于光漫射造成的云雾状或混浊的外观，雾度越小，微晶玻璃的透明效果及显示效果越好。在一些实施方式中，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的雾度可以为 0.25%、0.20%、0.15%、0.10%、0.05%、0.21%、0.14%、0.12%、0.14%、0.16%或 0.30%，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，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的 b 值 < 0.70 ，优选为，b 值 ≤ 0.60 。本申请中，b 值指的是在 D65 光源下测得的光学 b 值，本申请采用柯尼卡美能达 CM-3600A，以透过率模式测试 b 值，结果中显示 b (D65)。b 值越小，越能确保微晶玻璃实现较好的显示效果，b 值偏大时，微晶玻璃会出现不期望的颜色，导致其显示效果无法满足显示屏盖板玻璃的应用要求。

在一些实施方式中，在 0.70mm 厚度下，所述微晶玻璃的 b 值可以为 0.70、0.65、0.60、0.55、0.50、0.45、0.40、0.35、0.30、0.25、0.48、0.47、0.52、0.51、0.54 或 0.20，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。

本申请的微晶玻璃透过率较高，雾度较小，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，能够满足电子设备显示屏盖板玻璃的应用要求。

在本申请的一些实施方式中，所述微晶玻璃的杨氏模量 $\geq 100\text{GPa}$ ，优选为，所述微晶玻璃的杨氏模量为 105~112.50GPa。本申请通过使微晶玻璃的杨氏模量不低于 100GPa，利于确保微晶玻璃的高网络结构强度，利于减小微晶玻璃在离子交换中产生的应力松弛效应，减缓离子交换中高温、长时间等因素对

复合压应力中深层应力的削弱作用。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的杨氏模量可以为 100GPa、105 GPa、110 GPa、106.32GPa、111.12GPa、110.82GPa、111.32GPa、110.91GPa、112.10GPa、111.87GPa 或 112.50 GPa，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，所述微晶玻璃的维氏硬度 $\geq 640\text{kgf/mm}^2$ ，优选为，所述微晶玻璃的维氏硬度 640~680kgf/mm²。该微晶玻璃的维氏硬度在上述范围内，说明微晶玻璃具有高硬度和高本征强度，进而保证了其具有优异的力学性能，利于确保其能够制备出具有高机械强度性能和优异抗损坏性能的化学强化微晶玻璃。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的维氏硬度可以为 640kgf/mm²、650kgf/mm²、660kgf/mm²、670kgf/mm²、660.12kgf/mm²、654.02kgf/mm²、650.20kgf/mm²、652.31kgf/mm²、659.65kgf/mm²、651.70kgf/mm²、654.92 或 680kgf/mm²，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，所述微晶玻璃包括平面微晶玻璃或曲面微晶玻璃。优选地，当所述微晶玻璃为曲面微晶玻璃时，所述微晶玻璃可由结晶度不低于 5% 的晶化玻璃原材进行 3D 热弯成型处理制得。不受限于任何理论，本申请发现采用部分晶化的晶化玻璃原材进行 3D 热弯，玻璃热弯形变的同时玻璃受热继续晶化达到目标结晶度，能更精确地控制 3D 热弯成型后的形变量，使得轮廓度的公差波动小，尺寸更稳定，能使热弯后的曲面微晶玻璃尺寸精度更高。本领域技术人员可具体根据所需曲面微晶玻璃的结晶度情况，确定选择的部分晶化玻璃原材的结晶度，比如，当所需曲面微晶玻璃的结晶度为约 60% 时，可选择结晶度为 50% 的部分晶化玻璃原材进行热弯成型处理，以获得满足目标结晶度的曲面微晶玻璃。本申请中，以氧化物的摩尔百分比计，所述的部分晶化玻璃的组成与所述微晶玻璃的组成相同或基本相同。

在一些实施方式中，所述微晶玻璃的厚度为 0.10~5.00mm。示例性地，所述微晶玻璃的厚度可以为 0.10~2.00mm、0.20~1.00mm 或 0.40~0.80mm。

前述介绍了微晶玻璃的组成成分和微观结构等内容以后，下面对微晶玻璃的制备方法进行具体介绍。

在本申请中，微晶玻璃的制备过程主要包括：基材玻璃的制备过程和基材玻璃的热处理过程。

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，基材玻璃的成型方式可以包括但不限于浮法、溢流、压延或浇铸工艺。示例性的，按配方将各组分混合均匀，熔融成型后，进行冷却、退火处理，即可得到基材玻璃。

示例性的，按配方比例配置各原材料（工业常规原料），加入澄清剂，然后混合一段时间，得到混料均匀的原料混合物。将原料混合物放入铂金坩埚中，加热至 1250℃~1680℃，优选熔融温度为 1480℃~1680℃，并优选在该温度条件下保温 3~12h，然后倒入成型模具中冷却成型，优选冷却至 750℃~1000℃ 后，放入退火炉中进行退火处理，优选退火温度为 400℃~650℃，优选退火时间为 10~48h；之后随炉冷却至室温，即可得到基材玻璃。本领域技术人员可以根据需求选择澄清剂的种类和用量，其不需要付出创造性劳动。进一步的，所述澄清剂可以包括但不限于氯化钠、氧化锡、氧化铈或氧化砷中的一种或多种，澄清剂添加量可以为各原料物质总量的 0-1wt%。

