



(21) 申請案號：110127289

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 06 日

(51) Int. Cl. :

*C03C21/00 (2006.01)**C03C3/091 (2006.01)**C03C3/085 (2006.01)**C03C3/087 (2006.01)**C03C4/18 (2006.01)**B32B17/06 (2006.01)**H05K5/03 (2006.01)*

(30) 優先權：2016/01/08

美國

62/276,431

(71) 申請人：美商康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)

美國

(72) 發明人：畢歐 喬治哈爾西 BEALL, GEORGE HALSEY (US)；德奈卡 馬修約翰 DEJNEKA, MATTHEW JOHN (US)；高曼茲 希紐 GOMEZ, SINUE (US)；付強 FU, QIANG (CN)；莫雷納 羅伯特麥可 MORENA, ROBERT MICHAEL (US)；史密斯 夏琳瑪莉 SMITH, CHARLENE MARIE (US)

(74) 代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 56 頁

(54) 名稱

具固有耐損性之可化學強化的鋰鋁矽酸鹽玻璃

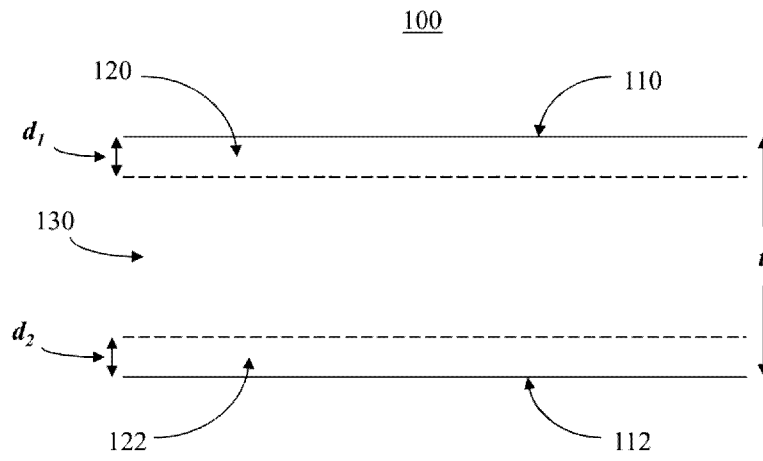
(57) 摘要

一組  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$  族系的玻璃組成，可在含有  $\text{NaNO}_3$  與  $\text{KNO}_3$  的至少一者的單一或多個離子交換浴中化學強化，計短時間（2-4 小時），以形成深層深度（DOL）。在一些情況下，DOL 為至少 70 微米；在其他情況下為至少約 100 微米。離子交換玻璃具有高耐損性（壓痕斷裂韌度為大於 10 公斤力至大於 50 公斤力），此優於或至少可比鈉鋁矽酸鹽玻璃。

A group of glass compositions in the  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$  family that can be chemically strengthened in single or multiple ion exchange baths containing at least one of  $\text{NaNO}_3$  and  $\text{KNO}_3$  for a short time (2-4 hours) to develop a deep depth of layer (DOL). In some instances, the DOL is at least 70  $\mu\text{m}$ ; in others, at least about 100  $\mu\text{m}$ . The ion exchanged glasses have a high damage resistance (indentation fracture toughness ranging from greater than 10 kgf to greater than 50 kgf) that is better than or at least comparable to that of sodium aluminosilicate glasses.

指定代表圖：

第1圖



符號簡單說明：

100:玻璃物件

110、112:表面

120、122:壓縮層

130:中心區域

$d_1$ 、 $d_2$ :深度

$t$ :厚度



202140403

申請日:

IPC 分類:

**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 具固有耐損性之可化學強化的鋰鋁矽酸鹽玻璃**【英文發明名稱】** CHEMICALLY STRENGTHENABLE LITHIUM

ALUMINOSILICATE GLASSES WITH INHERENT DAMAGE RESISTANCE

**【中文】**

一組  $\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$  族系的玻璃組成，可在含有  $\text{NaNO}_3$  與  $\text{KNO}_3$  的至少一者的單一或多個離子交換浴中化學強化，計短時間（2-4 小時），以形成深層深度（DOL）。在一些情況下，DOL 為至少 70 微米；在其他情況下為至少約 100 微米。離子交換玻璃具有高耐損性（壓痕斷裂韌度為大於 10 公斤力至大於 50 公斤力），此優於或至少可比鈉鋁矽酸鹽玻璃。

**【英文】**

A group of glass compositions in the  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$  family that can be chemically strengthened in single or multiple ion exchange baths containing at least one of  $\text{NaNO}_3$  and  $\text{KNO}_3$  for a short time (2-4 hours) to develop a deep depth of layer (DOL). In some instances, the DOL is at least 70  $\mu\text{m}$ ; in others, at least about 100  $\mu\text{m}$ . The ion exchanged glasses have a high damage resistance (indentation fracture toughness ranging from greater than 10 kgf to greater than 50 kgf) that is better than or at least comparable to that of sodium aluminosilicate glasses.

**【指定代表圖】** 第 (1) 圖。**【代表圖之符號簡單說明】**

100 玻璃物件

申請案號：

申請日：

IPC 分類：

1 1 0 、 1 1 2 表 面

1 2 0 、 1 2 2 壓 縮 層

1 3 0 中 心 區 域

$d_1$  、  $d_2$  深 度

t 厚 度

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】具固有耐損性之可化學強化的鋰鋁矽酸鹽玻璃

【英文發明名稱】CHEMICALLY STRENGTHENABLE LITHIUM

ALUMINOSILICATE GLASSES WITH INHERENT DAMAGE RESISTANCE

交互參照之相關申請案

【0001】 本申請案根據專利法法規主張西元2016年1月8日申請的美國臨時專利申請案第62/276,431號的優先權權益，本申請案依賴該臨時申請案全文內容且該臨時申請案全文內容以引用方式併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本發明係關於可離子交換玻璃。更具體而言，本發明係關於可離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃。再更具體而言，本發明係關於鋰鋁矽酸鹽玻璃，當離子交換時，鋰鋁矽酸鹽玻璃具有高度固有耐損性。

【先前技術】

【0003】 亦不斷致力開發新的玻璃組成，以在促成熔化及形成製程的同時，改善離子交換性質和更高耐損性。許多具高壓痕閾值的玻璃係以 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ 玻璃系統為基礎。因硼或磷存在造成的開放結構（即高莫耳體積）將導致高固有耐損性（IDR）。

【發明內容】

【0004】 茲提供一組 $\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ 族系的玻璃組成。該等玻璃可在含有 $\text{NaNO}_3$ 與 $\text{KNO}_3$ 的至少

一者的單一或多個離子交換浴中化學強化，計短時間（2-4小時），以形成深層深度（DOL）。在一些情況下，DOL為至少70微米（ $\mu\text{m}$ ）；在其他情況下為至少約100 $\mu\text{m}$ 。離子交換玻璃具有高耐損性（壓痕斷裂韌度為大於10公斤力至大於50公斤力），此優於或至少可比鈉鋁矽酸鹽玻璃。

【0005】 因此，本發明的一態樣為提供鋰鋁矽酸鹽玻璃。玻璃包含：約55莫耳%至約75莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；約9莫耳%至約18莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；約2.5莫耳%至約20莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；約3莫耳%至約20莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ；及0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ 。

【0006】 本發明的另一態樣為提供鋰鋁矽酸鹽玻璃。玻璃經離子交換且具有壓縮層從至少一表面延伸到玻璃內至少約70 $\mu\text{m}$ 的層深度。壓縮層於表面具有至少約600兆帕（MPa）的最大壓縮應力。玻璃亦具有至少約10公斤力的維氏裂痕起始閾值和至少約8牛頓（N）的努氏刮痕閾值。

【0007】 根據本發明的第一態樣，提供鋰鋁矽酸鹽玻璃。鋰鋁矽酸玻璃包含：約55莫耳%至約75莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；約10莫耳%至約18莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；約3.5莫耳%至約9.5莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；約7莫耳%至約14莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ；及0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ ，其中 $\text{Li}_2\text{O}$ （莫耳%）/ $\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）為約0.1至約0.4， $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ 。

【0008】 根據本發明的第二態樣，第一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃經離子交換。

【0009】 根據本發明的第三態樣，第二態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層從至少一表面延伸到玻璃內至少約70  $\mu\text{m}$ 的層深度，壓縮層具有至少約600兆帕的最大壓縮應力。

【0010】 根據本發明的第四態樣，在第三態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃中，壓縮層於表面下方50  $\mu\text{m}$ 的深度具有至少約100兆帕的壓縮應力。

【0011】 根據本發明的第五態樣，第二至第四態樣中任一態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約10公斤力的維氏裂痕起始閾值。

【0012】 根據本發明的第六態樣，第二至第五態樣中任一態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約8 N的努氏刮痕閾值。

【0013】 根據本發明的第七態樣，第一至第六態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約10千泊（kP）的液相黏度。

【0014】 根據本發明的第八態樣，第一至第七態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有約840 $^{\circ}\text{C}$ 或以下的軟化點。

【0015】 根據本發明的第九態樣，第一至第八態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約510 $^{\circ}\text{C}$ 的退火點。

【0016】 根據本發明的第十態樣，第一至第九態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約68吉帕（GPa）的彈性模數。

【0017】 根據本發明的第十一態樣，提供第一至第十態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中 $R_2O$ （莫耳%）- $Al_2O_3$ （莫耳%）為約-2莫耳%至約5.6莫耳%。

【0018】 根據本發明的第十二態樣，提供第一至第十一態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中 $Al_2O_3$ （莫耳%） $> B_2O_3$ （莫耳%）。

【0019】 根據本發明的第十三態樣，提供第一至第十二態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：約58莫耳%至約69莫耳%的 $SiO_2$ ；約10莫耳%至約17莫耳%的 $Al_2O_3$ ；約3.5莫耳%至約9.5莫耳%的 $B_2O_3$ ；0莫耳%至約2.5莫耳%的 $P_2O_5$ ；約7莫耳%至約14莫耳%的 $Li_2O$ ；約0.2莫耳%至約14莫耳%的 $Na_2O$ ；0莫耳%至約2.5莫耳%的 $K_2O$ ；0莫耳%至約5莫耳%的 $MgO$ ；及0莫耳%至約4莫耳%的 $ZnO$ ，其中 $Li_2O$ （莫耳%）/ $R_2O$ （莫耳%）為約0.1至約0.4。

【0020】 根據本發明的第十四態樣，提供第一至第十三態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：約5莫耳%至約9莫耳%的 $B_2O_3$ ；約7莫耳%至約10莫耳%的 $Li_2O$ ；4莫耳%至約14莫耳%的 $Na_2O$ ；及0莫耳%至約1莫耳%的 $K_2O$ 。

【0021】 根據本發明的第十五態樣，提供第一至第十四態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中  $(Al_2O_3 \text{ (莫耳\%)} + B_2O_3 \text{ (莫耳\%)}) / R_2O \text{ (莫耳\%)}$  為約 0.9 至約 1.9。

【0022】 根據本發明的第十六態樣，提供第一至第十五態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中  $R_2O \text{ (莫耳\%)} + R'O \text{ (莫耳\%)} - Al_2O_3 \text{ (莫耳\%)} - B_2O_3 \text{ (莫耳\%)} - P_2O_5 \text{ (莫耳\%)}$  為約 -10.5 莫耳% 至約 -0.11 莫耳%，其中  $R'O = MgO + CaO + SrO + BaO$ 。

【0023】 根據本發明的第十七態樣，提供第一至第十六態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含約 5 莫耳% 至約 12 莫耳% 的  $Li_2O$ 。

【0024】 根據本發明的第十八態樣，提供第一至第十七態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：0 莫耳% 至約 5 莫耳% 的  $Na_2O$ ；0 莫耳% 至約 4 莫耳% 的  $K_2O$ ；0 莫耳% 至約 8 莫耳% 的  $MgO$ ；0 莫耳% 至約 4 莫耳% 的  $ZnO$ ；0 莫耳% 至約 5 莫耳% 的  $TiO_2$ ；及 0 莫耳% 至約 3 莫耳% 的  $P_2O_5$ 。

【0025】 根據本發明的第十九態樣，提供第一至第十八態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：約 55 莫耳% 至約 60 莫耳% 的  $SiO_2$ ；約 12 莫耳% 至約 15 莫耳% 的  $Al_2O_3$ ；約 3.5 莫耳% 至約 7.5 莫耳% 的  $B_2O_3$ ；約 7 莫耳% 至約 10 莫耳% 的  $LiO_2$ ；0 莫耳% 至約 3 莫耳% 的  $P_2O_5$ 。

【0026】 根據本發明的第二十態樣，提供第一至第十九態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含約5莫耳%至約7莫耳%的  $\text{Be}_2\text{O}_3$ 。

【0027】 根據本發明的第二十一態樣，提供第一至第二十態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：0莫耳%至約5莫耳%的  $\text{Na}_2\text{O}$ ；及約0.05莫耳%至約0.5莫耳%的  $\text{SnO}_2$ 。

【0028】 根據本發明的第二十二態樣，提供消費性電子產品。消費性電子產品包含：外殼，具有正面、背面和側面；電子部件，至少部分置於外殼內，電子部件包括至少一控制器、記憶體和顯示器，顯示器設於或鄰接外殼的正面；及蓋玻璃，置於顯示器上面，其中至少一部分的外殼或蓋玻璃包含第一至第二十一態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃。

