



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 202003406 A

(43) 公開日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 16 日

(21) 申請案號：108127171

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 24 日

(51) Int. Cl. :

*C03C3/097 (2006.01)**C03C3/091 (2006.01)**C03C3/093 (2006.01)**C03C21/00 (2006.01)*

(30) 優先權：2013/11/26 美國

61/909,049

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

美國

(72) 發明人：德奈卡 馬修約翰 DEJNEKA, MATTHEW JOHN (US)；門羅 約翰克里斯多福

MAURO, JOHN CHRISTOPHER (US)

(74) 代理人：李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：1 共 49 頁

(54) 名稱

具有壓痕閾值之可快速離子交換的玻璃

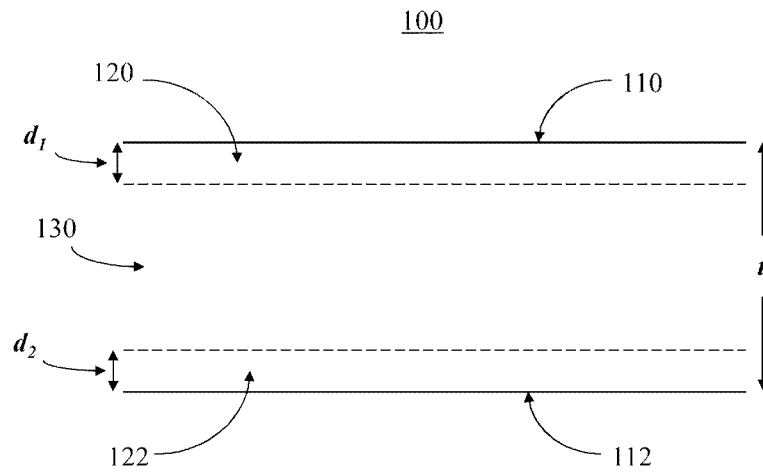
(57) 摘要

鹼鋁矽酸鹽玻璃可離子交換至高壓縮應力，及具有快速離子交換動力和高本質損傷抗性。藉著只使用少量 P₂O₅ (>1 莫耳%) 或不添加任何 P₂O₅，所述玻璃可達成以上所有預定性質。

Alkali aluminosilicate glasses that are ion exchangeable to high compressive stresses, have fast ion exchange kinetics, and high intrinsic damage resistance. The glasses achieve all of the above desired properties either with only small amounts of P₂O₅ (> 1 mol%) or without addition of any P₂O₅.

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
應力層

130 . . . 中心區

d_1 、 d_2 . . . 層深度

t . . . 厚度

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有壓痕閾值之可快速離子交換的玻璃

【英文發明名稱】FAST ION EXCHANGEABLE GLASSES WITH HIGH INDENTATION THRESHOLD

【技術領域】

交互參照之相關申請案

本申請案根據專利法法規主張西元2013年11月26日申請的美國臨時專利申請案第61/909049號的優先權權益，本申請案依賴該申請案全文內容且該申請案全文內容以引用方式併入本文中。

【0001】本揭示案係關於鹼鋁矽酸鹽玻璃，該玻璃可離子交換至高壓縮應力，及具有快速離子交換動力和高本質損傷抗性。

【先前技術】

【0002】先前技術仍存在缺點。本發明旨在解決該等缺點及/或改善先前技術。

【發明內容】

【0003】本發明提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該玻璃可離子交換至高壓縮應力，及具有快速離子交換動力和高本質損傷抗性。藉著只使用少量 P_2O_5 (<1莫耳%)或不添加任何 P_2O_5 ，所述玻璃可達成以上所有預定性質。

【0004】 因此，本發明的一態樣提供玻璃，包含：約50莫耳%至約72莫耳%的 SiO_2 ；約12莫耳%至約22莫耳%的 Al_2O_3 ；至多約15莫耳%的 B_2O_3 ；至多約1莫耳%的 P_2O_5 ；約11莫耳%至約21莫耳%的 Na_2O ；至多約5莫耳%的 K_2O ；至多約4莫耳%的 MgO ；至多約5莫耳%的 ZnO ；及至多約2莫耳%的 CaO 。在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$ 莫耳。在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳%。在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳%。在一些實施例中， $24 \text{ 莫耳} \% \leq \text{RAIO}_4 \leq 45 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R係鈉(Na)、鉀(K)和銀(Ag)的至少一者。