本申请的一些实施方式中，基材玻璃的热处理过程可以包括核化处理和/或晶化处理，优选采用核化处理和晶化处理。在一些实施方式中，所述晶化处理包括一步晶化处理或两步晶化处理。在一些实施方式中，为了制备曲面微晶玻璃，可采用两步晶化处理，当采用两步晶化处理时，第二步晶化处理为将第一步晶化处理所得的晶化玻璃原材加热到晶化温度并进行 3D 热弯成型处理，在 3D 热弯成型过程中进行第二次晶化。

本申请的一些实施方式中，为了使微晶玻璃得到所期望的物化性质，对基材玻璃进行热处理时，可以进行一步热处理，也可以进行两步或多步热处理。如进行一步热处理，则指不单独进行成核处理（即，

核化处理), 直接进行一步升温, 将成核、晶体生长在一步升温过程所达到的温度中进行, 可理解为直接进行晶化处理。如进行两步热处理, 则指进行了两步升温过程, 包括但不限于如下方式, 先进行成核处理, 即核化处理, 再进行目标晶体生长处理, 即晶化处理。

为了使微晶玻璃析出所期望的晶相, 得到所期望的物化性质, 进一步的, 核化处理的温度可以为 530~600℃, 核化处理的时间可为 0~24h, 优选为 2~8h; 晶化处理的温度可以为 700~750℃, 晶化处理的时间可为 0.10~24h, 优选为 1~3h。进行热处理时, 优选控制升温速率为 5~15℃/min, 更优选升温速率为 10℃/min。其中, 核化处理的温度是指晶核可形成的温度。晶化处理的温度是指目标晶体适宜可控生长的温度。

热处理后, 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, 例如可以进行整形处理、切割处理(如使用多线切割机进行切割)、CNC 加工处理(computer numerical control, 即数控机床)、减薄处理或抛光处理等步骤。

本申请的一些实施方式中, 还提供了一种化学强化微晶玻璃, 所述化学强化微晶玻璃由前述的微晶玻璃经过化学强化处理制得, 所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成与前述任一实施方式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, 即, 所述化学强化微晶玻璃包括压缩应力层和张应力层。

化学强化处理, 即离子交换法, 是通过将微晶玻璃浸渍在熔盐盐浴中, 使微晶玻璃中离子半径较小的碱金属离子与熔盐盐浴中离子半径较大的碱金属离子进行交换, 由此在微晶玻璃表面形成压应力层而得到机械性能更优的化学强化微晶玻璃。

应理解的是, 相较于化学强化前的微晶玻璃而言, 在进行了化学强化处理之后, 微晶玻璃制品的表面处的组成可能不同于刚形成的微晶玻璃(即, 进行化学强化处理之前的微晶玻璃, 其未进行离子交换)的组成。这是由于, 在进行离子交换时, 刚形成的微晶玻璃中, 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, 进行了化学强化处理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。

本申请的一些实施方式中, 化学强化处理可以采用单步强化法或多步强化法。化学强化处理用熔盐盐浴为含钠盐和/或钾盐的熔融盐浴。优选地, 本申请化学强化处理用熔盐盐浴为含钠盐和钾盐的混合熔融盐浴, 优选熔融盐浴的温度为 380℃~470℃, 更优选为 430℃~460℃。本申请的一些实施方式中, 优选盐浴中钾盐的浓度为 0wt%~90wt%, 钠盐的浓度为 10wt%~100wt%, 更优选在盐浴中加入一定量(如, 0.0~0.2wt%)的锂盐。本申请的一些实施方式中, 优选化学强化处理的时间为 0.1~3h。其中, 钠盐可以选自硝酸钠、硫酸钠、碳酸钠中的至少一种, 优选为硝酸钠; 钾盐可以选自硝酸钾、硫酸钾、碳酸钾中的至少一种, 优选为硝酸钾; 锂盐可以选自硝酸锂、硫酸锂、碳酸锂中的至少一种, 优选为硝酸锂。

在本申请的一些实施方式中, 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分包括: SiO_2 : 61.50%~63.40%、 Al_2O_3 : 2.75%~2.99%、 P_2O_5 : 0.91%~1.91%、 ZrO_2 : 4.20%~4.85%、 Na_2O : 1.80%~3.20%、 B_2O_3 : 0~1.00% 和 Li_2O : 25.32%~26.52%;

且所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 、 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 和 ZrO_2 的摩尔百分比 $[\text{ZrO}_2]$ 满足如下关系:

$$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2], 4.80 \leq Z \leq 5.35, \text{ 优选为, } 4.98 \leq Z \leq 5.20。$$

在本申请的一些实施方式中, 所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 满足如下关系:

$$0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%, \text{ 优选为, } 1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%, \text{ 更优选为, } 2.00\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%; \text{ 和/或,}$$

所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 Li_2O 的摩尔百分比 $[\text{Li}_2\text{O}]$

满足如下关系：

$$8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85, \text{ 优选为, } 8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50.$$