【0029】 根據本發明的第二十三態樣，提供消費性電子產品。鋰鋁矽酸玻璃包含：約55莫耳%至約75莫耳%的  $\text{SiO}_2$ ；約10莫耳%至約18莫耳%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；約2.5莫耳%至約7.5莫耳%的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ；約5莫耳%至約14莫耳%的  $\text{Li}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的  $\text{P}_2\text{O}_5$ ；及0莫耳%至約1莫耳%的  $\text{K}_2\text{O}$ ；其中  $\text{Li}_2\text{O}$  (莫耳%) /  $\text{R}_2\text{O}$  (莫耳%) 為約 0.1 至 約 0.4，  
 $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ ， $\text{R}_2\text{O}$  (莫耳%) +  $\text{R}'\text{O}$  (莫耳%) -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (莫耳%) -  $\text{B}_2\text{O}_3$  (莫耳%) -  $\text{P}_2\text{O}_5$

(莫耳%) 為約 -10.5 莫耳% 至約 -0.11 莫耳%，其中  $R'O = MgO + CaO + SrO + BaO$ 。

【0030】 根據本發明的第二十四態樣，第二十三態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃經離子交換。

【0031】 根據本發明的第二十五態樣，第二十四態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層從至少一表面延伸到玻璃內至少約  $70\ \mu m$  的層深度，壓縮層具有至少約 600 兆帕的最大壓縮應力。

【0032】 根據本發明的第二十六態樣，在第二十五態樣的離子交換鋰鋁矽酸鹽中，壓縮層於表面下方  $50\ \mu m$  的深度具有至少約 100 兆帕的壓縮應力。

【0033】 根據本發明的第二十七態樣，第二十三至第二十六態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 10 公斤力的維氏裂痕起始閾值。

【0034】 根據本發明的第二十八態樣，第二十三至第二十七態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 8 N 的努氏刮痕閾值。

【0035】 根據本發明的第二十九態樣，第二十三至第二十八態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 10 千泊的液相黏度。

【0036】 根據本發明的第三十態樣，第二十三至第二十九態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有約  $840\ ^\circ C$  或以下的軟化點。

【0037】 根據本發明的第三十一態樣，第二十三至第三十態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 $510^{\circ}\text{C}$ 的退火點。

【0038】 根據本發明的第三十二態樣，第二十三至第三十一態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃具有至少約68吉帕的彈性模數。

【0039】 根據本發明的第三十三態樣，提供第二十三至第三十二態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中 $\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）- $\text{Al}_2\text{O}_3$ （莫耳%）為約-2莫耳%至約5.6莫耳%。

【0040】 根據本發明的第三十四態樣，提供第二十三至第三十三態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中 $\text{Al}_2\text{O}_3$ （莫耳%） $>$  $\text{B}_2\text{O}_3$ （莫耳%）。

【0041】 根據本發明的第三十五態樣，提供第二十三至第三十四態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中 $(\text{Al}_2\text{O}_3$ （莫耳%） $+$  $\text{B}_2\text{O}_3$ （莫耳%）) $/\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）為約0.9至約1.9。

【0042】 根據本發明的第三十六態樣，提供第二十三至第三十五態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約8莫耳%的 $\text{MgO}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{ZnO}$ ；0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{TiO}_2$ ；及0莫耳%至約3莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ 。

【0043】 根據本發明的第三十七態樣，提供第二十三至第三十六態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含約5莫耳%至約7莫耳%的 $B_2O_3$ 。

【0044】 根據本發明的第三十八態樣，提供第二十三至第三十七態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃，其中鋰鋁矽酸鹽玻璃包含：0莫耳%至約5莫耳%的 $Na_2O$ ；及約0.05莫耳%至約0.5莫耳%的 $SnO_2$ 。

【0045】 根據本發明的第三十九態樣，提供消費性電子產品。消費性電子產品包含：外殼，具有正面、背面和側面；電子部件，至少部分置於外殼內，電子部件包括至少一控制器、記憶體和顯示器，顯示器設於或鄰接外殼的正面；及蓋玻璃，置於顯示器上面，其中至少一部分的外殼或蓋玻璃包含第二十三至第三十八態樣中任一態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃。

【0046】 根據本發明的第四十態樣，提供鋰鋁矽酸鹽玻璃。鋰鋁矽酸鹽玻璃經離子交換且具有壓縮層從至少一表面延伸到玻璃內至少約70  $\mu m$ 的層深度，壓縮層具有至少約600兆帕的最大壓縮應力，其中玻璃具有至少約10公斤力的維氏裂痕起始閾值和至少約8N的努氏刮痕閾值。

【0047】 根據本發明的第四十一態樣，提供消費性電子產品。消費性電子產品包含：外殼，具有正面、背面和側面；電子部件，至少部分置於外殼內，電子部件包括至少一控制器、記憶體和顯示器，顯示器設於或鄰接外殼的正

面；及蓋玻璃，置於顯示器上面，其中至少一部分的外殼或蓋玻璃包含第四十態樣的鋰鋁矽酸鹽玻璃。

【0048】 本發明的上述和其他態樣、優點與顯著特徵在參閱以下詳細實施方式說明、附圖和後附申請專利範圍後，將變得更清楚易懂。

#### 【圖式簡單說明】

【0049】 第1圖係離子交換玻璃物件的截面示意圖；

【0050】 第2圖係本發明的鋰鋁矽酸鹽玻璃（A）和玻璃陶瓷（B）從玻璃表面到玻璃內部的 $\text{Na}^+$ 濃度分佈圖；

【0051】 第3圖係本發明的鋰鋁矽酸鹽玻璃在 $390^\circ\text{C}$ 下、在 $\text{NaN}_3$ 中離子交換3.5小時和鈉鋁矽酸鹽玻璃在 $\text{KNO}_3$ 中離子交換後的壓痕斷裂閥值圖；

【0052】 第4圖圖示在第3圖所示離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃中受到10公斤力、30公斤力和50公斤力壓頭負載的維氏壓痕光學顯微圖；

【0053】 第5A圖係併入所述任一物件的示例性電子裝置平面圖；及

【0054】 第5B圖係第5A圖示例性電子裝置的透視圖。

#### 【實施方式】

【0055】 在以下說明中，相同的元件符號代表各視圖中相仿或對應的零件。亦應理解除非具體指明，否則諸如「頂部」、「底部」、「向外」、「向內」等用語僅為便於說明，而非視為限定用語。此外，當描述某一群組包含至少一組元件和元件組合物時，應理解該群組可包含、本質由

或由個別或結合任何數量的提及元件組成。同樣地，當描述某一群組由至少一組元件或元件組合物組成時，應理解該群組可由個別或結合任何數量的提及元件組成。除非具體指明，否則所述數值範圍包括範圍的上限與下限和介於二者間的任何範圍。除非具體指明，否則在此所用不定冠詞「一」和對應定冠詞「該」意指「至少一」或「一或更多」。亦應理解說明書和圖式所述各種特徵結構可以任何和所有結合方式使用。

**【0056】** 在此，「玻璃物件」一詞係採用最廣泛的意義而包括整體或部分由玻璃製成的任何物體。除非特別指明，否則所有組成係以莫耳百分比（莫耳%）表示。除非特別指明，否則熱膨脹係數（CTE）係以 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示且代表在約 $20^{\circ}\text{C}$ 至約 $300^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍量測的值。

**【0057】** 除非特別指明，否則所有溫度係以攝氏（ $^{\circ}\text{C}$ ）表示。在此所用「軟化點」一詞係指玻璃黏度為約 $10^{7.6}$ 泊（P）時的溫度，「退火點」一詞係指玻璃黏度為約 $10^{13.2}$ 泊時的溫度，「200泊溫度」（ $T^{200\text{P}}$ ）一詞係指玻璃黏度為約200泊時的溫度，「1泊溫度」（ $T^{200\text{P}}$ ）一詞係指玻璃黏度為約200泊時的溫度，「 $10^{11}$ 泊溫度」一詞係指玻璃黏度為約 $10^{11}$ 泊時的溫度，「35千泊溫度」（ $T^{35\text{kP}}$ ）一詞係指玻璃黏度為約35千泊（kP）時的溫度，「160千泊溫度」（ $T^{160\text{kP}}$ ）一詞係指玻璃黏度為約160千泊時的溫度。在此所用「液相黏度」或「 $T^{\text{L}}$ 」一詞係指當熔融玻璃從熔化溫度冷卻時，首先出現結晶的

溫度，或為當溫度從室溫上升時，最後一個結晶熔化的溫度。

【0058】 注意在此所用「實質」和「約」等用語係表示任何定量比較、數值、量測或其他表述引起的固有不確定程度。該等用語在此亦表示定量表述偏離指定參考值、又不致改變所述主題標的的基本功能的程度。故「實質無MgO」的玻璃係指不主動添加或批量加入MgO至玻璃、但存有很少量者為污染物，例如少於約0.1莫耳%。

【0059】 大體參照圖式且特別參照第1圖，應理解圖式說明係為描述特定實施例，而無意限定本發明或後附申請專利範圍。圖式不必然按比例繪製，為清楚簡潔呈現，某些特徵結構和一些視圖當可放大或概要圖示。

【0060】 茲描述可離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃，當化學強化時，並具有高度耐損性，此亦稱作原生耐損性或固有耐損性，且依維氏（Vickers）裂痕起始閾值和努氏（Knoop）刮痕試驗特性化。該等玻璃通常在鈉鹽（例如NaNO<sub>3</sub>）中的離子交換速率比類似鈉鹼鋁矽酸鹽玻璃在鉀鹽（例如KNO<sub>3</sub>）中快。使用含鋰玻璃亦可在較低溫度下達成較深的壓縮深度（亦稱作「層深度」或「DOL」）。當Na<sup>+</sup>取代玻璃中的Li<sup>+</sup>時，擴散速率比K<sup>+</sup>取代玻璃中的Na<sup>+</sup>快約10倍。混合鹽浴可用於進行雙重離子交換，其中K<sup>+</sup>取代Na<sup>+</sup>及Na<sup>+</sup>取代Li<sup>+</sup>，Na<sup>+</sup>取代Li<sup>+</sup>將產生深壓縮深度，K<sup>+</sup>取代Na<sup>+</sup>將造成高表面壓縮應力。

【0061】 所述鋰鋁矽酸鹽玻璃包含或本質由下列組成：約55莫耳%至約75莫耳%的 $\text{SiO}_2$ （ $55\text{莫耳}\% \leq \text{SiO}_2 \leq 75\text{莫耳}\%$ ）；約9莫耳%至約18莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ （ $9\text{莫耳}\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 18\text{莫耳}\%$ ）；約2.5莫耳%至約20莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ （ $2.5\text{莫耳}\% \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 20\text{莫耳}\%$ ）；約3莫耳%至約20莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ （ $3\text{莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} \leq 20\text{莫耳}\%$ ）；及0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ （ $0\text{莫耳}\% \leq \text{P}_2\text{O}_5 \leq 4\text{莫耳}\%$ ）。在一些實施例中，玻璃進一步包含下列至少一者：0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{K}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約8莫耳%的 $\text{MgO}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{ZnO}$ ，及0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{TiO}_2$ 。

【0062】 在特定實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃包含或本質由下列組成：約55莫耳%至約75莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；約10莫耳%至約18莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；0莫耳%至約20莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；約5莫耳%至約14莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{K}_2\text{O}$ ；0莫耳%至約8莫耳%的 $\text{MgO}$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{ZnO}$ ；0莫耳%至約5莫耳%的 $\text{TiO}_2$ ；0莫耳%至約4莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ ；及約0.05莫耳%至約0.5莫耳%的 $\text{SnO}_2$ 。更具體而言，玻璃可包含或本質由下列組成：約55莫耳%至約60莫耳%的 $\text{SiO}_2$ （ $55\text{莫耳}\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\text{莫耳}\%$ ）；約12莫耳%至約15莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ （ $12\text{莫耳}\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15\text{莫耳}\%$ ）；約2.5莫耳%至約7.5莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ （ $2.5\text{莫耳}\% \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 7.5\text{莫耳}\%$ ）；約7莫耳%至約10莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$

( 7 莫耳 %  $\leq$  Li<sub>2</sub>O  $\leq$  10 莫耳 % ) ; 及 0 莫耳 % 至約 3 莫耳 % 的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( 0 莫耳 %  $\leq$  P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  $\leq$  3 莫耳 % ) 。最佳地 , B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 為約 5 莫耳 % 至約 7 莫耳 % 。非限定玻璃組成和參考組成 ( 9 6 6 7 ) 實例列於表 1 。

表 1 鋰鋁矽酸鹽玻璃實例

莫耳% 氧化物	參考 9667	1 REN	2 REO	3 RET	4 RGC	5 RDD
SiO <sub>2</sub>	69.2	65.0	63.0	59.3	63.3	67.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.6	14.4	15.5	15.4	15.3	13.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.8	2.3	2.3	6.0	6.0	2.0
Li <sub>2</sub> O	7.7	8.8	9.7	9.7	9.6	7.7
Na <sub>2</sub> O	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
MgO	2.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
ZnO	1.7	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
TiO <sub>2</sub>	3.5	3.5	3.5	3.6	0.0	3.5
SnO <sub>2</sub>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0

莫耳% 氧化物	6 RDE	7 RDF	8 RDG	9 RDH	10 RDI	11 RFX
SiO <sub>2</sub>	65.9	64.7	63.4	62.3	61.0	68.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.2	13.0	12.7	12.5	12.2	13.9
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.0	5.8	7.6	9.2	10.9	2.4
Li <sub>2</sub> O	7.5	7.5	7.3	7.1	7.1	7.9
Na <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6
MgO	4.0	3.8	3.8	3.7	3.7	4.1
ZnO	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
TiO <sub>2</sub>	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	0
SnO <sub>2</sub>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0.9