【0005】 本發明的第二態樣提供玻璃，包含：約55莫耳%至約62莫耳%的 SiO_2 ；約16莫耳%至約20莫耳%的 Al_2O_3 ；約4莫耳%至約10莫耳%的 B_2O_3 ；約14莫耳%至約18莫耳%的 Na_2O ；約0.2莫耳%至約4莫耳%的 K_2O ；至多約0.5莫耳%的 MgO ；至多約0.5莫耳%的 ZnO ；及至多約0.5莫耳%的 CaO ，其中玻璃實質無 P_2O_5 。在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.5$ 莫耳%。在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 4$ 莫耳%。在一些實施例中， $28 \text{ 莫耳} \% \leq \text{RAIO}_4 \leq 45 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R係Na、K和Ag的至少一者。

【0006】 另一態樣提供離子交換玻璃的方法。方法包含在約 410°C 或以下的溫度下，在離子交換浴中離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃，計至多約8小時。離子交換浴包含鉀鹽，

鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：約 50 莫耳 % 至約 72 莫耳 % 的 SiO_2 ；約 12 莫耳 % 至約 22 莫耳 % 的 Al_2O_3 ；至多約 15 莫耳 % 的 B_2O_3 ；至多約 1 莫耳 % 的 P_2O_5 ；約 11 莫耳 % 至約 21 莫耳 % 的 Na_2O ；至多約 5 莫耳 % 的 K_2O ；至多約 4 莫耳 % 的 MgO ；至多約 5 莫耳 % 的 ZnO ；及至多約 1 莫耳 % 的 CaO 。經離子交換的鹼鋁矽酸鹽玻璃具有從表面延伸到層深度 DOL 的壓縮應力層，壓縮應力層具有至少約 500 兆帕 (MPa) 的壓縮應力 CS。

【0007】 本發明的上述和其他態樣、優點和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】

【0008】 第 1 圖係離子交換玻璃物件的截面示意圖。

【實施方式】

【0009】 在以下說明中，以相同的元件符號代表各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一組元件和元件組合物中的至少一者時，應理解該群組可包含、實質由或由個別或結合任何數量的提及元件組成。同樣地，當描述某一群組由一組元件或元件組合物中的至少一者組成時，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」係指「至少一」或「一或更多」。亦應理解說明書和圖式所揭示各種特徵結構可以任何和所有結合方式使用。

【0010】 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。除非具體指明，否則所有組成係以莫耳百分比（莫耳%）表示。除非具體指明，否則熱膨脹係數（CTE）係用 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示，及代表在約 20°C 至約 300°C 的溫度範圍內測量的數值。

【0011】 在此所用「退火點」一詞係指玻璃黏度為 $10^{13.2}$ 泊時的溫度，「應變點」一詞係指玻璃黏度為 $10^{14.7}$ 泊時的溫度，「軟化點」一詞係指玻璃受自身重量作用而明顯變軟的溫度。

【0012】 注意在此所用「實質」和「約」係表示任何定量比較、數值、測量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、又不致改變所述標的物的基本功能的程度。故「實質無MgO」的玻璃係指不主動加入或批次加入MgO至玻璃、但存有像污染物般很少量MgO之玻璃。

【0013】 按0.2毫米/分鐘施加壓痕負載至玻璃表面及接著移除之，以測定所述維氏（Vickers）裂隙初始閾值。最大壓痕負載維持10秒。壓痕裂隙閾值定義為使10個壓痕中的50%展現從壓痕印記角落發散出任何數量的

徑向/中間裂隙時的壓痕負載。提高最大負載，直到符合特定玻璃組成的閥值為止。所有壓痕測量係在室溫、50%相對溼度下進行。

【0014】 利用此技術領域已知手段，測量壓縮應力和層深度。該等手段包括使用諸如 Luceo 有限公司（日本東京）製造的 FSM-16000 等市售儀器測量表面應力（FSM），但不以此為限，測量壓縮應力和層深度的方法描述於名稱為「化學強化平板玻璃的標準規範（Standard Specification for Chemically Strengthened Flat Glass）」的 ASTM 1422C-99 和名稱為「用於非破壞性光彈性測量退火熱強化和完全回火之平板玻璃的邊緣與表面應力的標準測試方法（Standard Test Method for Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed, Heat-Strengthened, and Fully-Tempered Flat Glass）」的 ASTM 1279.19779，上述全文內容以引用方式併入本文中。表面應力測量係依據應力光學係數（SOC）的精確測量，SOC 與玻璃雙折射有關。SOC 可由此技術領域已知方法測量，例如光纖和四點彎曲法，二者均描述於名稱為「用於測量玻璃應力光學係數的標準測試方法（Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient）」的 ASTM 標準