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃具有 45000~55000MPa/mm 的 CT_LD，CT_LD 为张应力线密度，优选为，所述化学强化微晶玻璃具有 48000~53000MPa/mm 的 CT_LD。控制化学强化微晶玻璃的 CT_LD 为 45000~55000MPa/mm，有利于确保化学强化微晶玻璃内部储存的张应力足够密集，进而保证了其具有较高的表面应力水平，保证其获得优异的抗损坏性能，如优异的抗跌落性能，以满足市场需求。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的 CT_LD 可以为 45000 MPa/mm、46000 MPa/mm、47000 MPa/mm、48000 MPa/mm、49000 MPa/mm、50000 MPa/mm、51000 MPa/mm、52000 MPa/mm、53000 MPa/mm、54000 MPa/mm、50479MPa/mm、50547MPa/mm、50297MPa/mm、50497MPa/mm、50833MPa/mm、52768MPa/mm 或 55000 MPa/mm，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。

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃具有 150~199MPa 的 CS_50，优选具有 160~199MPa 的 CS_50。CS_50 指自化学强化微晶玻璃主表面起算的深度为 50 μm 处的压应力值。当钝物或尖锐物接触化学强化微晶玻璃时，化学强化微晶玻璃表面所具有的应力结构会优先抵消其受到的冲击力，而通过使化学强化微晶玻璃具有较高的表面应力水平，其所能抵消的跌落、挤压、冲击或碰撞剩余能量会越多，进而利于保证其具有优异的抗损坏性能，如优异的抗跌落性能。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的 CS_50 可以为 150MPa、160 MPa、170 MPa、180 MPa、190 MPa、163.97 MPa、173.80 MPa、168.90 MPa、174.60 MPa、178.20 MPa、176.89 MPa、179.72 MPa 或 199 MPa，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。

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃具有 80~98MPa 的|CT_AV|。|CT_AV|是指张应力层中平均张应力的绝对值。通过使化学强化微晶玻璃的|CT_AV|为 80~98MPa，利于保证化学强化微晶玻璃具有更优的张应力分布结构，使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，进而保证了化学强化微晶玻璃具有优异的抗损坏性能。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的|CT_AV|可以为 80 MPa、85 MPa、90 MPa、95 MPa、96.94MPa、86.77MPa、89.37MPa、90.20MPa、92.10MPa、91.58MPa、93.60MPa 或 98 MPa，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。

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃具有 115~142MPa 的|CT_CV|。|CT_CV|是指最大张应力的绝对值。优选为，所述化学强化微晶玻璃具有 120~140MPa 的|CT_CV|。通过使化学强化微晶玻璃的|CT_CV|为 115~142MPa，利于保证化学强化微晶玻璃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，进而保证了化学强化微晶玻璃具有优异的抗损坏性能。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的|CT_CV|可以为 115MPa、120 MPa、125 MPa、130 MPa、135 MPa、125.68MPa、133.49MPa、136.28MPa、141.54MPa、141.63MPa、138.76MPa 或 142MPa，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。

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度 $\geq 680\text{kgf/mm}^2$ ，优选地，所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度为 $700\text{kgf/mm}^2 \sim 800\text{kgf/mm}^2$ 。通过使化学强化微晶玻璃的维氏硬度在上述范围内，能够赋予化学强化微晶玻璃高硬度和高机械强度性能，进而保证了其具有优异的抗损坏性能。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度可以为 680kgf/mm^2 、 690kgf/mm^2 、700

kgf/mm²、710 kgf/mm²、720 kgf/mm²、730 kgf/mm²、740 kgf/mm²、750 kgf/mm²、760 kgf/mm²、770 kgf/mm²、780 kgf/mm²、790 kgf/mm²、726.25kgf/mm²、723.96kgf/mm²、724.50kgf/mm²、720.31kgf/mm²、730.98kgf/mm²、718.60kgf/mm²、731.57kgf/mm²或800kgf/mm²，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。

在本申请的一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃具有0.18t~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，优选为，所述化学强化微晶玻璃具有0.20t~0.25t的DOL₀。通过使化学强化微晶玻璃具有适宜的DOL₀，能够防止钝物或尖锐物品冲击、刺入时，突然产生的裂纹直接穿透压应力区域到达张应力区域导致微晶玻璃碎裂，从而越有利于提高化学强化微晶玻璃抵消驱使裂纹扩展的能量，进而保证化学强化微晶玻璃具有优异的抗损坏性能，如优异的抗跌落性能。

在一些实施方式中，所述化学强化微晶玻璃的DOL₀可以为0.18t、0.20t、0.21t、0.22t、0.23t、0.24t或0.25t，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。示例性的，当化学强化微晶玻璃的厚度为0.7mm时，所述化学强化微晶玻璃的DOL₀可以为152.94μm、142.25μm、143.26μm、144.20μm、143.80μm、142.67μm、144.26μm、126μm、130μm、135μm、140μm、150μm或160μm，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。

在本申请的一些实施方式中，微晶玻璃或化学强化微晶玻璃可以为2D、2.5D、3D或异型的；和/或，微晶玻璃或化学强化微晶玻璃可以为等厚的或不等厚的。本领域技术人员可以根据需求进行选择。这里的“不等厚”是指微晶玻璃或化学强化微晶玻璃中包含至少两个厚度不同的部分。

本申请中，通过使所述化学强化微晶玻璃满足特定的应力特征，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以及优异的抗损坏性能，尤其是优异的抗跌落损坏性能。