莫耳% 氧化物	12 RFY	13 RFZ	14 RGA	15 RGB
SiO <sub>2</sub>	68.2	67.6	66.9	69.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.8	13.6	13.5	14.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.3	2.3	2.3	2.4
Li <sub>2</sub> O	7.9	7.8	7.7	8.0
Na <sub>2</sub> O	0.6	0.6	1.7	0.6
MgO	4.0	4.0	4.0	4.1
ZnO	1.2	1.2	1.2	1.2
TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0
SnO <sub>2</sub>	0.1	0.1	0.1	0.1

莫耳% 氧化物	12 RFY	13 RFZ	14 RGA	15 RGB
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.8	2.7	2.7	0.0

【0063】 在特定實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃包含或本質由下列組成：約58莫耳%至約69莫耳%的SiO<sub>2</sub>（58莫耳% ≤ SiO<sub>2</sub> ≤ 69莫耳%）；約9莫耳%至約17莫耳%的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（9莫耳% ≤ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≤ 17莫耳%）；約3.5莫耳%至約9.5莫耳%B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的（3.5莫耳% ≤ B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≤ 9.5莫耳%）；0莫耳%至約2.5莫耳%的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>（0莫耳% ≤ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≤ 4莫耳%）；約2.5莫耳%至約12莫耳%的Li<sub>2</sub>O（2.5莫耳% ≤ Li<sub>2</sub>O ≤ 12莫耳%）；約0.2莫耳%至約12莫耳%的Na<sub>2</sub>O（0.2莫耳% ≤ Na<sub>2</sub>O ≤ 13莫耳%）；0莫耳%至約2.5莫耳%的K<sub>2</sub>O（0莫耳% ≤ K<sub>2</sub>O ≤ 2.5莫耳%）；0莫耳%至約5莫耳%的MgO（0莫耳% ≤ MgO ≤ 5莫耳%）；及/或0莫耳%至約4莫耳%的ZnO（0莫耳% ≤ ZnO ≤ 4莫耳%）。更具體而言，玻璃可包含：約5莫耳%至約9莫耳%的B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（5莫耳% ≤ B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≤ 9莫耳%）；約4莫耳%至約10莫耳%的Li<sub>2</sub>O（4莫耳% ≤ Li<sub>2</sub>O ≤ 10莫耳%）；約4莫耳%至約14莫耳%的Na<sub>2</sub>O（4莫耳% ≤ Na<sub>2</sub>O ≤ 14莫耳%）；0莫耳%至約1莫耳%的K<sub>2</sub>O（0莫耳% ≤ K<sub>2</sub>O ≤ 1莫耳%）；0莫耳%至約3莫耳%的MgO（0莫耳% ≤ MgO ≤ 3莫耳%）；及/或0莫耳%至約3莫耳%的ZnO（0莫耳% ≤ ZnO ≤ 3莫耳%）。玻璃可進一步包括約0.05莫耳%至約0.5莫耳%的SnO<sub>2</sub>（0.05莫耳% ≤ SnO<sub>2</sub> ≤ 0.5莫耳%）。非限定玻璃組成實例列於表2。

【0064】 在一些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O}(\text{莫耳}\%)/\text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%))$  為約 0.1 至約 0.5 ( $0.1 \leq (\text{Li}_2\text{O}(\text{莫耳}\%)/\text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%)) \leq 0.5$ )，其中  $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ 。

【0065】 在一些實施例中， $\text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)$  為約 -2 莫耳% 至約 5.6 莫耳%，其中  $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ 。在一些實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%) > \text{B}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)$ 。在一些實施例中， $(\text{Al}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%) + \text{B}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%))/\text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%)$  為約 0.9 至約 1.9。在一些實施例中， $\text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%) + \text{R}'\text{O}(\text{莫耳}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%) - \text{B}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%) - \text{P}_2\text{O}_5(\text{莫耳}\%)$  為約 -10.5 莫耳% 至約 -0.11 莫耳%，其中  $\text{R}'\text{O} = \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 。

【0066】 在一些實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃的軟化點低於鈉類似物，鈉類似物的軟化點通常高於約 900 °C。在一些實施例中，所述玻璃的軟化點為約 840 °C 或以下。在某些實施例中，玻璃的軟化點為約 820 °C 或以下，在其他實施例中為約 800 °C 或以下。低軟化點可伴隨小於鈉類似物的熱膨脹係數 (CTE)。改造玻璃片時，低 CTE 對維持尺寸穩定性而言很重要。除了用作平板，本發明的低 CTE 玻璃還能做為三維物件及用於汽車應用。

【0067】 在一些實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃的退火點為至少約 500 °C。在某些實施例中，玻璃的退火點為至少約 520 °C，在其他實施例中，退火點為至少約 530 °C。

【0068】 選定玻璃組成的密度、應變點、軟化點、退火點和熱膨脹係數（CTE）列於表2。

表2 選定鋰鋁矽酸鹽玻璃的組成、密度、應變點、軟化點、退火點和熱膨脹係數（CTE）

莫耳%	196HNT	107UE	107UF	107UG	107UH	107UI
SiO <sub>2</sub>	67.00	67.11	67.18	66.96	67.17	67.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.60	9.14	10.12	9.13	10.15	10.15
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	5.10	8.10	7.66	6.28	5.24	5.23
Na <sub>2</sub> O	6.70	11.38	10.86	13.26	13.27	13.31
K <sub>2</sub> O	1.30	0.26	0.27	0.26	0.26	0.27
MgO		1.17	1.08	1.29	1.12	1.75
CaO		1.82	1.82	1.80	1.78	1.09
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50					
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.389	0.410	0.408	0.317	0.279	0.278
應變點（℃）		459.1	473.2	462.8	482.3	482.3
退火點（℃）		500.2	514.1	504.5	525.6	524.9
軟化點（℃）		691.8	719.3	703.8	733	739.7
CTE（×10 <sup>-7</sup> /℃）		87.8	84.2	89.9	86.9	87
密度（g/cm <sup>3</sup> ）		2.474	2.471	2.479	2.477	2.473

莫耳%	107UJ	107UK	107UL	107UM	107UN	107UO
SiO <sub>2</sub>	67.01	70.21	70.17	70.14	71.17	71.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.14	8.51	8.50	8.49	7.47	6.88
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	6.30	5.45	6.49	6.93	5.33	5.28
Na <sub>2</sub> O	11.32	11.30	10.32	9.82	11.49	12.09
K <sub>2</sub> O	0.27	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98
MgO	2.15	1.02	0.99	1.06	1.02	1.04
CaO	1.80	1.53	1.53	1.55	1.53	1.52
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.352	0.307	0.365	0.391	0.299	0.288
應變點（℃）	485.5	469.2	466.8	464.2	460.5	452.8
退火點（℃）	529	511.6	509.5	506.9	502.3	495.3
軟化點（℃）	741	728.6	720.1	714.1	712.3	702.7
CTE（×10 <sup>-7</sup> /℃）	83.3	84.2	83.1	82.4	84.5	85.3
密度（g/cm <sup>3</sup> ）	2.474	2.458	2.455	2.453	2.454	2.452

莫耳%	107UP	107UQ	107UR	107US	107UT	107UU
SiO <sub>2</sub>	69.60	66.42	66.49	66.27	66.33	65.31

莫耳%	107UP	107UQ	107UR	107US	107UT	107UU
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.78	9.39	9.38	8.09	8.09	6.98
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	5.10	6.39	6.37	11.73	10.66	9.65
Na <sub>2</sub> O	12.90	11.57	11.60	9.98	9.97	10.48
K <sub>2</sub> O	0.98	1.23	1.23	0.01	0.01	1.49
MgO	1.08	0.05	0.04	0.03	0.04	0.51
CaO	1.55	3.55	2.51	1.05	2.08	2.59
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.269	0.333	0.332	0.540	0.516	0.446
應變點 (°C)	452.6	474.5	484	460.6	466.7	452.7
退火點 (°C)	494.2	515.5	526.7	499.5	506.9	492.3
軟化點 (°C)	697	711.3	732.2	693.2	697.6	678.6
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	90.5	90.1	87.6	86.7	84.9	92.5
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.468	2.499	2.519	2.51	2.519	2.539

莫耳%	107UV	107UW	107UX	107UY	107UZ	107VA
SiO <sub>2</sub>	65.28	65.86	67.91	69.80	68.09	67.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.96	9.56	8.99	8.49	10.01	10.99
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	9.67	8.42	7.96	7.40	6.77	5.91
Na <sub>2</sub> O	10.49	11.70	10.94	10.36	10.96	10.94
K <sub>2</sub> O	2.48	0.27	0.27	0.24	0.25	0.27
MgO	0.03	1.09	1.03	0.98	1.02	1.02
CaO	2.07	1.90	1.79	1.69	1.78	1.78
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.11	0.10	0.09	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.427	0.413	0.415	0.411	0.376	0.345
應變點 (°C)	448.3	464	464	469	484	503
退火點 (°C)	486.2	505	506	511	526	548
軟化點 (°C)	671.5	697	706	716	737	772
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	84.2	90.4	86.7	86.3	83.8	82
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.537	2.485	2.472	2.458	2.47	2.468

莫耳%	107VB	107VC	107VD	107VE	107VF	107VG
SiO <sub>2</sub>	67.98	67.26	66.04	65.24	66.39	66.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.00	9.43	9.95	10.46	8.99	10.98
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	7.92	7.78	7.82	7.77	7.56	7.76
Na <sub>2</sub> O	10.96	11.39	11.96	12.37	11.94	11.93
K <sub>2</sub> O	0.26	0.26	0.27	0.26	0.26	0.27
MgO	1.34	1.00	1.04	1.01	1.00	1.03
CaO	1.42	1.78	1.82	1.77	1.77	1.78
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						

莫耳%	107VB	107VC	107VD	107VE	107VF	107VG
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.414	0.400	0.390	0.381	0.382	0.389
應變點 (°C)	466	463	465	468	470	460
退火點 (°C)	508	505	506	508	512	501
軟化點 (°C)	707	706	702	706	712	697
CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	86.3	86.7	89.4	89.4	88.3	89.7
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.469	2.401	2.407	2.432	2.411	2.38

莫耳%	107VH	107VI	107VJ	107VK	107VL	107VM
SiO <sub>2</sub>	65.17	65.52	64.53	63.51	62.63	61.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.96	5.11	6.46	7.71	9.04	10.39
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	7.73	12.67	11.95	11.23	10.52	10.05
Na <sub>2</sub> O	11.94	12.40	12.78	13.29	13.59	14.13
K <sub>2</sub> O	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27
MgO	1.78	1.05	1.05	1.04	1.03	1.04
CaO	2.04	1.85	1.83	1.84	1.80	1.81
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.388	0.500	0.478	0.453	0.432	0.411
應變點 (°C)	465	412	416	426	435	443
退火點 (°C)	506	447	453	462	471	481
軟化點 (°C)	701	602	616	626	640	655
CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	90.1	105.9	104.8	103.5	103.3	101.7
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.413	2.485	2.49	2.495	2.499	2.511

莫耳%	107VN	107VU	107VW	107VX	107VY	107VZ
SiO <sub>2</sub>	60.07	68.95	66.00	66.12	68.85	68.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.72	9.97	9.96	9.98	9.96	9.94
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	9.21	7.96	5.00	4.99	7.98	9.94
Na <sub>2</sub> O	14.75	4.94	7.90	7.90	4.96	2.98
K <sub>2</sub> O	0.26	0.99	0.99	0.99	0.99	1.01
MgO	1.06	3.57	3.59	3.50	5.10	2.04
CaO	1.82	1.54	1.53	1.52	2.05	5.17
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.380	0.573	0.360	0.359	0.573	0.714
應變點 (°C)	452	546.8	524.5	566.4	511.7	500.4
退火點 (°C)	492	592.6	570.9	611.2	556.4	541.5
軟化點 (°C)	672	825	812.3	830.7	N/A	N/A
CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	103.1	65.1	74.5	69.4	67.4	66.1
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.506	2.478	2.493	2.531	2.434	2.445

莫耳%	107WA	107WB	107WC	107WD	107WE	107WF
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

莫耳%	107WA	107WB	107WC	107WD	107WE	107WF
SiO <sub>2</sub>	68.91	66.92	66.84	68.71	68.63	67.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.95	9.95	9.95	9.95	8.94	9.95
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	6.99	7.94	6.98	7.86	7.82	7.82
Na <sub>2</sub> O	3.95	4.95	3.95	3.93	4.93	3.97
K <sub>2</sub> O	2.94	0.99	2.95	2.95	0.99	2.97
MgO	5.10	5.09	5.16	5.44	6.48	6.29
CaO	2.06	2.06	2.08	1.05	2.10	1.05
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.504	0.572	0.503	0.533	0.569	0.530
應變點 (°C)	513.9	521.2	521.3	503.2	502.8	504.1
退火點 (°C)	559.4	563.3	564.5	548.8	546.3	548.5
軟化點 (°C)	793.9	770.6	776.6	783.4	766	775.6
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	70.7	68.6	71.2	71.1	68	71.7
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.434	2.465	2.463	2.426	2.436	2.433

莫耳%	107WG	107WH	107WI	107WJ	107WK	107WL
SiO <sub>2</sub>	67.70	67.24	67.05	66.54	65.01	67.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.78	8.63	8.46	8.32	7.95	8.57
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.78	9.83	10.69	11.72	12.09	8.34
Na <sub>2</sub> O	10.89	10.68	10.46	10.33	9.87	10.87
K <sub>2</sub> O	0.21	0.17	0.11	0.06	0.27	0.72
MgO	0.83	0.64	0.41	0.21	1.04	1.01
CaO	1.45	1.08	0.72	0.35	1.79	1.63
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.441	0.475	0.503	0.530	0.544	0.418
應變點 (°C)	458	457	454	457	444	458
退火點 (°C)	499	497	496	497	483	499
軟化點 (°C)	695	691	689	686	664	693
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	87.6	88.2	89.7	89.3	92.5	89.4
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.475	2.482	2.489	2.496	2.502	2.479