C 770-98 (2008)，上述全文內容以引用方式併入本文中，及塊體圓柱法。

【0015】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，而無意限定本揭示案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。

【0016】茲揭示鹼鋁矽酸鹽玻璃，該玻璃可離子交換至高壓縮應力，及具有快速離子交換動力和高本質損傷抗性。過去，兼具上述三種特徵的玻璃含有大量 P_2O_5 。本文則只使用少量 P_2O_5 (<1莫耳%)或不添加任何 P_2O_5 ，即可使所述玻璃達成以上所有預定性質。

【0017】離子交換一般用於化學強化玻璃。在一特例中，陽離子源（例如熔融鹽或「離子交換」浴）內的鹼金屬陽離子與玻璃內的較小鹼金屬陽離子交換而於玻璃表面附近形成壓縮應力（CS）作用層。例如，出自陽離子源的鉀離子常與玻璃內的鈉離子交換。或者，其他單價陽離子可經由離子交換引入玻璃，例如 Ag^+ 、 Cu^+ 、 Tl^+ 等。壓縮層從表面延伸到玻璃內的層深度（DOL）。

【0018】第1圖圖示平面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。雖然第1圖實施例繪示玻璃物件100為平坦片材或平板，但玻璃物件亦可具其他構造，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，壓縮層120從第一表面110延伸層深度 d_1 而至大塊玻璃物件

100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，壓縮層122從第二表面112延伸到第二層深度 d_2 。玻璃物件亦具有中心區130，中心區130從 d_1 延伸到 d_2 。中心區130受拉伸應力或中心張力（CT）作用，以平衡或抵消層120、122的壓縮應力。第一和第二壓縮層120、122的深度 d_1 、 d_2 可保護玻璃物件100，以免尖銳撞擊玻璃物件100的第一與第二表面110、112造成的裂隙綿延，而壓縮應力可降低裂隙穿透第一與第二壓縮層120、122的深度 d_1 、 d_2 的可能性。

【0019】 所述玻璃中大量 Al_2O_3 （12莫耳%至22莫耳%）和 Na_2O （11莫耳%至21莫耳%）能使玻璃離子交換達成高壓縮應力CS。在一些實施例中，所述玻璃經離子交換而產生壓縮應力CS至少約500兆帕（MPa）的壓縮層120、122；在一些實施例中為至少約700 MPa；在其他實施例中為至少約800 MPa；在其他實施例中為至少約900 MPa；在其他實施例中為至少約1000 MPa；在又一些其他實施例中為至少約1100 MPa。在一些實施例中，所述玻璃在8小時離子交換時間內離子交換達成至少約800 MPa的壓縮應力和至少約52微米（m）的層深度。在其他實施例中，所述玻璃在4小時離子交換時間內離子交換達成至少約800 MPa的壓縮應力和至少約40 m的層深度。在又一些其他實施例中，所述玻璃在2小時離子交換時間內離子交換達成至少約800 MPa的壓縮應力和至少約30 m的層深度。在一些實施例中，壓縮應力

為約 700 MPa 至約 1200 MPa；在其他實施例中為約 800 MPa 至約 1200 MPa；在又一些其他實施例中為約 900 MPa 至約 1200 MPa。

【0020】離子交換時，本文所述玻璃展現本質損傷抗性，上述維氏壓痕閾值測量亦反映相同結果。當表式 $B_2O_3 - (Na_2O + K_2O - Al_2O_3)$ 的數值為高 (>1 莫耳%) 且 $(Na_2O + K_2O - Al_2O_3)$ 的數值為低 (≤ 0.5 莫耳%) 時，數理邏輯分析模擬系統 (lass) 展現高損傷抗性。在一些實施例中，離子交換玻璃具有至少約 9.5 公斤力 (kgf) 的維氏裂隙壓痕閾值；在其他實施例中為至少約 17.5 kgf；在其他實施例中為至少約 22.5 kgf；在其他實施例中為至少約 32.5 kgf；在又一些其他實施例中為至少約 40 kgf。