在本申请的一些实施方式中，采用80目砂纸，对厚度为0.7mm的所述化学强化微晶玻璃进行抗砂纸跌落测试，所述化学强化微晶玻璃的平均抗砂纸跌落高度≥1.0m，优选平均抗砂纸跌落高度≥1.2m，更优选平均抗砂纸跌落高度≥1.5m。这表明本申请的化学强化微晶玻璃的抗跌落性能优异。在一些实施方式中，采用80目砂纸，对厚度为0.7mm的所述化学强化微晶玻璃进行抗砂纸跌落测试，所述化学强化微晶玻璃的平均抗砂纸跌落高度可以为1.0m、1.1m、1.2m、1.3m、1.4m、1.5m、1.6m、1.7m、1.8m、1.9m、2.0m、1.75m、1.68m、1.64m、1.57m、1.60m、1.62m、1.78m或者2.1m等。

本申请所提供的具有优异性能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、智能穿戴（如，智能手环、智能手表、智能眼镜），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。

示例性的，本申请所提供的具有优异性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，可以用于制造玻璃器件。这里所指的玻璃器件可以为规整的，也可以为非规整的，本领域技术人员可以根据需求制造。

示例性的，本申请所提供的具有优异性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，可以用于制造盖板玻璃，所述盖板玻璃可以是电子设备的显示屏盖板、后盖或摄像头保护盖板。示例性的，本申请所提供的具有优异性能的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，可以用于电子设备中。参考图9、图10和图11，本申请实施例提供了一种电子设备，该电子设备可以是手机、也可以是平板电脑、智能穿戴设备等电子产品，电子设备包括组装在电子设备外侧的外壳1，以及位于外壳1内部的电路板、电池等元器件，外壳1包括组装在前侧的显示屏盖板11和组装在后侧的后盖12，显示屏盖板11盖设于显示模组4上，其中，显示屏盖板11和/或后盖12可采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃制成。本申请实施例中，显示屏盖板

11 和后盖 12 可以是全部采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，也可以只是局部采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。本申请实施方式中，显示屏可以是触摸显示屏，显示屏盖板 11 可以是设置于触摸显示屏上的保护盖板。本申请实施方式中，后盖 12 可以是仅覆盖电子设备的后侧(即，背离显示屏的一侧)，也可以是同时覆盖电子设备的后侧和侧边框，可选地，后盖 12 可以是覆盖电子设备四周的所有侧边框，也可以是覆盖部分侧边框。

本申请一些实施方式中，如图 10 所示，电子设备还包括位于外壳 1 内部的摄像头组件 2，外壳 1 可以包括摄像头保护盖板 13，摄像头保护盖板 13 盖设在摄像头组件 2 上用于保护摄像头组件 2，摄像头保护盖板 13 可采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。本申请实施方式中，摄像头保护盖板 13 可以是部分采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，也可以是全部采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。本申请实施方式中，摄像头保护盖板 13 的设置位置根据摄像头组件 2 的设置位置而定，可以是位于电子设备前侧，也可以是位于电子设备的后侧。本申请一些实施方式中，摄像头保护盖板 13 可以是与显示屏盖板 11 或后盖 12 为分体结构。本申请另一些实施方式中，摄像头保护盖板 13 也可以是与显示屏盖板 11 或后盖 12 为一体结构。

本申请的一些实施方式中，如图 11 所示，电子设备还包括位于显示模组 4 和所述外壳 1 之间的中框 3，所述中框 3 可包括前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。

本申请实施方式中，电子设备中的显示屏盖板、后盖、摄像头保护盖板、中框，可以是四者中任意一者采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，也可以是其中任意两者采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，还可以是三者都采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃，还可以是四者都采用前述的微晶玻璃或化学强化微晶玻璃。

在本申请的一些实施方式中，电子设备中的显示屏盖板、后盖、摄像头保护盖板或中框，可以为 2D、2.5D、3D 或异型的。在本申请的一些实施方式中，电子设备中的显示屏盖板、后盖、摄像头保护盖板或中框，可以为等厚的或不等厚的。

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可以为 0.1~5mm、0.1~2.0mm、0.2~1mm 或 0.4~0.8mm。

以下结合实施例对本申请的技术方案作进一步的详细描述。下面所详细描述的本申请的实施例，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。

实施例 1

(1) 基材玻璃的制备：

按表 1 中的配方比例配置各原材料(工业常规原料)，配置的原料总质量为 1000g，并向配置好的原料中加入 5g 的澄清剂氯化钠(NaCl)，然后用 V 型混合机混合 30 分钟，得到混料均匀的原料混合物。

将原料混合物转移至铂金坩埚中，后在 1650℃ 的铂金坩埚中熔化 5 小时，之后倒在成型模具中成型冷却，冷却至 900℃，后放入 500℃ 退火炉中退火 24 小时，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：将基材玻璃砖放入退火炉内，由室温以 10℃/min 升温速率升至 550℃，进行核化处理，在此温度下保温处理 4h 后，再以 10℃/min 升温速率升至 710℃，进行晶化处理，在此温度下保温处理 1.5h，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。

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)、抛光的冷加工处理后，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 0.70mm 的微晶玻璃样品，具体为，制成 50mm×50mm×0.70mm 的微晶玻璃抛光片样品。

对实施例 1 所得微晶玻璃样品进行测试的情况：

分别测试微晶玻璃样品的晶相组成、结晶度、平均晶粒尺寸、维氏硬度、杨氏模量以及厚度为 0.7mm 的微晶玻璃样品的光学 b 值、雾度和透过率(在 550nm 波长光下)，结果分别如表 2 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 460℃ 的熔盐盐浴内进行化学强化处理，熔盐的组成为 70wt% KNO_3 +30wt% NaNO_3 +0.03wt% LiNO_3 (以 KNO_3 和 NaNO_3 总质量为基准，加入占比为 0.03wt% 的 LiNO_3)，化学强化处理 2h 后，取出微晶玻