莫耳%	107WM	107WN	107WO	107WP	107WQ	107WR
SiO <sub>2</sub>	67.14	66.58	65.94	66.97	65.95	65.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.18	7.77	7.40	8.56	8.20	7.83
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	1.37	2.66	3.92
Li <sub>2</sub> O	8.47	8.87	9.27	8.15	8.36	8.54
Na <sub>2</sub> O	10.76	10.60	10.55	10.52	10.06	9.42
K <sub>2</sub> O	1.19	1.63	2.08	0.61	0.93	1.24
MgO	1.02	1.04	1.02	1.22	1.40	1.58
CaO	1.46	1.31	1.15	1.41	1.04	0.69
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

莫耳%	107WM	107WN	107WO	107WP	107WQ	107WR
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.415	0.420	0.423	0.423	0.432	0.445
應變點 (°C)	453	449	448	455	452	454
退火點 (°C)	493	490	488	493	491	491
軟化點 (°C)	687	680	679	682	665	660
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	93.6	94	96.1	87.2	87	87.4
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.491	2.505	2.517	2.475	2.48	2.485

莫耳%	107WS	107WT	107WU	107WV	107WW	107WX
SiO <sub>2</sub>	66.97	67.00	67.11	67.13	67.08	67.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.42	9.45	9.49	9.46	9.49	9.45
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	5.95	5.91	6.80	5.87	6.85	5.85
Na <sub>2</sub> O	11.40	11.37	11.90	12.38	11.89	12.43
K <sub>2</sub> O	0.26	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27
MgO	1.02	3.13	1.55	2.04	1.03	1.04
CaO	3.85	1.78	1.78	1.77	2.29	2.83
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.338	0.337	0.358	0.317	0.360	0.316
應變點 (°C)	485	485.4	469.7	476.9	469.5	477.8
退火點 (°C)	527.2	528.6	511.9	518.7	511.7	519.5
軟化點 (°C)	728.3	739.8	715.7	726	712.2	720.8
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)						
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.493	2.48	2.479	2.481	2.482	2.488

莫耳%	107WY	107WZ	107XA	107XB	107XC	107XD
SiO <sub>2</sub>	68.09	68.08	67.11	66.13	65.19	67.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.05	10.06	10.55	11.04	11.56	11.05
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	7.86	8.78	7.34	7.83	8.22	7.24
Na <sub>2</sub> O	9.85	8.87	10.83	10.83	10.84	10.37
K <sub>2</sub> O	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
MgO	1.01	1.03	1.03	1.02	1.03	1.03
CaO	1.78	1.81	1.78	1.79	1.79	1.79
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.438	0.490	0.399	0.414	0.426	0.405
應變點 (°C)	481	479	483	483	482	493
退火點 (°C)	523	521	526	525	525	536
軟化點 (°C)	736	728	736	731	731	749
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	83.2	82.2	85.2	84.9	87.3	81.5

莫耳%	107WY	107WZ	107XA	107XB	107XC	107XD
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.469	2.465	2.476	2.479	2.483	2.473

莫耳%	107XE	107XF	107XG	107XH	107XI	107XJ
SiO <sub>2</sub>	65.01	64.58	65.20	65.18	64.25	63.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.26	7.64	6.98	6.97	6.96	6.96
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	10.73	11.72	9.80	9.81	9.81	9.69
Na <sub>2</sub> O	9.42	8.46	10.41	10.42	10.42	10.39
K <sub>2</sub> O	2.48	2.50	2.50	2.51	2.46	2.45
MgO	0.03	0.03	0.03	0.03	1.03	2.02
CaO	2.06	2.06	2.07	2.07	2.05	2.04
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.474	0.517	0.432	0.431	0.432	0.430
應變點 (°C)	451.8	451.7	441.9	433.9	446.9	448.8
退火點 (°C)	489.7	491.1	480	470.6	486.5	487.5
軟化點 (°C)	676.4	676.7	653.5	634	673.5	669.7
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)						
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.533	2.53	2.511	2.488	2.543	2.548

莫耳%	107XK	107XL	107XM	107XN	107XO	107XP
SiO <sub>2</sub>	65.01	64.73	66.60	66.58	65.66	65.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.29	7.69	9.41	9.45	9.42	9.29
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	10.78	11.68	6.34	6.28	6.34	6.22
Na <sub>2</sub> O	9.39	8.41	11.50	11.49	11.46	11.45
K <sub>2</sub> O	1.47	1.48	1.23	1.23	1.20	1.22
MgO	0.50	0.49	0.03	0.04	0.98	1.93
CaO	2.56	2.56	2.55	2.54	2.47	2.43
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.498	0.542	0.332	0.331	0.334	0.329
應變點 (°C)	456.5	457	478.8	470	488.6	489.5
退火點 (°C)	494.9	496.4	519.9	509.2	531.2	532.1
軟化點 (°C)	675.4	677	714.1	690.4	740	737.8
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)						
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.537	2.533	2.497	2.548	2.527	2.533

莫耳%	107XQ	107XR	107XS	107XT	107XU	107XV
SiO <sub>2</sub>	67.16	66.15	65.20	67.09	66.09	65.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.07	11.06	12.06	10.06	11.05	12.05
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Li <sub>2</sub> O	7.74	7.71	7.70	8.81	9.76	10.73
Na <sub>2</sub> O	10.88	10.88	10.86	9.87	8.88	7.91
K <sub>2</sub> O	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
MgO	0.99	1.03	1.02	1.02	1.04	1.03
CaO	1.79	1.80	1.80	1.78	1.81	1.82
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.410	0.409	0.410	0.465	0.517	0.568
應變點 (°C)	475	483	494	473	480	490
退火點 (°C)	516	525	536	514	522	532
軟化點 (°C)	722	730	748	715	726	733
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	86.5	85.3	86.5	85.1	82.9	81.6
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.476	2.473	2.48	2.483	2.474	2.474

莫耳%	107XW	107XX	107XY	107XZ	107YA	107YB
SiO <sub>2</sub>	64.13	65.70	62.52	57.42	63.87	61.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.57	7.81	6.98	6.61	4.44	4.57
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	11.36	9.48	12.12	18.97	14.62	17.79
Na <sub>2</sub> O	10.92	11.26	11.16	10.73	9.51	9.25
K <sub>2</sub> O	0.32	0.22	0.24	0.21	0.20	0.22
MgO	1.70	1.56	2.21	1.80	2.01	2.03
CaO	2.40	2.28	2.99	2.80	3.46	3.39
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.503	0.452	0.516	0.634	0.601	0.653
應變點 (°C)	439	450	432	406	420	407
退火點 (°C)	476	490	469	438	455	441
軟化點 (°C)	645	673	629	570	603	581
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	108.7	104.3	114.1	101.7	95.1	95.9
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.508	2.503	2.524	2.518	2.519	2.515

莫耳%	107YC	107YD	107YE	107YF	107YG	107YH
SiO <sub>2</sub>	64.66	65.15	65.25	65.22	65.27	65.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.67	11.20	10.68	9.77	10.68	11.19
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.27	7.96	7.93	8.38	7.91	8.34
Na <sub>2</sub> O	11.71	11.22	11.18	11.88	11.20	10.73
K <sub>2</sub> O	0.27	0.26	0.26	0.28	0.26	0.26
MgO	1.27	1.21	1.21	1.28	1.69	1.21
CaO	1.95	1.88	1.86	1.98	1.86	1.87
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.408	0.409	0.409	0.408	0.408	0.432

莫耳%	107YC	107YD	107YE	107YF	107YG	107YH
應變點 (°C)	471.4	479.4	483.9	462.3	476.3	480.4
退火點 (°C)	512.2	521.6	526.1	502	518.4	521.8
軟化點 (°C)						
CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	89.6	87.3	89.7	90.4	87.6	85.8
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.491	2.485	2.498	2.49	2.487	2.484

莫耳%	107YL	107YN	107YP	107YQ	107YR	107YS
SiO <sub>2</sub>	65.99	66.16	65.12	65.15	65.20	65.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.52	9.54	10.62	10.69	10.69	10.69
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	6.49	6.49	6.15	9.94	7.89	7.98
Na <sub>2</sub> O	11.37	11.38	13.18	9.25	10.25	9.25
K <sub>2</sub> O	1.24	1.23	0.26	0.26	1.25	2.25
MgO	0.26	0.25	1.70	1.70	1.72	1.70
CaO	2.49	2.51	1.85	1.88	1.87	1.87
SnO <sub>2</sub>	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.340	0.340	0.314	0.511	0.407	0.410
應變點 (°C)			483	473	474	473
退火點 (°C)			525	515	517	515
軟化點 (°C)			0.314	0.511	0.407	0.410
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )						
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )			483	473	474	473

莫耳%	107YT	107YU	107YV	107AAC	107AAD	107AAE
SiO <sub>2</sub>	64.10	62.85	65.27	67.60	67.52	67.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.52	10.33	7.93	8.38	8.87	9.35
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.89	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	7.65	7.56	8.86	8.03	8.09	8.16
Na <sub>2</sub> O	10.96	10.73	10.33	10.72	10.23	9.71
K <sub>2</sub> O	0.25	0.24	1.80	0.95	0.95	0.96
MgO	1.68	1.70	0.18	1.05	1.06	1.04
CaO	1.84	1.80	2.73	1.59	1.60	1.59
SnO <sub>2</sub>	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.406	0.408	0.422	0.408	0.420	0.434
應變點 (°C)	464	466				
退火點 (°C)	504	503				
軟化點 (°C)						
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )						
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.485	2.482		2.489	2.487	2.485

莫耳%	107AAF	107AAG	107AAH	107AAK	107AAL	107AAM
SiO <sub>2</sub>	67.45	67.08	67.52	67.73	67.55	67.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.85	8.87	8.87	8.69	8.63	8.64
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	8.18	8.06	8.59	9.89	10.04	10.20
Na <sub>2</sub> O	9.23	10.20	9.71	10.18	10.22	10.22
K <sub>2</sub> O	1.96	0.96	0.96	0.31	0.30	0.30
MgO	1.04	1.55	1.05	0.42	0.43	0.42
CaO	1.60	1.60	1.60	0.72	0.73	0.73
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.422	0.419	0.446	0.485	0.488	0.492
應變點 (°C)						
退火點 (°C)						
軟化點 (°C)						
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )						
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.486	2.49	2.485			

莫耳%	107AAN	716HZE	716HZJ	716HZQ	716IBA	716IBS
SiO <sub>2</sub>	65.67	65.46	65.38	65.45	66.14	65.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.33	9.40	9.39	9.39	10.30	10.33
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li <sub>2</sub> O	7.85	6.17	6.13	6.12	7.68	7.71
Na <sub>2</sub> O	11.09	11.09	11.12	11.01	10.81	11.01
K <sub>2</sub> O	0.76	1.16	1.20	1.17	0.71	0.71
MgO	1.39	2.02	1.99	1.98	1.41	1.42
CaO	1.84	2.40	2.38	2.37	1.81	1.83
SnO <sub>2</sub>	0.00	0.08	0.05	0.05	0.05	0.03
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.398	0.335	0.332	0.334	0.400	0.397
應變點 (°C)	470	483.2	483.1	487.4	466.5	461.2
退火點 (°C)	512	524.9	526.0	529.3	506.8	502.7
軟化點 (°C)			735.4	742.3	711	703.3
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )		87.4	88.7		89.9	89.6
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.446		2.532	2.534	2.485	

莫耳%	716IBT	716IBU	196HLP	196HLQ	196HLR	196HLS
SiO <sub>2</sub>	65.92	65.96	60.22	60.03	59.88	59.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.32	10.32	16.94	14.90	16.84	16.85
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	5.83	5.83	5.95	5.92
Li <sub>2</sub> O	7.72	7.72	0.00	0.00	4.98	7.00
Na <sub>2</sub> O	10.99	10.94	15.85	13.89	11.13	9.07
K <sub>2</sub> O	0.70	0.70	1.00	1.00	1.07	1.06
MgO	1.42	1.41	0.02	4.20	0.01	0.02
CaO	1.81	1.81	0.02	0.05	0.02	0.02

莫耳%	716IBT	716IBU	196HLP	196HLQ	196HLR	196HLS
SnO <sub>2</sub>	0.03	0.03	0.08	0.08	0.08	0.08
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.398	0.399			0.290	0.409
應變點 (°C)	461.6	461.3	578.8	559.1	526.2	520.8
退火點 (°C)	501.6	502.6	633.6	608.6	577.3	568.4
軟化點 (°C)	702.5	703.1	906	858	820	814
CTE (×10 <sup>-7</sup> /°C)	89	90.5	89.6	81.7	85.1	78.7
密度 (g/cm <sup>3</sup> )			2.406	2.421	2.401	2.395