【0021】高離子交換速率可歸因於數個組成因子結合，包括高濃度的 Al_2O_3 (12 莫耳% 至 22 莫耳%) 和 RA_1O_4 (24 莫耳% 至 45 莫耳%)；非零濃度的 K_2O (至多約 5 莫耳% 的 K_2O)；及低濃度的二價金屬氧化物 RO (0 莫耳% 至 5 莫耳%) (R' 係鈣 (Ca)、鎂 (Mg) 和鋅 (Zn) 的至少一者)。在一些實施例中，所述玻璃可以使 $CS \cdot DOL$ 乘積在少於約 8 小時內至少達 44000 MPa m 的速率離子交換。

【0022】在一些實施例中，所述玻璃的液相黏度為至少約 100 千泊，是以能用此技術領域已知的下拉技術製作玻璃，例如融合抽拉及狹槽抽拉法。特別地，該等玻璃可相

容於氧化鋁硬體（即實質上不與之反應或降解），例如用於融合抽拉製成的隔離管。

【0023】 在一些實施例中，所述玻璃實質由下列組成或包含：約50莫耳%至約72莫耳%的 SiO_2 （即 $50 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 \leq 72 \text{ 莫耳} \%$ ）；約12莫耳%至約22莫耳%的 Al_2O_3 （即 $12 \text{ 莫耳} \% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 22 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約15莫耳%的 B_2O_3 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 15 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約1莫耳%的 P_2O_5 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{P}_2\text{O}_5 \leq 1 \text{ 莫耳} \%$ ）；約11莫耳%至約21莫耳%的 Na_2O （即 $11 \text{ 莫耳} \% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 21 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約5莫耳%的 K_2O （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 5 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約4莫耳%的 MgO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{MgO} \leq 4 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約5莫耳%的 ZnO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{ZnO} \leq 4 \text{ 莫耳} \%$ ）；及至多約2莫耳%的 CaO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{CaO} \leq 2 \text{ 莫耳} \%$ ）。在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$ 莫耳%，在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳%。在一些實施例中， $24 \text{ 莫耳} \% \leq \text{RAIO}_4 \leq 45 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R係Na、K和Ag的至少一者。在一些實施例中， $56 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 78 \text{ 莫耳} \%$ ，在一些實施例中， $0 \text{ 莫耳} \% \leq \Sigma [\text{R}'\text{O}] \leq 5 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R'係Ca、Mg和Zn的至少一者。在一些實施例中， $2 \text{ 莫耳} \% \leq \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \leq 12 \text{ 莫耳} \%$ 。

【0024】 在某些實施例中，玻璃實質無或含有0莫耳%的 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃實質無或含有0莫耳%的 Li_2O 。

【0025】 玻璃可進一步包括至少一澄清劑，例如 SnO_2 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_5 、 Cl^- 、 F^- 等。在一些實施例中，玻璃包括至多約0.5莫耳%的 SnO_2 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SnO}_2 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約0.5莫耳%的 Sb_2O_5 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{CeO}_2 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；及/或至多約0.5莫耳%的 As_2O_3 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{As}_2\text{O}_3 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）。

【0026】 在特定實施例中，玻璃實質由下列組成或包含：約55莫耳%至約62莫耳%的 SiO_2 （即 $55 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 \leq 62 \text{ 莫耳} \%$ ）；約16莫耳%至約20莫耳%的 Al_2O_3 （即 $16 \text{ 莫耳} \% < \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 20 \text{ 莫耳} \%$ ）；約2莫耳%至約10莫耳%的 B_2O_3 （即 $2 \text{ 莫耳} \% \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 10 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約1莫耳%的 P_2O_5 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{P}_2\text{O}_5 \leq 1 \text{ 莫耳} \%$ ）；約14莫耳%至約18莫耳%的 Na_2O （即 $14 \text{ 莫耳} \% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 18 \text{ 莫耳} \%$ ）；約0.2莫耳%至約4莫耳%的 K_2O （即 $0.2 \text{ 莫耳} \% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 4 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約0.5莫耳%的 MgO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{MgO} \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約0.5莫耳%的 ZnO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{ZnO} \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；及至多約0.5莫耳%的 CaO （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{CaO} \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）。在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ，在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 4 \text{ 莫耳} \%$ 。在一些實施例中， $24 \text{ 莫耳} \% \leq \text{RAlO}_4 \leq 45 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R係Na、K和Ag的至少一者。在一些實施例中， $56 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 75 \text{ 莫耳} \%$ ，在一些實施例中， $0 \text{ 莫耳} \% \leq \Sigma [\text{R}'\text{O}] \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ，其中R'係Ca、Mg和Zn的至少一