璃样品并放在强化炉炉体上缓慢冷却至室温后，用清水洗掉包裹在微晶玻璃表面的盐分，对微晶玻璃样品干燥处理后，即可得到化学强化微晶玻璃。

对实施例 1 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=26(nm/cm)/MPa，折射率设置为 1.56，曝光时间：300μsec）下，测定，[CT_CV]、DOL_0、CS_50 及[CT_AV]；再计算出张应力线密度（CT_LD）值，结果如表 3 所示。

II、测试化学强化微晶玻璃的维氏硬度，结果如表 3 所示。

III、测试化学强化微晶玻璃的平均抗砂纸跌落高度，结果如表 3 所示。

实施例 2-实施例 7

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 3 所示。

其中，实施例 2 的微晶玻璃的 XRD 图谱如图 1 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 2 的微晶玻璃的透过率曲线图如图 2 所示，由该图可知，微晶玻璃在可见光范围内是透明的，且具有高透过率。

实施例 2 的微晶玻璃在化学强化前后的 XRD 图谱对比图如图 3 所示，由该图可知，微晶玻璃的晶相结构在化学强化处理前后，未发生明显变化，由微晶玻璃制得的化学强化微晶的主要晶相也为二硅酸锂晶相。

实施例 2 和实施例 7 的微晶玻璃的实物图分别如图 4、图 5 所示，为了呈现出微晶玻璃片的状态，在黑色背景的纸张上面进行的拍摄。由图可知，本申请微晶玻璃由于 b 值较小，基本为透明无色状态，能够实现较好的显示效果。

对比例 1-对比例 12

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 1-表 3 所示。

对比例 5、对比例 6 和对比例 8 的微晶玻璃的实物图分别如图 6、图 7、图 8 所示，为了呈现出微晶玻璃片的状态，在黑色背景的纸张上面进行的拍摄。由图可知，对比例的微晶玻璃由于 b 值偏大，出现了明显发蓝的情况，b 值越大，所呈现的蓝色越明显，其对于显示效果的影响也越大。

表 1

氧化物 /mol%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	ZrO ₂	Na ₂ O	CaO	B ₂ O ₃	Li ₂ O	Z	[Na ₂ O]-[B ₂ O ₃]	[Li ₂ O]/[Na ₂ O]
实施例 1	62.88	2.86	1.40	4.80	1.85	0	0.59	25.62	5.19	1.26	13.83
实施例 2	63.26	2.87	1.41	4.33	2.36	0	0	25.77	5.10	2.36	10.92
实施例 3	62.38	2.93	1.53	4.34	2.96	0	0	25.87	5.09	2.96	8.73
实施例 4	62.26	2.94	1.54	4.35	3.01	0	0	25.90	5.06	3.01	8.61
实施例 5	62.45	2.94	1.54	4.35	2.93	0	0	25.79	5.13	2.93	8.79
实施例 6	62.22	2.93	1.54	4.33	2.95	0	0	26.03	5.09	2.95	8.83
实施例 7	63.17	2.99	1.41	4.33	2.36	0	0	25.74	5.09	2.36	10.93
对比例 1	63.89	2.90	1.43	3.87	1.88	0	0	26.03	3.87	1.88	13.83
对比例 2	63.37	2.88	1.41	4.34	1.87	0	0.30	25.83	4.54	1.57	13.83

对比例 3	62.7 5	2.85	1.40	4.79	2.34	0	0.30	25.5 7	5.7 7	2.05	10.92
对比例 4	63.1 9	2.87	1.41	3.83	2.36	0	0.59	25.7 5	4.7 7	1.76	10.92
对比例 5	62.6 2	2.85	1.40	4.78	2.83	0	0	25.5 2	5.7 1	2.83	9.03
对比例 6	63.0 5	2.87	1.41	3.82	2.85	0	0.30	25.7 0	4.6 9	2.55	9.03
对比例 7	62.5 6	2.84	1.40	4.29	2.82	0	0.59	25.5 0	5.3 9	2.24	9.03
对比例 8	63.8 1	3.02	1.42	4.37	2.38	0	0	25.0 0	5.1 6	2.38	10.51
对比例 9	63.9 4	3.02	1.23	4.38	2.38	0	0	25.0 5	5.1 8	2.38	10.51
对比例 10	63.1 7	2.99	1.41	4.33	2.36	0	0.99	24.7 5	5.5 5	1.36	10.51
对比例 11	63.1 7	2.99	1.41	4.33	2.36	0.9 9	0	24.7 5	5.0 9	2.36	10.51
对比例 12	62.5 5	2.96	1.40	4.29	3.31	0	0	25.4 9	4.5 7	3.31	7.70

注：表 1 中氧化物含量为“0”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。表中是以氧化物摩尔计的含量百分比代入各公式的，摩尔单位不参与公式的计算。