莫耳%	196HLT	196HLU	196HQB	196HQC	196HQD	196HQE
SiO <sub>2</sub>	59.87	59.98	60.432	60.351	60.627	60.462
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.89	14.88	15.212	16.250	16.612	15.760
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.88	5.84	5.949	5.951	5.939	5.928
Li <sub>2</sub> O	6.49	5.98	5.860	5.884	6.080	6.995
Na <sub>2</sub> O	8.55	7.94	11.391	10.421	9.604	9.665
K <sub>2</sub> O	1.05	1.02	0.945	0.935	0.925	0.975
MgO	2.13	4.20	0.045	0.046	0.046	0.046
CaO	0.03	0.05	0.042	0.042	0.045	0.046
SnO <sub>2</sub>	0.08	0.08	0.081	0.081	0.081	0.082
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.06	2.98	0.99	0.00	1.87
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.403	0.400	0.322	0.341	0.366	0.397
應變點 (°C)	509.5	511.6	478.6	486.7	499.3	485.8
退火點 (°C)	555.7	557.0	519.0	530.1	544.9	528.1
軟化點 (°C)	784	784	720	775	815	738
CTE(×10 <sup>-7</sup> /°C)	76	71	86.7	82.7	80.9	81.5
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.406	2.412	2.422	2.407	2.398	2.41

莫耳%	196HQF	196HQG	196HQH	196HQI	196HQJ	196HQB
SiO <sub>2</sub>	60.462	60.393	60.136	59.979	59.867	60.099
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.902	14.918	16.000	16.066	14.972	17.064
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.948	5.975	6.079	6.026	8.071	4.087
Li <sub>2</sub> O	7.350	5.828	5.851	5.969	5.724	6.228
Na <sub>2</sub> O	9.663	9.985	9.753	11.712	10.175	11.295
K <sub>2</sub> O	1.450	2.689	1.964	0.028	0.983	0.996
MgO	0.051	0.047	0.045	0.050	0.041	0.052
CaO	0.048	0.043	0.045	0.045	0.043	0.048
SnO <sub>2</sub>	0.084	0.083	0.083	0.083	0.082	0.083
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.56	3.58	1.57	1.64	1.91	1.46
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.398	0.315	0.333	0.337	0.339	0.336
應變點 (°C)	470.3	471.0	485.5	491.9	481.0	500.5
退火點 (°C)	510.7	510.9	529.4	536.3	523.6	546.1
軟化點 (°C)	701	705	759	756	730	778

莫耳%	196HQF	196HQG	196HQH	196HQI	196HQJ	196HQB
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	85	86.6	84.1	82.2	82.1	88
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.42	2.425	2.411	2.413	2.397	2.428

莫耳%	196HQL	196HQM	196HVQ	196HVR	196HVS	196HVT
SiO <sub>2</sub>	60.140	60.048	60.452	60.473	60.373	62.560
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.090	15.056	16.842	16.335	15.823	15.855
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.049	6.106	6.039	6.023	6.027	5.918
Li <sub>2</sub> O	5.803	5.815	6.683	6.492	6.303	6.325
Na <sub>2</sub> O	9.716	9.746	8.751	8.474	8.264	8.148
K <sub>2</sub> O	0.982	0.991	0.995	0.992	0.994	0.973
MgO	1.043	2.053	0.055	1.027	2.029	0.047
CaO	0.051	0.059	0.054	0.058	0.061	0.049
SnO <sub>2</sub>	0.082	0.081	0.081	0.079	0.080	0.081
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.41	1.50	-0.41	-0.38	-0.26	-0.41
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.352	0.351	0.407	0.407	0.405	0.409
應變點 ( $^{\circ}\text{C}$ )	500.8	485.7				
退火點 ( $^{\circ}\text{C}$ )	547.1	529.3				
軟化點 ( $^{\circ}\text{C}$ )	779	746				
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )	81	79.3				
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.407	2.416	2.395	2.401	2.405	2.385

莫耳%	196HVU	196HVV	196HVW	196HVX	196HVV	196HVZ
SiO <sub>2</sub>	64.405	62.473	64.869	64.742	64.860	59.773
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.859	15.816	13.272	13.276	13.287	14.728
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.974	5.973	5.196	5.165	5.151	5.827
Li <sub>2</sub> O	5.825	6.272	4.659	5.790	6.667	5.666
Na <sub>2</sub> O	7.739	9.220	8.675	7.682	6.689	10.509
K <sub>2</sub> O	0.982	0.030	0.026	0.028	0.031	0.028
MgO	0.049	0.047	1.509	1.510	1.499	1.970
CaO	0.045	0.049	0.052	0.055	0.058	0.058
SnO <sub>2</sub>	0.080	0.079	0.006	0.009	0.008	0.005
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.31	-0.29	0.09	0.22	0.10	-0.31
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.400	0.404	0.349	0.429	0.498	0.400
應變點 ( $^{\circ}\text{C}$ )						
退火點 ( $^{\circ}\text{C}$ )						
軟化點 ( $^{\circ}\text{C}$ )						
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )						
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.375	2.386	2.408	2.406	2.403	2.375

莫耳%	196HVZ	196HWA	196HWB	196HXW	196HXX	196HXY
SiO <sub>2</sub>	59.773	59.271	58.890	60.00	60.00	60.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.728	14.635	14.544	16.75	16.25	15.75

莫耳%	196HVZ	196HWA	196HWB	196HXW	196HXX	196HXY
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.827	5.826	5.797	6.00	6.00	6.00
Li <sub>2</sub> O	5.666	5.626	5.587	6.25	6.00	5.75
Na <sub>2</sub> O	10.509	10.436	10.325	10.00	9.75	9.50
K <sub>2</sub> O	0.028	0.028	0.028	1.00	1.00	1.00
MgO	1.970	1.988	1.960	0.00	1.00	2.00
CaO	0.058	0.061	0.061			
SnO <sub>2</sub>	0.005	0.005	0.005	0.08	0.08	0.08
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.47	1.46	1.40	0.50	0.50	0.50
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.350	0.350	0.351	0.362	0.358	0.354
應變點 (°C)				496		
退火點 (°C)				541		
軟化點 (°C)				796		
CTE( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )				81.1		
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.435	2.446	2.458	2.401		

莫耳%	196HXZ	196HYA	196HYB
SiO <sub>2</sub>	60.00	60.00	62.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.25	16.75	16.75
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.00	6.00	4.00
Li <sub>2</sub> O	5.50	6.50	6.25
Na <sub>2</sub> O	9.25	10.75	10.00
K <sub>2</sub> O	1.00	0.00	1.00
MgO	2.00	0.00	0.00
CaO			
SnO <sub>2</sub>	0.08	0.08	0.08
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.50	0.50	0.50
Li <sub>2</sub> O/(R <sub>2</sub> O)	0.349	0.377	0.362
應變點 (°C)			
退火點 (°C)			
軟化點 (°C)			
CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )			
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.435	2.446	2.458

【0069】 在一些實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃的彈性模數為至少約68吉帕（giga Pascals, GPa）。

【0070】 除了示例性鋰矽酸鹽玻璃組成，物性亦列於表2，包括該等示例性玻璃的應變點、退火點與軟化點、CTE和密度。應變點係利用ASTM C598-93(2013)的射束彎曲黏度法測定。退火點係利用ASTM

C 5 9 8 - 9 3 ( 2 0 1 3 ) 的射束彎曲黏度法測定。軟化點係利用 A S T M C 1 3 5 1 M - 9 6 ( 2 0 1 2 ) 的平行板黏度法測定。在 0 - 3 0 0 ° C 溫度範圍的線性熱膨脹係數 ( C T E ) 以  $\text{ppm/K}$  表示，及根據 A S T M E 2 2 8 - 1 1 ，使用推桿熱膨脹計測定。密度係利用 A S T M C 6 9 3 - 9 3 ( 2 0 1 3 ) 的浮力法測定。

【 0 0 7 1 】 在一些實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃的液相黏度為大於約 1 0 0 0 0 泊 ( P ) ，在某些實施例中為大於 1 0 0 0 0 0 P 。在一些實施例中，玻璃適用融合製程，例如融合抽拉製程等，且適用於成形所用的鍍硬體。然在一些實施例中 ( 例如表 1 的實例 3 ) ，玻璃具有低液相黏度，故無法融合成形。在該等情況下，玻璃可利用狹槽抽拉、浮式、軋延和此領域已知的其他片成形製程形成。

【 0 0 7 2 】 所述玻璃例如可形成、但不限於平板物件和三維物件且厚度為約 0 . 2 毫米 ( m m ) 至約 2 m m ，在一些實施例中為約 0 . 5 m m 至約 1 . 5 m m 。

【 0 0 7 3 】 黏度和機械性能受玻璃組成影響。在所述玻璃組成中， $\text{SiO}_2$  做為主要玻璃形成氧化物及用於穩定網狀結構。 $\text{SiO}_2$  的濃度應夠高，以提供玻璃夠高的化學耐久性適合消費者應用。然純  $\text{SiO}_2$  或高  $\text{SiO}_2$  含量玻璃的熔化溫度 ( 2 0 0 泊溫度 ) 太高，致使玻璃無法以某些方法處理。另外，存有  $\text{SiO}_2$  會降低離子交換產生的壓縮應力。在一些實施例中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃包含約 5 5 莫耳 % 至約 7 5 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  ，例如約 5 7 莫耳 % 至約 7 3 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  、約 5 9 莫耳 % 至約 7 1 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  、約 6 1 莫耳 %

至約 69 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$ 、約 63 莫耳 % 至約 67 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$ 、約 55 莫耳 % 至約 60 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$ 、約 58 莫耳 % 至約 69 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  或其間任何子範圍。

【0074】  $\text{Al}_2\text{O}_3$  亦可做為玻璃中的玻璃形成物。如同  $\text{SiO}_2$ ，氧化鋁通常會提高熔體的黏度，相對鹼金屬或鹼土金屬增加  $\text{Al}_2\text{O}_3$  通常可改善耐久性。鋁離子的結構角色取決於玻璃組成。當鹼金屬氧化物 ( $\text{R}_2\text{O}$ ) 的濃度接近或高於氧化鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 的濃度時，所有鋁呈四面體配位，且鹼金屬離子當作電荷平衡物。本文所述所有玻璃皆為此情況。通常， $\text{Al}_2\text{O}_3$  在可離子交換玻璃中亦扮演重要角色，因為  $\text{Al}_2\text{O}_3$  能賦予強健的網狀主鏈（即高應變點），同時容許鹼金屬離子較快擴散。然高  $\text{Al}_2\text{O}_3$  濃度通常會降低液相黏度，故  $\text{Al}_2\text{O}_3$  濃度需控制在合理範圍中。在一些實施例中，所述玻璃包含約 9 莫耳 % 至約 18 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，例如約 10 莫耳 % 至約 18 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約 12 莫耳 % 至約 16 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約 12 莫耳 % 至約 15 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約 9 莫耳 % 至約 17 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或其間任何子範圍。

【0075】 鹼金屬氧化物 ( $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$  和  $\text{Cs}_2\text{O}$ ) 有助於達到低熔化溫度和低液相溫度。另一方面，添加鹼金屬氧化物會大幅提高熱膨脹係數 (CTE) 及降低化學耐久性。最重要的是，為進行離子交換，需存有至少一小型鹼金屬氧化物，例如  $\text{Li}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{O}$ ，以與出自離子交換介質（例如鹽浴）的較大鹼金屬離子（例如

$K^+$ ) 交換。一般為進行三種類型的離子交換： $Na^+$ 與 $Li^+$ 交換，此會產生深層深度和低壓縮應力； $K^+$ 與 $Li^+$ 交換，此會產生淺層深度和較大壓縮應力；及 $K^+$ 與 $Na^+$ 交換，此會產生中等層深度和壓縮應力。由於壓縮應力與從玻璃交換出的鹼金屬離子數量成比例關係，故至少一小型鹼金屬氧化物的濃度需夠高，以在玻璃中產生大壓縮應力。在一些實施例中，所述玻璃包含約2.5莫耳%至約20莫耳%的 $Li_2O$ ，例如約3莫耳%至約20莫耳%的 $Li_2O$ 、約4莫耳%至約18莫耳%的 $Li_2O$ 、約5莫耳%至約16莫耳%的 $Li_2O$ 、約6莫耳%至約14莫耳%的 $Li_2O$ 、約5莫耳%至約14莫耳%的 $Li_2O$ 、約7莫耳%至約10莫耳%的 $Li_2O$ 、約2.5莫耳%至約12莫耳%的 $Li_2O$ 、約4莫耳%至約10莫耳%的 $Li_2O$ 或其間任何子範圍。在一些實施例中，該等玻璃包含0莫耳%至約14莫耳%的 $Na_2O$ ，例如0莫耳%至約5莫耳%的 $Na_2O$ 、約0.2莫耳%至約12莫耳%的 $Na_2O$ 、約4莫耳%至約14莫耳%的 $Na_2O$ 、0.2莫耳%至約14莫耳%的 $Na_2O$ 或其間任何子範圍。在一些實施例中，所述玻璃包含0莫耳%至約4莫耳%的 $K_2O$ ，例如0莫耳%至約2.5莫耳%的 $K_2O$ 、0莫耳%至約1莫耳%的 $K_2O$ 或其間任何子範圍。

【0076】 為達成高液相黏度而可由下拉技術形成，特別係由融合抽拉方法， $Li_2O$ 玻璃按莫耳基準計應佔總鹼金屬氧化物含量的一半以下。當 $Li_2O / (Li_2O + Na_2O + K_2O + Rb_2O + Cs_2O)$ 超過0.5

時，鋰輝石液相線將增加，玻璃則不再適用融合技術。故在 一 些 實 施 例 中 ，  
 $\text{Li}_2\text{O} / (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O})$  為 約 0.1 至 約 0.5 ， 例 如  
 $0.1 \leq \text{Li}_2\text{O} / (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}) \leq 0.4$   
 $0.2 \leq \text{Li}_2\text{O} / (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}) \leq 0.4$   
 或其間任何子範圍。然為在離子交換後於深度處達成高壓縮應力，期最大化  $\text{Li}_2\text{O}$  含量。為於大於  $40 \mu\text{m}$  的深度達成大於 100 兆帕的壓縮應力， $\text{Li}_2\text{O}$  含量應大於約 4 莫耳 %，在一些實施例中，較佳為大於約 5 莫耳 %，且應小於約 10 莫耳 %。