者。在一些實施例中， $K_2O \leq 0.5(Na_2O + K_2O)$ 。在某些實施例中，玻璃實質無或含有0莫耳%的 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃實質無或含有0莫耳%的 Li_2O 。

【0027】玻璃可進一步包括至少一澄清劑，例如 SnO_2 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_5 、 Cl^- 、 F^- 等。在一些實施例中，玻璃包括至多約0.5莫耳%的 SnO_2 （即0莫耳% $\leq SnO_2 \leq 0.5$ 莫耳%）；至多約0.5莫耳%的 Sb_2O_5 （即0莫耳% $\leq CeO_2 \leq 0.5$ 莫耳%）；及/或至多約0.5莫耳%的 As_2O_3 （即0莫耳% $\leq As_2O_3 \leq 0.5$ 莫耳%）。

【0028】在又一些其他實施例中，所述玻璃實質由下列組成或包含：約55莫耳%至約62莫耳%的 SiO_2 （即55莫耳% $\leq SiO_2 \leq 62$ 莫耳%）；約16莫耳%至約20莫耳%的 Al_2O_3 （即16莫耳% $< Al_2O_3 \leq 20$ 莫耳%）；約4莫耳%至約10莫耳%的 B_2O_3 （即4莫耳% $\leq B_2O_3 \leq 10$ 莫耳%）；約14莫耳%至約18莫耳%的 Na_2O （即14莫耳% $\leq Na_2O \leq 18$ 莫耳%）；約0.2莫耳%至約4莫耳%的 K_2O （即0.2莫耳% $\leq K_2O \leq 4$ 莫耳%）；至多約0.5莫耳%的 MgO （即0莫耳% $\leq MgO \leq 0.5$ 莫耳%）；至多約0.5莫耳%的 ZnO （即0莫耳% $\leq ZnO \leq 0.5$ 莫耳%）；至多約0.5莫耳%的 CaO （即0莫耳% $\leq CaO \leq 0.5$ 莫耳%）；及實質無或含有0莫耳%的 P_2O_5 。在一些實施例中， $Na_2O + K_2O - Al_2O_3 \leq 0.5$ 莫耳%，在一些實施例中， $B_2O_3 - (Na_2O + K_2O - Al_2O_3) > 4$ 莫耳%。在一些實施例中， 28 莫耳% $\leq RAlO_4 \leq 45$ 莫耳%，其中R係Na、K和

Ag 的至少一者。在一些實施例中， $56 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 70 \text{ 莫耳} \%$ ，在一些實施例中， $0 \text{ 莫耳} \% \leq \Sigma [\text{R}'\text{O}] \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ，其中 R' 係 Ca、Mg 和 Zn 的至少一者。在一些實施例中， $\text{K}_2\text{O} \leq 0.25 (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 。在某些實施例中，玻璃實質無或含有 0 莫耳% 的 Li_2O 。

【0029】玻璃可進一步包括至少一澄清劑，例如 SnO_2 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_5 、Cl-、F- 等。在一些實施例中，玻璃包括至多約 0.5 莫耳% 的 SnO_2 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SnO}_2 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；至多約 0.5 莫耳% 的 Sb_2O_5 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{CeO}_2 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）；及 / 或至多約 0.5 莫耳% 的 As_2O_3 （即 $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{As}_2\text{O}_3 \leq 0.5 \text{ 莫耳} \%$ ）。

【0030】上述包含 P_2O_5 的玻璃組成和非限定實例列於表 1。上述實質無 P_2O_5 的玻璃組成和非限定實例列於表 2。該等玻璃的氧化物成分各有功能。矽石（ SiO_2 ）例如為主要玻璃形成氧化物，並構成熔融玻璃的網狀物主幹。純 SiO_2 具有低 CTE 且無鹼金屬。然因具極高的熔化溫度，故純 SiO_2 不適用於融合抽拉製程。黏度曲線也太高，以致無法匹配層疊結構中的任何核心玻璃。在一些實施例中，所述玻璃的 SiO_2 含量為約 50 莫耳% 至約 72 莫耳%。在其他實施例中， SiO_2 濃度為約 55 莫耳% 至約 62 莫耳%。