表 2

微晶玻璃	核化温度 ℃	核化时间 h	晶化温度 ℃	晶化时间 h	主晶相	结晶度	平均晶粒尺寸, nm	杨氏模量, GPa	维氏硬度, kgf/m ²	b 值	透过率 @50 nm	雾度
实施例 1	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.2 6%	28.60	106.3 2	660.12	0.50	90.5 2%	0.2 1%
实施例 2	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.9 7%	28.20	111.1 2	654.02	0.48	90.7 0%	0.1 4%
实施例 3	550	4	715	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.6 9%	28.80	110.8 2	650.20	0.47	90.6 4%	0.1 6%
实施例 4	550	4	715	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.7 5%	29.20	111.3 2	652.31	0.52	90.8 5%	0.1 2%
实施例 5	550	4	715	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.4 2%	29.50	110.9 1	659.65	0.51	90.7 4%	0.1 4%
实施例 6	550	4	715	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	60.1 4%	27.60	112.1 0	651.70	0.54	90.6 3%	0.1 6%
实施例 7	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.8 5%	28.80	111.8 7	654.92	0.55	90.5 1%	0.2 1%
对比例 1	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	60.9 2%	34.40	114.5 9	653.21	1.41	89.7 3%	0.4 8%
对比例 2	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	60.0 8%	40.60	109.1 0	664.23	2.33	88.8 7%	0.6 0%
对比例 3	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.1 6%	46.90	108.9 9	668.32	2.86	88.0 2%	1.0 7%
对比例 4	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	60.1 7%	44.80	109.5 3	669.21	2.73	87.8 3%	1.0 4%
对比例 5	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.0 6%	52.40	117.0 9	658.29	2.81	87.9 3%	1.1 3%

对比例 6	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	60.07%	54.80	104.92	659.47	1.80	88.70%	0.98%
对比例 7	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.25%	61	108.91	668.47	1.68	89.21%	0.63%
对比例 8	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	57.64%	34.90	108.00	670.27	0.82	90.28%	0.23%
对比例 9	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	58.65%	33.20	107.05	663.21	1.85	89.06%	0.77%
对比例 10	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	56.97%	26.70	107.65	674.95	1.14	90.08%	0.28%
对比例 11	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	57.10%	33.70	109.99	670.36	1.18	90.03%	0.31%
对比例 12	550	4	710	1.50	Li ₂ Si ₂ O ₅	59.24%	35.80	108.94	674.79	0.85	90.31%	0.28%

表 3

化学强化微晶玻璃	盐浴组成	化学强化温度, °C	化学强化时间, h	CT-LD, MPa/mm	DOL_0, μm	CS_50, MPa	CT_AV , MPa	CT_CV , MPa	维氏硬度, kgf/mm ²	平均抗砂纸跌落高度, m
实施例 1	70wt %KN O ₃ +30wt %NaNO ₃ +0.03wt %LiNO ₃	460	2	52983.32	146.56	156.00	90.19	133.56	726.25	1.75
实施例 2		460	3	50479.24	142.25	173.80	86.77	125.68	723.96	1.68
实施例 3		460	3	50546.87	143.26	168.90	89.37	133.49	724.50	1.64
实施例 4		460	3	50297.21	144.20	174.60	90.20	136.28	720.31	1.57
实施例 5		460	2	50497.20	143.80	178.20	92.10	141.54	730.98	1.60
实施例 6		460	2	50832.90	142.67	176.89	91.58	141.63	718.60	1.62
实施例 7		460	2	52768.39	144.26	179.72	93.60	138.76	731.57	1.78
对比例 1		460	3	48730.12	159.12	170.10	88.28	133.25	730.86	1.42
对比例 2		460	3	49511.53	156.97	160.68	88.74	134.57	738.35	1.40
对比例 3		460	2	54019.55	149.23	164.26	94.17	141.30	745.21	1.75
对比例 4		460	4	44664.28	158.10	163.46	78.39	114.99	751.20	1.27
对比例 5		460	3	57133.28	152.62	148.03	92.21	148.70	745.80	1.89
对比例 6		460	2	44428.09	144.61	158.08	75.38	107.17	730.45	1.29
对比例 7		460	3	48135.83	150.86	132.98	87.19	131.32	740.67	1.48
对比例 8		460	2	50403.40	141.48	190.21	85.41	120.25	745.21	1.60
对比例 9		460	4	52841.93	147.38	165.06	92.21	138.74	739.57	1.69
对比例 10		460	2	51356.69	142.15	182.13	84.88	120.83	745.63	1.65

对比例 11		460	2	52622.80	146.6 0	151.5 4	90.15	129.3 3	748.81	1.62
对比例 12		460	2	50872.40	138.6 8	173.9 8	85.02	119.6 0	743.08	1.63

由上表 1-表 3 的实施例和对比例可得，相较于对比例，采用本申请的实施例方案，通过控制微晶玻璃的各组成成分及配比关系，在满足各氧化物含量范围的同时，控制 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间的摩尔百分比关系满足特定的范围要求，同时使微晶玻璃形成以二硅酸锂作为主要晶相的微观结构，不仅赋予了微晶玻璃优异的光学性能（如，高透过率、低雾度及低 b 值）和高本征强度（如，高杨氏模量及高维氏硬度），而且能够确保使微晶玻璃在常规化学强化工艺条件下，快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃，本申请实施例所制得的化学强化微晶玻璃具有较高的 CS_{50} 、 $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ 、 DOL_0 以及 CT_{LD} ，且具有优异的抗跌落性能。