【0077】 存有  $\text{K}_2\text{O}$  可提高  $\text{K}^+$  與  $\text{Na}^+$  的離子交換速率，但在離子交換後將大大降低壓縮應力。在一些實施例中，玻璃宜包含少於約 2.5 莫耳 % 的  $\text{K}_2\text{O}$ ，在某些實施例中， $\text{K}_2\text{O}$  濃度應不超過 1 莫耳 %。

【0078】 二價陽離子氧化物(例如鹼土金屬氧化物和氧化鋅)亦可改善玻璃的熔化行為。然在離子交換效能方面，存有二價陽離子易降低鹼金屬陽離子遷移率。此對離子交換效能的負面影響尤以大型二價陽離子最為顯著。另外，較小二價陽離子氧化物通常比較大二價陽離子更能加強壓縮應力。因此， $\text{MgO}$  可提供數個與改善應力鬆弛有關的優點，同時減低對鹼金屬擴散率的不良影響。然具高  $\text{MgO}$  含量時，玻璃易形成矽酸鎂石 ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )，導致液相溫度隨  $\text{MgO}$  濃度增加超過一定量而非常急遽上升。

在一些實施例中， $MgO$ 係存於玻璃中的唯一二價陽離子氧化物。在其他實施例中，所述玻璃可含有 $MgO$ 與 $ZnO$ 的至少一者。故在一些實施例中，該等玻璃包含0莫耳%至約8莫耳%的 $MgO$ ，例如0莫耳%至約6莫耳%的 $MgO$ 、0莫耳%至約5莫耳%的 $MgO$ 、0莫耳%至約3莫耳%的 $MgO$ 、0莫耳%至約1莫耳%的 $MgO$ 或其間任何子範圍。在一些實施例中，玻璃包含0莫耳%至約4莫耳%的 $ZnO$ ，例如0莫耳%至約3莫耳%的 $ZnO$ 、0莫耳%至約2莫耳%的 $ZnO$ 、0莫耳%至約1莫耳%的 $ZnO$ 或其間任何子範圍。

【0079】 硼未經鹼金屬氧化物或二價陽離子氧化物電荷平衡時，硼將呈三次配位態，從而開放玻璃結構。圍繞三次配位硼的網狀物不如圍繞四面體配位硼堅硬；鍵結係「鬆軟的」（即彈性、可撓或能彎曲或拉伸），因此容許玻璃在裂紋形成前耐受一些變形。另外，硼可降低熔化黏度並有效壓制玻璃的錯石崩潰黏度。在一些實施例中，所述玻璃含有0莫耳%至約20莫耳%的 $B_2O_3$ ，例如約2.5莫耳%至約20莫耳%的 $B_2O_3$ 、約3莫耳%至約18莫耳%的 $B_2O_3$ 、約3.5莫耳%至約16莫耳%的 $B_2O_3$ 、約4莫耳%至約16莫耳%的 $B_2O_3$ 、約4.5莫耳%至約14莫耳%的 $B_2O_3$ 、約5莫耳%至約12莫耳%的 $B_2O_3$ 、約2.5莫耳%至約7.5莫耳%的 $B_2O_3$ 、約5莫耳%至約7莫耳%的 $B_2O_3$ 、約3.5莫耳%至約9.5莫耳%的 $B_2O_3$ 、約5莫耳%至約9莫耳%的 $B_2O_3$ 或其間任何子範圍。

【0080】  $P_2O_5$  可改善耐損性且不妨礙離子交換。在一些實施例中，添加磷至玻璃將產生一結構，其中氧化矽（玻璃中的  $SiO_2$ ）被磷酸鋁（ $AlPO_4$ ）取代， $AlPO_4$  由四面體配位鋁和磷及 / 或磷酸硼（ $BPO_4$ ）組成， $BPO_4$  由四面體配位硼和磷組成。在一些實施例中，玻璃包含 0 至約 4 莫耳 % 的  $P_2O_5$ ，例如 0 莫耳 % 至約 3 莫耳 % 的  $P_2O_5$ 、0 莫耳 % 至約 2.5 莫耳 % 的  $P_2O_5$ 、0 莫耳 % 至約 1 莫耳 % 的  $P_2O_5$  或其間任何子範圍。

【0081】 若玻璃 - 陶瓷物件為所期，則  $TiO_2$  做為成核劑，以產生整塊成核。若  $TiO_2$  濃度太低，則前驅玻璃無法結晶。若濃度太高，則在前驅玻璃形成期間冷卻後，即難以控制去玻作用。在一些實施例中，所述玻璃可包含 0 莫耳 % 至約 5 莫耳 % 的  $TiO_2$ ，例如 0 莫耳 % 至約 4 莫耳 % 的  $TiO_2$ 、0 莫耳 % 至約 3 莫耳 % 的  $TiO_2$ 、0 莫耳 % 至約 2 莫耳 % 的  $TiO_2$ 、0 莫耳 % 至約 1 莫耳 % 的  $TiO_2$  或其間任何子範圍。

【0082】 在一些實施例中，所述玻璃可進一步包括至少一澄清劑，例如、但不限於  $SnO_2$ 、 $As_2O_3$ 、 $Sb_2O_3$  等。由於環境與毒性考量， $As_2O_3$  和  $Sb_2O_3$  一般不包括在玻璃內。故所述玻璃通常無  $As_2O_3$  和  $Sb_2O_3$ ，在一些實施例中，該等玻璃包含約 0.05 莫耳 % 至約 0.5 莫耳 % 的  $SnO_2$ 。

【0083】 稀土金屬氧化物可提高玻璃的硬度和彈性模數，但會妨礙離子交換、增加玻璃密度與成本，且許多將

賦予玻璃顏色。因此期限制稀土金屬氧化物總含量為少於 0.1 莫耳 %。

【0084】 在一些態樣中，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃係藉由在玻璃表面形成壓縮層而強化。在某些實施例中，該等玻璃經化學強化，在特定實施例中為利用離子交換來化學強化。

【0085】 離子交換係玻璃中的小陽離子與存於離子交換介質（例如熔融鹽浴或糊漿）的大陽離子交換的過程。在特定實施例中，離子交換施行係把玻璃浸入實質包含大陽離子鹽的熔融鹽浴。離子交換浴亦可包含存於玻璃內的小陽離子鹽。在此所用「實質包含」一詞意指其他組分可存於熔融鹽浴中。此類組分可包括、但不限於用於減少熔融鹽侵蝕浴槽或玻璃物件的化合物。此類附加組分可包括、但不限於選定玻璃組分，例如矽酸、凝膠狀氧化鋁、凝膠狀氧化矽等。

【0086】 第 1 圖圖示離子交換玻璃物件的截面示意圖。玻璃物件 100 具有厚度  $t$ 、第一表面 110 和第二表面 112。在一些實施例中，玻璃物件 100 的厚度  $t$  為至多約 1 mm。雖然第 1 圖所示實施例繪示玻璃物件 100 為平坦平面片材或板材，但玻璃物件可具其他構造，例如三維形狀或非平面構造。玻璃物件 100 具有第一壓縮層 120 從第一表面 110 延伸壓縮深度（DOC） $d_1$  而至玻璃物件 100 的塊體內。在第 1 圖所示實施例中，玻璃物件 100 亦具有第二壓縮層 122 從第二表面 112 延伸到第二層深度  $d_2$ 。第一

和 第二 壓 縮 層 1 2 0 、 1 2 2 各 自 遭 受 壓 縮 應 力 C S 。 在 一 些 實 施 例 中 ， 第 一 和 第 二 壓 縮 層 1 2 0 、 1 2 2 分 別 於 第 一 和 第 二 表 面 1 1 0 、 1 1 2 各 具 最 大 壓 縮 應 力 。 玻 璃 物 件 1 0 0 亦 具 有 中 心 區 域 1 3 0 ， 中 心 區 域 從  $d_1$  延 伸 到  $d_2$  。 中 心 區 域 1 3 0 遭 受 拉 伸 應 力 或 中 心 張 力 ( C T ) ， 以 平 衡 或 抵 消 層 1 2 0 、 1 2 2 的 壓 縮 應 力 。 第 一 和 第 二 壓 縮 層 1 2 0 、 1 2 2 的 層 深 度  $d_1$  、  $d_2$  保 護 玻 璃 物 件 1 0 0 ， 以 免 尖 銳 撞 擊 玻 璃 物 件 1 0 0 的 第 一 與 第 二 表 面 1 1 0 、 1 1 2 造 成 的 裂 隙 綿 延 ， 壓 縮 應 力 為 至 少 約 9 0 0 兆 帕 可 降 低 裂 隙 穿 透 第 一 與 第 二 壓 縮 層 1 2 0 、 1 2 2 的 深 度  $d_1$  、  $d_2$  的 可 能 性 。

【 0 0 8 7 】 當 離 子 交 換 時 ， 相 對 於 鈉 類 似 物 ， 所 述 鋰 鋁 矽 酸 鹽 玻 璃 通 常 具 有 深 層 深 度 和 低 中 心 張 力 ， 因 此 可 使 非 常 薄 ( 即  $< 0.5 \text{ mm}$  ) 的 玻 璃 片 化 學 強 化 ， 又 不 易 受 易 碎 行 為 影 響 。

【 0 0 8 8 】 壓 縮 應 力 ( 包 括 表 面 C S ) 係 利 用 市 售 儀 器 及 表 面 應 力 計 ( F S M ) 量 測 ， 例 如 Orihara Industrial 有 限 公 司 ( 日 本 ) 製 造 的 F S M - 6 0 0 0 。 表 面 應 力 量 測 係 依 據 應 力 光 學 係 數 ( S O C ) 的 精 確 量 測 ， S O C 與 玻 璃 雙 折 射 有 關 。 S O C 進 而 依 據 名 稱 為 「 S t a n d a r d T e s t M e t h o d f o r M e a s u r e m e n t o f G l a s s S t r e s s - O p t i c a l C o e f f i c i e n t 」 的 A S T M 標 準 C 7 7 0 - 1 6 所 述 程 序 C ( 玻 璃 盤 法 ) 量 測 ， 該 文 獻 全 文 內 容 以 引 用 方 式 併 入 本 文 中 。

【0089】 在此，DOL意指所述化學強化鹼鋁矽酸鹽玻璃物件中的應力從壓縮變成拉伸的深度。DOL可以FSM或散射光偏光儀（SCALP）量測，此視離子交換處理而定。當鉀離子交換至玻璃物件內而於玻璃物件中產生應力時，FSM用於量測DOL。當鈉離子交換至玻璃物件內而產生應力時，SCALP用於量測DOL。當鉀與鈉離子均交換至玻璃內而於玻璃物件中產生應力時，可利用SCALP量測DOL，此係因為據信 $\text{Na}^+$ 離子交換深度（「鉀DOL」）指示DOL，鉀離子交換深度指示壓縮應力量級變化（但不會從壓縮變成拉伸）。 $\text{K}^+$ 離子穿透深度（「鉀DOL」）代表離子交換製程引起的鉀穿透深度。鉀DOL通常小於所述物件的DOL。鉀DOL係使用表面應力計量測，例如Luceo有限公司（日本東京）製造的市售FSM-6000表面應力計，此係依據應力光學係數（SOC）的精確量測，如參考上述CS量測。

【0090】 所述鋰鋁矽酸鹽玻璃可在含有鈉鹽、鉀鹽或兼具鈉與鉀鹽的至少一熔融鹽浴中經離子交換製程處理。硝酸鹽 $\text{NaNO}_3$ 與 $\text{KNO}_3$ 一般用於離子交換製程。使玻璃保持在鹽浴中，計足以於表面進行離子交換並進入物件內若干深度的時間。在一實施例中，化學強化玻璃係藉由浸入包含 $\text{NaNO}_3$ 的熔融鹽浴一段預定時間而達成預定離子交換程度。因離子交換，玻璃表面層內含的 $\text{Li}^+$ 離子被 $\text{Na}^+$ 或 $\text{K}^+$ 離子取代， $\text{Na}^+$ 或 $\text{K}^+$ 離子的離子半徑均比 $\text{Li}^+$ 大，以致形成表面壓縮層。在一實施例中，熔融鹽浴的溫度為

約 390 °C，及預定時間為約一至四小時。在其他實施例中，離子交換係在約 370 °C 至約 390 °C 的溫度下，在至少一熔融鹽浴中施行。

【0091】 在一些實施例中，所述玻璃可經受與單價銀陽離子離子交換，以提供具抗菌性質的玻璃表面。由於  $Ag^+$  的離子半徑大於  $Li^+$  或  $Na^+$ ，該等玻璃的銀離子交換造成的壓縮應力損失將少於僅含鈉與鉀的離子交換玻璃。

【0092】 在一些實施例中，當離子交換小於約 7 小時時，所述鋰鋁矽酸鹽玻璃可經離子交換而達成至少約 70  $\mu m$  的層深度。此外，該等玻璃可在一步驟 (one-step) 離子交換製程中離子交換而於玻璃表面達成至少約 500 兆帕的最大壓縮應力，或在二步驟離子交換製程中達成至少約 600 兆帕，其中一些玻璃可於一步驟離子交換中達成高達 800 兆帕的最大壓縮應力，及於二步驟離子交換製程中達成高達 1000 兆帕。在一些實施例中，利用一步驟或二步驟離子交換製程，壓縮應力可達至少 700 兆帕、至少約 800 兆帕或至少約 900 兆帕。在一些實施例中，該等離子交換玻璃在表面下方深度 100  $\mu m$  或以上的壓縮應力可為約 50 兆帕或以上。