【0031】除了矽石，所述玻璃還包含網狀物成形體 Al_2O_3 和 B_2O_3 ，以達到穩定玻璃形成、低 CTE、低楊氏模數、低剪切模數，及促進熔化及 / 或成形。藉由混合三

種適當濃度的網狀物成形體，可達成穩定大塊玻璃形成，同時使網狀物改質劑需求降至最低，例如鹼金屬或鹼土金屬氧化物，改質劑用於提高CTE和模數。像 SiO_2 一樣， Al_2O_3 亦貢獻玻璃網狀物的剛性。氧化鋁可以四重或五重配位存於玻璃中。在一些實施例中，所述玻璃包含約12莫耳%至約22莫耳%的 Al_2O_3 ，在特定實施例中為約16莫耳%至約20莫耳%的 Al_2O_3 。

【0032】 氧化硼（ B_2O_3 ）亦為玻璃形成氧化物，氧化硼用於降低黏度及改善熔化及形成玻璃的能力。 B_2O_3 可依三重或四重配位存於玻璃網狀物中。三重配位的 B_2O_3 係降低楊氏模數與剪切模數以改善玻璃本質損傷抗性最有效的氧化物。故在一些實施例中，所述玻璃包含約0莫耳%至至多約15莫耳%的 B_2O_3 ，在其他實施例中為約2莫耳%至約10莫耳%的 B_2O_3 ，在其他實施例中為約2莫耳%至約10莫耳%的 B_2O_3 ，在又一些其他實施例中為約4莫耳%至約8莫耳%的 B_2O_3 。在一些實施例中， $56 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 78 \text{ 莫耳} \%$ ，在其他實施例中， $66 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 75 \text{ 莫耳} \%$ 。在某些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 \leq \text{Al}_2\text{O}_3$ 。

【0033】 鹼金屬氧化物 Na_2O 和 K_2O 用於利用離子交換達成化學強化玻璃。在一些實施例中，玻璃包括 Na_2O ，以與含如 KNO_3 鹽浴中的鉀交換。在一些實施例中， $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 5 \text{ 莫耳} \%$ ，及在某些實施例中， $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 4 \text{ 莫耳} \%$ 。在一些實施例中， $11 \text{ 莫耳} \% \leq$

$\text{Na}_2\text{O} \leq 21$ 莫耳%，在其他實施例中， $14 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 18$ 莫耳%。在其他實施例中， $1 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} \leq 15$ 莫耳%，及在某些實施例中， $6 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} \leq 13$ 莫耳%。所述玻璃實質無 Li_2O 或包含 0 莫耳%的 Li_2O 。在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$ 莫耳%，及在其他實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.5$ 莫耳%。在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳%，及在其他實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 4$ 莫耳%。在一些實施例中， $24 \text{ 莫耳}\% \leq \text{RAIO}_4 \leq 45$ 莫耳%，其中 R 係 Na、K 和 Ag 的至少一者，及在其他實施例中， $24 \text{ 莫耳}\% \leq \text{RAIO}_4 \leq 45$ 莫耳%，其中 R 係 Na、K 和 Ag 的至少一者。

【0034】 像 B_2O_3 一樣，鹼土金屬氧化物（例如 MgO 與 CaO ）和其他二價氧化物（例如 ZnO ）亦可改善玻璃的熔化行為。然其也會提高 CTE 和楊氏與剪切模數。在一些實施例中，所述玻璃包含至多約 4 莫耳%的 MgO 、至多約 1 莫耳%的 CaO 和至多約 4 莫耳%的 ZnO 。在其他實施例中，該等玻璃包含至多約 0.5 莫耳%的 MgO 、至多約 0.5 莫耳%的 CaO 和至多約 0.5 莫耳%的 ZnO 。在一些實施例中， $0 \text{ 莫耳}\% \leq \Sigma[\text{R}'\text{O}] \leq 5$ 莫耳%，及在其他實施例中， $0 \text{ 莫耳}\% \leq \Sigma[\text{R}'\text{O}] \leq 0.5$ 莫耳%，其中 R' 係 Ca、Mg 和 Zn 的至少一者。

【0035】 為確保玻璃中絕大部分的 B_2O_3 係呈三重配位態而獲得高原生耐刮性， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$ 莫耳