而对比例 1-对比例 12 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 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间的摩尔百分比关系，最终，在各对比例的方案中，要么出现了制得的微晶玻璃的光学性能较差，如微晶玻璃的透过率较低、光学 b 值较高或雾度较大，要么出现了在同等化学强化工艺条件下，制得的化学强化微晶玻璃的应力性能不如实施例方案，抗跌落性能变差。也即，对比例的方案由于不同时满足本申请的方案要求，其无法同时兼顾优异的光学性能和高的应力水平。

以上仅为本申请的具体实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

工业实用性

本申请通过使微晶玻璃满足特定的组成和晶相结构，使微晶玻璃各组分的含量和各组分含量的配比关系满足特定的范围，使 Na_2O 、 B_2O_3 、 ZrO_2 或 Li_2O 之间满足特定的摩尔百分比关系，同时使微晶玻璃满足以二硅酸锂作为主要晶相，不仅能够赋予微晶玻璃优异的光学性能和高本征强度，而且能够使微晶玻璃实现在常规化学强化工艺条件下，快速高效制得具有较高应力水平和较高机械强度性能的化学强化微晶玻璃，从而能够有效地降低高强度化学强化微晶玻璃的制造成本。

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；
以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃的组分包括： SiO_2 : 61.50%~63.40%、 Al_2O_3 : 2.75%~2.99%、 P_2O_5 : 0.91%~1.91%、 ZrO_2 : 4.20%~4.85%、 Na_2O : 1.80%~3.20%、 B_2O_3 : 0~1.00%和 Li_2O : 25.32%~26.52%；
且所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 、 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 和 ZrO_2 的摩尔百分比 $[\text{ZrO}_2]$ 满足如下关系：
$$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2]$$
$$4.80 \leq Z \leq 5.35$$
，优选为， $4.98 \leq Z \leq 5.20$ 。
- 2、根据权利要求1所述的微晶玻璃，其特征在于，所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 满足如下关系：
$$0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%$$
，优选为， $1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%$ ，更优选为， $2.00\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%$ 。
- 3、根据权利要求1或2所述的微晶玻璃，其特征在于，所述微晶玻璃的组成中， Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 Li_2O 的摩尔百分比 $[\text{Li}_2\text{O}]$ 满足如下关系：
$$8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85$$
，优选为， $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50$ 。
- 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，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在70%以上，优选为，所述微晶玻璃的所有晶相中，二硅酸锂晶相的重量占比在85%以上。
- 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，以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃中：
 SiO_2 的摩尔百分比为61.50%~63.30%，优选为， SiO_2 的摩尔百分比为62.00%~62.60%；和/或，
 P_2O_5 的摩尔百分比为1.20%~1.91%，优选为， P_2O_5 的摩尔百分比为1.30%~1.60%；和/或，
 Na_2O 的摩尔百分比为1.85%~3.05%，优选为， Na_2O 的摩尔百分比为2.20%~3.00%；和/或，
 B_2O_3 的摩尔百分比为0~0.65%；和/或， ZrO_2 的摩尔百分比为4.20%~4.80%；和/或，
 Li_2O 的摩尔百分比为25.52%~26.52%，优选为， Li_2O 的摩尔百分比为25.52%~26.00%。
- 6、根据权利要求1-4中任一项所述的微晶玻璃，其特征在于，以氧化物的摩尔百分比计，所述微晶玻璃中：
 SiO_2 的摩尔百分比为62.88%、63.30%、62.50%、63.26%、62.38%、62.27%、62.45%、62.22%或63.17%；
和/或，
 Al_2O_3 的摩尔百分比为2.86%、2.87%、2.93%、2.94%或2.99%；和/或，
 P_2O_5 的摩尔百分比为1.00%、1.20%、1.30%、1.60%、1.40%、1.41%、1.53%或1.54%；和/或，
 ZrO_2 的摩尔百分比为4.80%、4.74%、4.84%、4.33%、4.34%或4.35%；和/或，
 Na_2O 的摩尔百分比为1.85%、2.35%、1.95%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%或2.95%；和/或，
 Li_2O 的摩尔百分比为25.62%、25.82%、25.69%、25.36%、25.77%、25.87%、25.90%、25.79%、26.03%或25.74%。
- 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表示的含量计，所述微晶玻璃的组成满足：
式Z的值为5.19、5.10、5.09、5.06或5.13；和/或，
 $[\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3]$ 的值为1.26%、1.79%、0.96%、2.36%、2.96%、3.01%、2.93%或2.95%；和/或，
 $[\text{Li}_2\text{O}] / [\text{Na}_2\text{O}]$ 的值为13.83、10.93、13.01、10.92、8.73、8.61、8.79或8.83。
- 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，所述微晶玻璃的结晶度不低于45%，优选为，所述微晶玻璃的结晶度为45%~85%，更优选为，所述微晶玻璃的结晶度为55%~65%；和/或，
所述微晶玻璃中，平均晶粒尺寸不超过100nm，优选为，平均晶粒尺寸不超过40nm，更优选为，平均晶粒尺寸为15~30nm。
- 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，所述微晶玻璃在可见光波长范围内是透明的，优选为，在0.70mm厚度下，对于550nm波长光而言，所述微晶玻璃的透过率 $\geq 90.00\%$ ，优选透过率 $> 90.40\%$ ；和/或，在0.7mm厚度下，所述微晶玻璃的雾度 $< 0.30\%$ 。
- 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，在0.70mm厚度下，所述微晶玻璃的b值 < 0.70 ，优选为，b值 ≤ 0.60 。
- 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 $\geq 100\text{GPa}$ 。