【0093】 所述鋰鋁矽酸鹽玻璃可利用一步驟或二步驟離子交換製程離子交換而達成至少約 70  $\mu m$  的壓縮層深度；在一些實施例中為至少約 100  $\mu m$ ；在其他實施例中為至少約 150  $\mu m$ 。利用一步驟或二步驟製程，在 370 °C

至約 390 °C 溫度下達成該等層深度所需的離子交換時間為小於約 7 小時。

【0094】 壓縮層的輪廓和深度可由參予離子交換製程的較大陽離子濃度分佈測定。在 390 °C 下、在  $\text{NaNO}_3$  熔融鹽浴中離子交換 3.5 小時，從 (1) 鋰鋁矽酸鹽玻璃 (表 1 的實例 3) 和玻璃陶瓷 (Corning 編號 9667; 表 1 所列標稱組成) (此已以 975 °C 陶瓷化 4 小時) 的玻璃表面到內部的  $\text{Na}^+$  濃度分佈繪示於第 2 圖。在一些實施例中，由  $\text{Na}_2\text{O}$  濃度分佈測定，鋰鋁矽酸鹽玻璃 (第 2 圖的 1) 的層深度 DOL 可達至少 100  $\mu\text{m}$ 。

【0095】 表 3 列出選自表 2 的組成的一步驟離子交換條件、CS、 $\text{K}^+$  穿透玻璃的深度、 $\text{Na}^+$  穿透玻璃的深度。選自表 2 的組成的二步驟離子交換條件、虛擬溫度  $T_f$ 、CS 和 DOL 列於表 4。

表 3 選自表 2 的組成的一步驟離子交換條件、壓縮應力 (CS) 和  $\text{K}^+$  與  $\text{Na}^+$  穿透

	196HLP	196HLQ	196HLR	196HLS	196HLT	196HLU
在 430°C 下，在 100 重量% $\text{KNO}_3$ 中離子交換 2 小時						
CS (兆帕)	998	861	876	860	905	881
$\text{K}^+$ DOL (微米)	40	25	22	19	14	11
在 390°C 下，在 90 重量% $\text{KNO}_3$ /10 重量% $\text{NaNO}_3$ 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	637	581	683	701	728	667
$\text{K}^+$ DOL (微米)	29.6	17.5	13.6	10.1	8.2	7.5
$\text{Na}^+$ DOL (微米)			244	267	237	247
在 390°C 下，在 80 重量% $\text{KNO}_3$ /20 重量% $\text{NaNO}_3$ 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	512	460	606	658	633	651
$\text{K}^+$ DOL (微米)	29.0	16.3	13.5	9.8	7.3	7.9
$\text{Na}^+$ DOL (微米)			280	273	237	224
在 390°C 下，在 60 重量% $\text{KNO}_3$ /40 重量% $\text{NaNO}_3$ 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	348	302	505	542		
$\text{K}^+$ DOL (微米)	26.9	15.7	12.6	8.7		

	196HLP	196HLQ	196HLR	196HLS	196HLT	196HLU
Na <sup>+</sup> DOL (微米)			244	293	198	195
在 370°C 下，在 100 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 0.75 小時						
CS (兆帕)						
Na <sup>+</sup> DOL (微米)			198	182	185	192

	196HQB	196HQC	196HQD	196HQE	196HQF	196HQG
在 390°C 下，在 95 重量% KNO <sub>3</sub> /5 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	722	780	822	779	721	651
K <sup>+</sup> DOL (微米)	8.3	9.8	10.7	7.9	7.1	10.4
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	215	221	228	202	215	182
在 390°C 下，在 90 重量% KNO <sub>3</sub> /10 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	670	693	741	695	695	582
K <sup>+</sup> DOL (微米)	7.8	9.9	10.1	7.4	6.9	10.9
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	224	228	250	224	234	195
在 390°C 下，在 80 重量% KNO <sub>3</sub> /20 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	568	604	639	599	579	486
K <sup>+</sup> DOL (微米)	7.6	9.8	10.0	7.5	7.1	8.9
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	202	241	208	244	231	205
在 370°C 下，在 100 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 0.75 小時						
CS (兆帕)						
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	189	192	179	176	182	182

	196HQH	196HQI	196HQJ	196HQB	196HQL	196HQM
在 390°C 下，在 95 重量% KNO <sub>3</sub> /5 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	713	789	707	848	822	766
K <sup>+</sup> DOL (微米)	11.2	7.7	9.9	10.2	8.8	7.0
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	182	241	202	250	228	224
在 390°C 下，在 80 重量% KNO <sub>3</sub> /20 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	539	629	613	652	611	602
K <sup>+</sup> DOL (微米)	10.5	5.4	5.3	9.1	8.1	7.2
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	192	254	202	257	234	195
在 390°C 下，在 60 重量% KNO <sub>3</sub> /40 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 3 小時						
CS (兆帕)	455	503	460	528	510	485
K <sup>+</sup> DOL (微米)	9.6	7.4	8.1	8.8	8.3	7.6
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	205	260	185	244	237	205
在 370°C 下，在 100 重量% NaNO <sub>3</sub> 中離子交換 0.75 小時						
CS (兆帕)						
Na <sup>+</sup> DOL (微米)	172	169	169	169	172	172

表 4 選自表 2 的組成的二步驟離子交換條件、虛擬溫度  
( $T_f$ )、CS 和 DOL

	<b>196HLR</b>	<b>196HLS</b>	<b>196HLT</b>	<b>196HLU</b>
$T_f$ (°C)	652	638	623	623
浴 1				
溫度 (°C)	390	390	390	390
時間 (小時)	0.75	0.75	0.75	0.75
組成 (重量%)	80% KNO <sub>3</sub> 20% NaNO <sub>3</sub>	80% KNO <sub>3</sub> 20% NaNO <sub>3</sub>	80% KNO <sub>3</sub> 20% NaNO <sub>3</sub>	80% KNO <sub>3</sub> 20% NaNO <sub>3</sub>
浴 2				
溫度 (°C)	390	390	390	390
時間 (小時)	0.75	0.75	0.75	0.75
組成 (重量%)	100% KNO <sub>3</sub>	100% KNO <sub>3</sub>	100% KNO <sub>3</sub>	100% KNO <sub>3</sub>
CS (兆帕)	1041	1068	1042	
DOL (微米)	185	195	163	195

【0096】 所述維氏裂痕起始閾值測定係按 0.2 毫米 / 分鐘的速率施加壓痕負載至玻璃表面，然後移除之。最大壓痕負載維持 10 秒。壓痕破裂閾值定義為使 10 個壓痕中的 50% 出現從壓痕印記角落發散出任何數量的徑向 / 中間裂痕時的壓痕負載。提高最大負載，直到符合特定玻璃組成的閾值為止。所有壓痕量測係在室溫、50% 相對溼度下進行。測試涉及使用方形基底角錐鑽石壓頭且刻面間的角度為 136 度，此稱作維氏壓頭。維氏壓頭和標準微硬度試驗所用壓頭一樣（參考 ASTM - E 384 - 11）。

【0097】 在此所用「努氏刮痕閾值」一詞係指側向破裂開始。在努氏閾值試驗中，機械測試機托住努氏鑽石，其中玻璃以漸增負載刮劃，以測定側向破裂開始。在此，努氏刮痕閾值為側向破裂開始（5 個壓痕事件中的 3 或更多個）。在努氏刮痕側向破裂試驗中，玻璃物件樣品和物件先在動態或斜線上升負載下用努氏壓頭刮劃，以確定樣品

群的側向破裂開始負載範圍。一旦確定可施加負載範圍，便進行一系列漸增的恆定載荷刮痕（每負載最少3個或以上），以確定努氏刮痕閾值。比較測試樣本與下列3個失效模式之一，以測定努氏刮痕閾值範圍：(1)持續側向表面裂痕，此為凹槽寬度的兩倍以上，(2)損壞含在凹槽內，但有小於兩倍凹槽寬度的側向表面裂痕，及肉眼可見損壞，或(3)存在大表面下(subsurface)側向裂痕，此大於凹槽寬度的兩倍，及/或在刮痕頂點有中線裂痕。

【0098】當在 $\text{NaNO}_3$ 中離子交換時，所述玻璃展現高原生耐損性，在一些實施例中，維氏裂痕起始閾值能達超過50公斤力(kgf)。例如所述含有6莫耳%  $\text{Li}_2\text{O}$ 並在 $390^\circ\text{C}$ 下、在 $\text{NaNO}_3$ 浴中離子交換3.5小時後的玻璃可實現此耐損程度。維氏裂痕起始閾值可比或大於具高度固有耐損性的類似鈉鋁矽酸鹽玻璃。第3圖係本發明的鋰鋁矽酸鹽玻璃（表1的實例3，在 $390^\circ\text{C}$ 下、在 $\text{NaNO}_3$ 中離子交換3.5小時）（第3圖的C）在 $\text{KNO}_3$ 中離子交換後測定的壓痕斷裂閾值（IFT）圖，及融合形成的鈉鋁矽酸鹽玻璃A與E（標稱組成：67.6莫耳%  $\text{SiO}_2$ 、3.7莫耳%  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、12.7莫耳%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、13.7莫耳%  $\text{Na}_2\text{O}$ 、0.01莫耳%  $\text{K}_2\text{O}$ 、2.3莫耳%  $\text{MgO}$ 和0.1莫耳%  $\text{SnO}_2$ ）且IFT為15-20公斤力；玻璃B（標稱組成：64.7莫耳%  $\text{SiO}_2$ 、5.1莫耳%  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、13.9莫耳%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、13.7莫耳%  $\text{Na}_2\text{O}$ 、2.4莫耳%  $\text{MgO}$ 和0.08莫耳%  $\text{SnO}_2$ ）且IFT為30-40公斤力；及玻璃D（標稱組成：64.7莫耳

%  $\text{SiO}_2$ 、5.1 莫耳 %  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、13.9 莫耳 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、13.7 莫耳 %  $\text{Na}_2\text{O}$ 、2.4 莫耳 %  $\text{MgO}$  和 0.08 莫耳 %  $\text{SnO}_2$  ) 且 IFT 為 15 公斤力。第 3 圖所示離子交換鋰鋁矽酸鹽玻璃中受到 10 公斤力 ( 第 4 圖的 a )、30 公斤力 ( b ) 和 50 公斤力 ( c ) 壓頭負載的維氏壓痕光學顯微圖繪示於第 4 圖。第 4 圖的圖像顯示明顯玻璃密化且無側向破裂形成，此表示玻璃具有高度固有耐損性。

**【0099】** 在一些實施例中，所述玻璃依上述離子交換時可具有至少 10 公斤力的維氏裂痕起始閾值 ( VIT ) ；在一些實施例中為至少 15 公斤力；在其他實施例中為至少 20 公斤力。在某些實施例中，維氏裂痕起始閾值為約 10 公斤力至約 35 公斤力，努氏刮痕閾值 ( KST ) 為約 10 牛頓 ( N ) 至約 20 N 。

**【0100】** 以一步驟和二步驟離子交換製程離子交換的玻璃的維氏裂痕起始閾值 ( VIT ) 和努氏刮痕閾值 ( KST ) 分別列於表 3 和表 4 。

**【0101】** 所述物件可併入另一物件中，例如具顯示器的物件 ( 或顯示物件 ) ( 例如消費性電子產品，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統等 )、建築用物件、運輸物件 ( 例如汽車、火車、飛機、船隻等 )、家電製品、或需一定透明度、耐刮性、耐磨性或上述組合的任何物件。併入所述任一強化物件的示例性物件繪示於第 5 A 圖及第 5 B 圖。特定言之，第 5 A 圖及第 5 B 圖圖示消費性電子裝置 200，包括具有正面 204、背面 206 和側面 208 的外殼

202；電子部件（未圖示），至少部分或整個置於外殼內，並包括至少一控制器、記憶體和顯示器210，顯示器位於或鄰接外殼的正面；及蓋基板212，設在外殼正面或上面而覆蓋顯示器。在一些實施例中，蓋基板212及/或外殼可包括所述任一強化物件。

【0102】雖然本發明已以典型實施例說明如上，然以上敘述不應視為限定本發明或後附申請專利範圍的範圍。因此，熟諳此技術者在不脫離本發明或後附申請專利範圍的精神和範圍內，當可作各種潤飾、修改與更動。

【符號說明】

【0103】

100 玻璃物件

110、112 表面

120、122 壓縮層

130 中心區域

200 電子裝置

202 外殼

204 正面

206 背面

208 側面

210 顯示

212 蓋基板

$d_1$ 、 $d_2$  層深度

t 厚度

【生物材料寄存】

【 0 1 0 4 】 國內寄存資訊（請依寄存機構、日期、號碼順序註記）  
無

【 0 1 0 5 】 國外寄存資訊（請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記）  
無

**【發明申請專利範圍】**

**【請求項 1】** 一種鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件係由一玻璃所形成，該玻璃包含：

55 莫耳% 至 75 莫耳% 的  $\text{SiO}_2$  ；

9 莫耳% 至 18 莫耳% 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ；

2.5 莫耳% 至 20 莫耳% 的  $\text{B}_2\text{O}_3$  ；及

3 莫耳% 至約 20 莫耳% 的  $\text{Li}_2\text{O}$  ，

其中該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件係經離子交換，且具有一壓縮層從至少一表面延伸到該玻璃物件內至少 70  $\mu\text{m}$  的一層深度，該壓縮層具有至少 600 MPa 的一最大壓縮應力，其中該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件具有至少 10 公斤力的一維氏裂痕起始閾值、以及至少 8 N 的一努氏刮痕閾值。