%，且在一些實施例中， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.5$ 莫耳 %。在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳 %，且在一些實施例中， $\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 4$ 莫耳 %。

【0036】 在一些實施例中，玻璃亦可包括至少一澄清劑，例如 SnO_2 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_5 、 Cl^- 、 F^- 等，以助於在熔化時消除氣態內含物。在一些實施例中，玻璃包含至多約 0.5 莫耳 % 的 SnO_2 、至多約 0.5 莫耳 % 的 As_2O_3 及 / 或至多約 0.5 莫耳 % 的 Sb_2O_3 。

【0037】 所述包含至多約 1 莫耳 % P_2O_5 的非限定玻璃組成和選定物性（應變、退火點與軟化點、密度、CTE、液相溫度、模數、折射率和應力光學係數（SOC））實例列於表 1。所述不含 P_2O_5 的非限定玻璃組成和選定物性實例列於表 2。

【0038】 在另一態樣中，提供離子交換所述鹼鋁矽酸鹽玻璃的方法。方法包含在至多約 410 °C 的溫度下，在包含鉀鹽的離子交換浴中離子交換玻璃，計至多約 8 小時，以形成壓縮層，壓縮層具有至少 500 MPa 的壓縮應力並從表面延伸層深度 DOL。在一些實施例中，所述玻璃在 8 小時離子交換時間內離子交換達成至少約 800 MPa 的壓縮應力和至少約 52 m 的層深度。在其他實施例中，所述玻璃在 4 小時離子交換時間內離子交換達成至少約 800 MPa 的壓縮應力和至少約 40 m 的層深度。在又一些其他實施例中，所述玻璃在 2 小時離子交換時間內離子交換

達成至少約 800 MPa 的壓縮應力和至少約 30 μm 的層深度。在一些實施例中， $CS \cdot DOL = 44000 \text{ MPa} \cdot \mu\text{m}$ 。

表 1 所述包含至多約 1 莫耳% P_2O_5 的玻璃組成和選定物性

玻璃 (莫耳%)	A	B	C	D	E
SiO ₂	63.53	64.65	63.58	64.55	64.63
Al ₂ O ₃	14.98	14	14	13.97	14.38
B ₂ O ₃	6.046	6.937	6.983	7.015	6.016
Na ₂ O	13.76	12.74	13.75	13.73	13.76
K ₂ O	0.503	0.496	0.501	0.005	0.501
MgO	0.039	0.037	0.037	0.042	0.02
CaO	0.07	0.07	0.068	0.068	0.064
ZnO	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅	0.97	0.97	0.97	0.51	0.497
SnO ₂	0.1	0.1	0.101	0.099	0.099
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-0.71	-0.76	0.242	-0.23	-0.12
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.76	7.701	6.741	7.244	6.135
應變點 (°C)	590	575	559	576	570
退火點 (°C)	649	634	613	633	629
軟化點 (°C)	935	906	879	914	919
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	80.6	77.3	80.5	78	80.3
密度 (克/立方公分)	2.374	2.361	2.374	2.367	2.378
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.26	9.14	9.239	9.165	9.357
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.816	3.764	3.788	3.778	3.864
v (帕松比)	0.213	0.214	0.219	0.213	0.211
壓痕閾值 (公斤力)	30	27.5	25	30	32.5
CS ¹ (兆帕)	803.4	724.9	733.1	782.1	792.5
DOL ¹ (μm)	70.09	64.23	60.75	58.71	62.94

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

表 2 所述不含 P_2O_5 的玻璃組成和選定物性

玻璃 (莫耳%)	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	64.05	63.98	64.02	63.96	61.44	62.02
Al ₂ O ₃	13.59	16.35	15.86	16.41	16.87	16.53
B ₂ O ₃	8.11	4.00	3.98	2.13	5.40	4.95
Na ₂ O	13.54	14.40	14.87	16.25	15.59	15.99
K ₂ O	0.51	1.02	1.02	1.01	0.51	0.51
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
CaO	0.07	0.13	0.13	0.13	0.07	0.07
ZnO						
P ₂ O ₅						