- 优选为, 所述微晶玻璃的杨氏模量为 105~112.50GPa; 和/或,
所述微晶玻璃的维氏硬度 $\geq 640\text{kgf/mm}^2$, 优选为, 所述微晶玻璃的维氏硬度 640~680kgf/mm²。
- 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, 所述微晶玻璃包括平面微晶玻璃或曲面微晶玻璃; 优选地, 当所述微晶玻璃为曲面微晶玻璃时, 所述微晶玻璃可由结晶度不低于 5% 的晶化玻璃原材进行 3D 热弯成型处理制得。
- 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, 所述微晶玻璃由基材玻璃经过热处理制得, 优选地, 所述热处理过程包括核化处理和/或晶化处理, 优选地, 所述晶化处理包括一步晶化处理或两步晶化处理, 优选地, 可通过两步晶化处理制备曲面微晶玻璃, 当采用两步晶化处理时, 第二步晶化处理为将第一步晶化处理所得的晶化玻璃原材加热到晶化温度并进行 3D 热弯成型处理。
- 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压缩应力层和张应力层。
- 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分包括: SiO_2 : 61.50%~63.40%、 Al_2O_3 : 2.75%~2.99%、 P_2O_5 : 0.91%~1.91%、 ZrO_2 : 4.20%~4.85%、 Na_2O : 1.80%~3.20%、 B_2O_3 : 0~1.00% 和 Li_2O : 25.32%~26.52%;
且所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 、 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 和 ZrO_2 的摩尔百分比 $[\text{ZrO}_2]$ 满足如下关系:
$$Z = -1.344 \times (2.65 - 100 \times [\text{Na}_2\text{O}])^2 + 0.466 \times 100 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.203 \times 100 \times [\text{ZrO}_2], 4.80 \leq Z \leq 5.35$$
, 优选为, $4.98 \leq Z \leq 5.20$ 。
- 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, 所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 B_2O_3 的摩尔百分比 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ 满足如下关系:
 $0.90\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.10\%$, 优选为, $1.25\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.02\%$, 更优选为, $2.00\% \leq [\text{Na}_2\text{O}] - [\text{B}_2\text{O}_3] \leq 3.00\%$; 和/或,
所述化学强化微晶玻璃的中心处的组成中, Na_2O 的摩尔百分比 $[\text{Na}_2\text{O}]$ 和 Li_2O 的摩尔百分比 $[\text{Li}_2\text{O}]$ 满足如下关系:
 $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 13.85$, 优选为, $8.55 \leq [\text{Li}_2\text{O}]/[\text{Na}_2\text{O}] \leq 11.50$ 。
- 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, 所述化学强化微晶玻璃具有 45000~55000MPa/mm 的 CT_{LD} , CT_{LD} 为张应力线密度, 优选为, 所述化学强化微晶玻璃具有 48000~53000MPa/mm 的 CT_{LD} ; 和/或,
所述化学强化微晶玻璃具有 0.18t~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, 优选为, 所述化学强化微晶玻璃具有 0.20t~0.25t 的 DOL_0 ; 和/或,
所述化学强化微晶玻璃具有 150~199MPa 的 CS_{50} , CS_{50} 指自化学强化微晶玻璃主表面起算的深度为 50 μm 处的压应力值, 优选为, 所述化学强化微晶玻璃具有 160~199MPa 的 CS_{50} ; 和/或,
所述化学强化微晶玻璃具有 80~98MPa 的 $|\text{CT}_{\text{AV}}|$, $|\text{CT}_{\text{AV}}|$ 为平均张应力的绝对值; 和/或,
所述化学强化微晶玻璃具有 115~142MPa 的 $|\text{CT}_{\text{CV}}|$, $|\text{CT}_{\text{CV}}|$ 为最大张应力的绝对值, 优选为, 所述化学强化微晶玻璃具有 120~140MPa 的 $|\text{CT}_{\text{CV}}|$ 。
- 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, 所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度大于或等于 680kgf/mm², 优选地, 所述化学强化微晶玻璃的维氏硬度为 700kgf/mm²~800kgf/mm²。
- 19、一种盖板玻璃, 其特征在于, 所述盖板玻璃包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或如权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。
- 20、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 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。
- 21、根据权利要求 20 所述的电子设备, 其特征在于, 所述电子设备包括组装在所述电子设备外侧的外壳, 以及位于所述外壳内部的电路板, 所述外壳包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包括如权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。
- 22、根据权利要求 21 所述的电子设备, 其特征在于, 所述外壳包括组装在所述电子设备前侧的显示屏盖板, 所述显示屏盖板包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包括如权利要求 14-17 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。
- 23、根据权利要求 21 或 22 所述的电子设备, 其特征在于, 所述外壳包括组装在所述电子设备后侧的后盖, 所述后盖包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包括如权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。

- 24、根据权利要求 21-23 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备还包括位于所述外壳内部的摄像头组件，所述外壳包括摄像头保护盖板，所述摄像头保护盖板盖设在所述摄像头组件上，所述摄像头保护盖板包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或包括如权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。
- 25、根据权利要求 20-24 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备还包括中框，所述中框包括如权利要求 1-13 中任一项所述的微晶玻璃或如权利要求 14-18 中任一项所述的化学强化微晶玻璃。