**【請求項 2】** 如請求項 1 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中該壓縮層於該表面下方 50  $\mu\text{m}$  的一深度具有至少 100 兆帕的一壓縮應力。

**【請求項 3】** 如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃具有至少約 10 千泊的一液相黏度。

**【請求項 4】** 如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中該鋰鋁矽酸鹽玻璃具有 840  $^{\circ}\text{C}$  或以下的一軟化點。

【請求項5】 如請求項1或2所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃具有至少510°C的一退火點。

【請求項6】 如請求項1或2所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃具有至少68 GPa的一彈性模數。

【請求項7】 如請求項1或2所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃包含：

10莫耳%至18莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；

3.5莫耳%至9.5莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；

7莫耳%至約12.6莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ；及

0莫耳%至4莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ ，

其中 $\text{Li}_2\text{O}$ （莫耳%）/ $\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）係於0.22至0.4的一範圍中，且 $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ 。

【請求項8】 如請求項1或2所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃之 $\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）- $\text{Al}_2\text{O}_3$ （莫耳%）係於-0.5莫耳%至5.6莫耳%的一範圍中。

【請求項9】 如請求項1或2所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃之 $(\text{Al}_2\text{O}_3$ （莫耳%）+ $\text{B}_2\text{O}_3$ （莫耳%）)/ $\text{R}_2\text{O}$ （莫耳%）係於

0.9 至 1.57 的一範圍中。

【請求項 10】如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃之  $R_2O$  (莫耳%) +  $R'O$  (莫耳%) -  $Al_2O_3$  (莫耳%) -  $B_2O_3$  (莫耳%) -  $P_2O_5$  (莫耳%) 係於 -10.0 莫耳% 至 -0.11 莫耳% 的一範圍中，且  $R'O = MgO + CaO + SrO + BaO$ 。

【請求項 11】如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中  $Al_2O_3$  (莫耳%) >  $B_2O_3$  (莫耳%)。

【請求項 12】如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中該鋰鋁矽酸鹽玻璃包含 5 莫耳% 至 7 莫耳% 的  $B_2O_3$ 。

【請求項 13】如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃包含：

0 莫耳% 至 5 莫耳% 的  $Na_2O$ ；及

0.05 莫耳% 至 0.5 莫耳% 的  $SnO_2$ 。

【請求項 14】如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件，其中形成該鋰鋁矽酸鹽玻璃物件的玻璃包含：

10 莫耳% 至 18 莫耳% 的  $Al_2O_3$ ；

2.5 莫耳% 至 7.5 莫耳% 的  $B_2O_3$ ；

5 莫耳% 至 12.6 莫耳% 的  $Li_2O$ ；

0 莫耳% 至 4 莫耳% 的  $P_2O_5$ ；及

0 莫耳% 至 1 莫耳% 的  $K_2O$ ，

其中  $\text{Li}_2\text{O}$  (莫耳%) /  $\text{R}_2\text{O}$  (莫耳%) 係於 0.22 至 0.4 的一範圍中， $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Rb}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{O}$ ，且  $\text{R}_2\text{O}$  (莫耳%) +  $\text{R}'\text{O}$  (莫耳%) -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (莫耳%) -  $\text{B}_2\text{O}_3$  (莫耳%) -  $\text{P}_2\text{O}_5$  (莫耳%) 係於 -10.5 莫耳% 至 -0.11 莫耳% 的一範圍中， $\text{R}'\text{O} = \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 。

【請求項 15】一種消費性電子產品，包含：

一外殼，具有一正面、一背面、及多個側面；

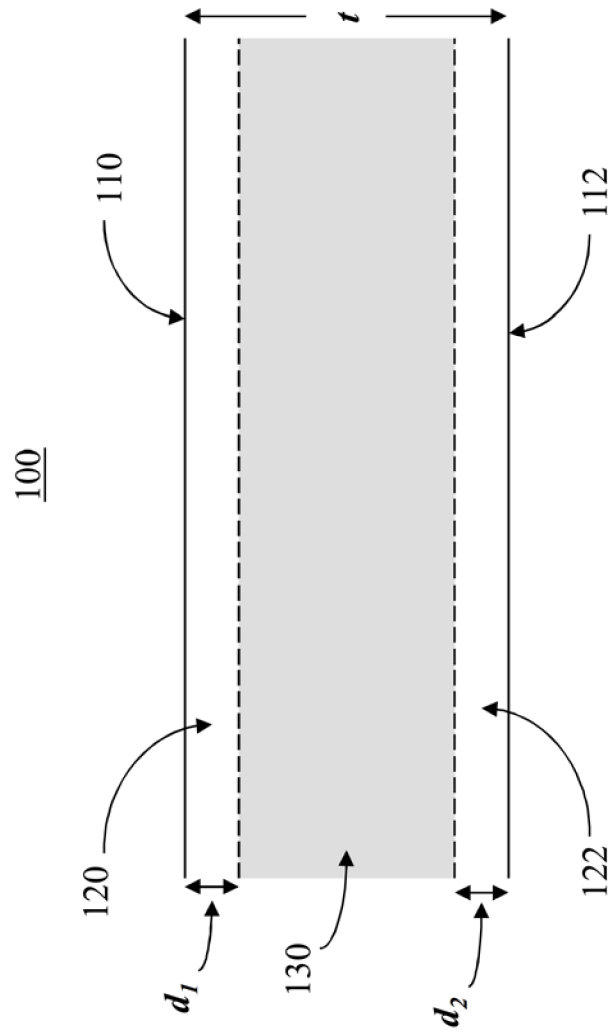
多個電子部件，至少部分置於該外殼內，該等電子部件包括至少一控制器、一記憶體、及一顯示器，該顯示器設於或鄰接該外殼的該正面；以及

一蓋玻璃，置於該顯示器上面，

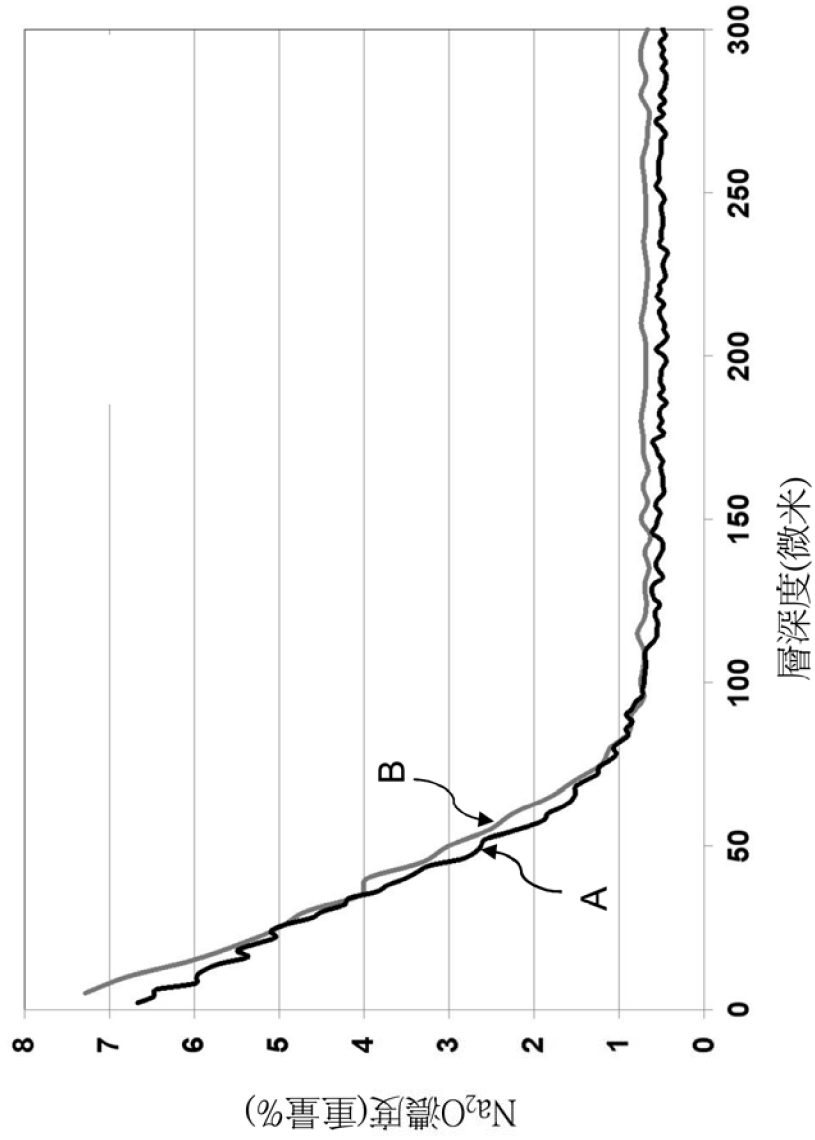
其中至少一部分的該外殼或該蓋玻璃包含如請求項 1 或 2 所述之鋰鋁矽酸鹽玻璃物件。

【發明圖式】

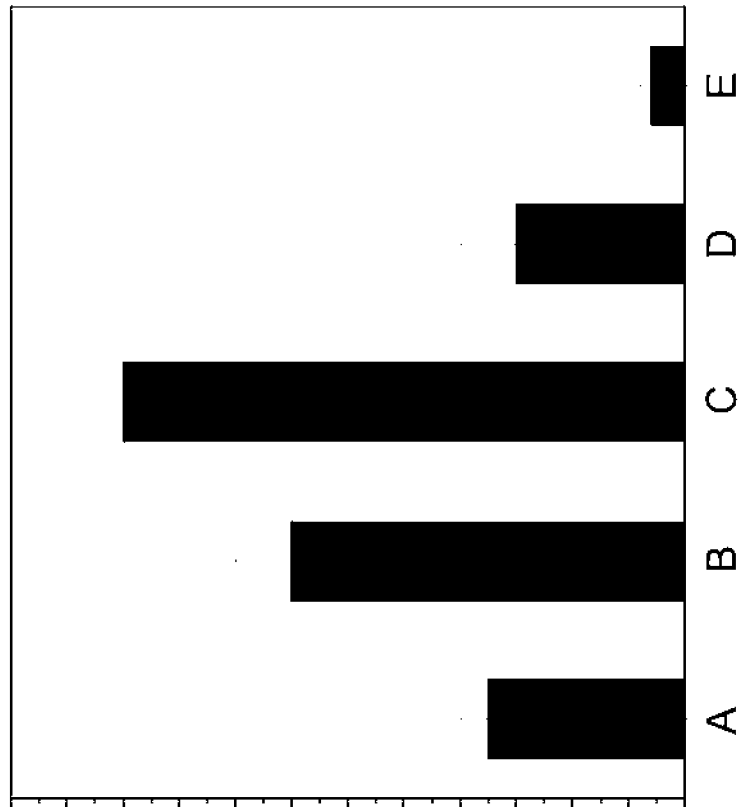
第1圖



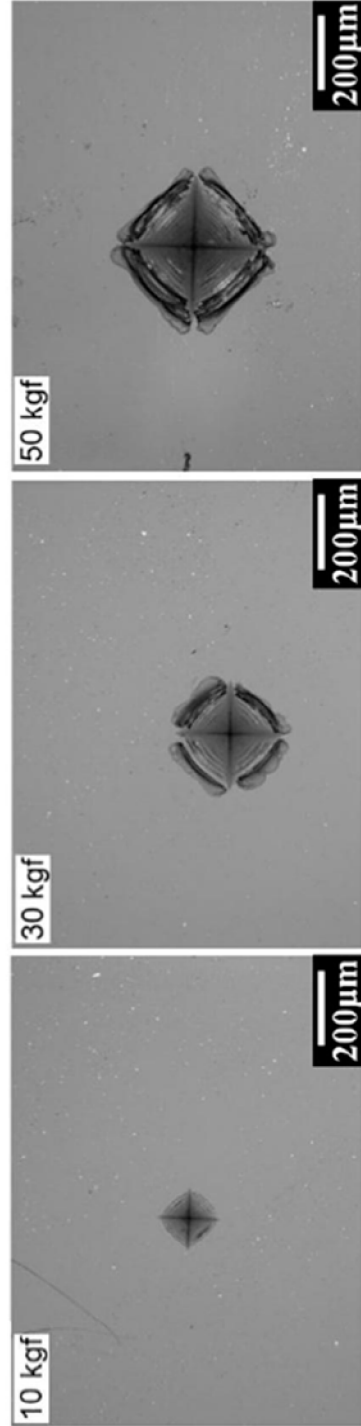
第2圖



第3圖



第4圖

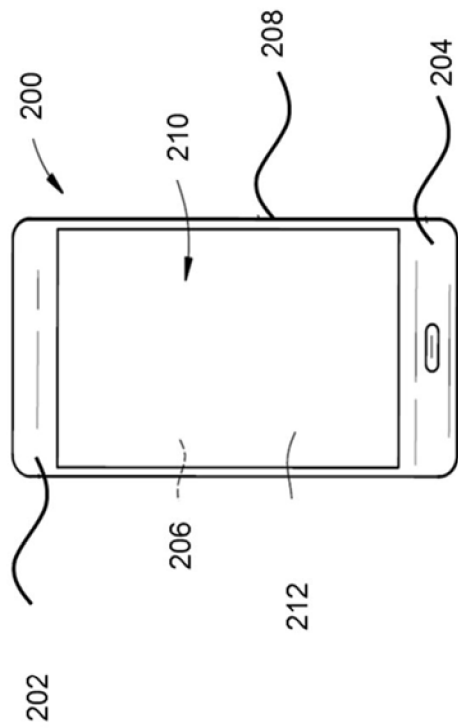


c

b

a

第5A圖



第5B圖