玻璃 (莫耳%)	1	2	3	4	5	6
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.46	-0.93	0.02	0.85	-0.77	-0.04
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.65	4.94	3.96	1.28	6.17	4.99
應變點 (°C)	542	623	599	620	600.8	591.3
退火點 (°C)	594	684	657	679	659.7	649.2
軟化點 (°C)	856	980	950	969	949	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	79	84.6	86.3	89.3		
密度 (克/立方公分)	2.368	2.406	2.408	2.433	2.398	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.332	9.871	9.879			
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.807	4.044	4.042			
v (帕松比)	0.226	0.221	0.222			
壓痕閾值 (公斤力)	40	17.5	17.5	11.5	42.5	27.5
CS (兆帕) ¹		945.98	934.91	936.13		
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)					904.22	950.37
DOL (μm) ¹		75.87	74.66	73.94	73.65	72.07
CS (兆帕) ²	598.55	1025.88	1031.55	1048.43		
CS (兆帕) ² (SOC 修正)					978.33	1069.76
DOL (μm) ²	45.97	56.41	57.43	60.06	59.41	56.14

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	58.05	59.94	62.02	61.92	64.41	66.99
Al ₂ O ₃	17.66	16.49	16.53	16.85	14.95	13.31
B ₂ O ₃	6.08	6.63	5.03	5.04	6.04	5.79
Na ₂ O	17.49	16.20	15.91	15.67	13.89	13.74
K ₂ O	0.50	0.51	0.51	0.51	0.52	0.01
MgO	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
CaO	0.08	0.08	0.07	0.08	0.06	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.33	0.22	-0.11	-0.66	-0.55	0.44
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.75	6.41	5.14	5.70	6.59	5.35
應變點 (°C)	594	588	591	602.6	603	594
退火點 (°C)	648	644	649.4	661.4	662	653
軟化點 (°C)	907	905			946	942
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	90.8	87.4			80.4	75.3
密度 (克/立方公分)	2.412	2.399			2.381	2.365
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.52	9.418			9.438	9.309
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.877	3.83			3.865	3.848
v (帕松比)	0.228	0.229			0.221	0.21
壓痕閾值 (公斤力)	22.5	32.5	27.5	35	50	32.5
CS (兆帕) ¹	982.26	887.12			836.34	770.78

玻璃 (莫耳%)	7	8	9	10	11	12
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		838.10	951.64	992.14	786.73	709.43
DOL (μm) ¹	71.23	70.91	70.87	69.64	69.48	69.26
CS (兆帕) ²	1134.74	1090.05			940.56	920.95
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		1029.81		1033.00	884.78	847.65
DOL (μm) ²	53.67	51.20		58.58	53.11	50.07

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	67.14	67.11	60.31	61.66	67.08	66.96
Al ₂ O ₃	13.21	13.23	16.46	16.22	13.23	13.33
B ₂ O ₃	5.77	5.76	6.50	5.09	5.77	5.79
Na ₂ O	13.42	13.42	16.04	16.33	13.46	13.75
K ₂ O	0.26	0.26	0.51	0.51	0.26	0.01
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CaO	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.47	0.45	0.09	0.62	0.49	0.43
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.30	5.30	6.41	4.46	5.27	5.36
應變點 (°C)	593	592	569.4	569.5	591	594
退火點 (°C)	651	650	624.4	622.9	649	652
軟化點 (°C)	931	938			935	942
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	76.8	76.5			76.3	75.6
密度 (克/立方公分)	2.369	2.37	2.396	2.408	2.368	2.369
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.412	9.453			9.502	9.34
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.873	3.865			3.845	3.849
v (帕松比)	0.215	0.223			0.236	0.213
壓痕閾值 (公斤力)	27.5	>25	47.5	17.5	17.5	27.5
CS (兆帕) ¹	763.00	767.19			757.38	783.96
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	707.18	711.69	833.11	885.94	701.16	726.19
DOL (μm) ¹	69.24	69.17	68.85	68.79	68.70	67.82
CS (兆帕) ²	901.59	901.02			899.76	928.71
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	835.64	835.84	958.06	1000.30	832.97	860.27
DOL (μm) ²	49.25	50.41	54.45	50.89	52.33	48.49

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	62.38	67.14	65.66	62.86	57.41	56.99
Al ₂ O ₃	15.71	13.23	13.71	15.30	19.20	19.12

玻璃 (莫耳%)	19	20	21	22	23	24
B ₂ O ₃	5.05	5.72	6.26	5.14	5.33	5.44
Na ₂ O	16.17	13.42	13.91	16.01	17.65	17.97
K ₂ O	0.51	0.26	0.26	0.51	0.25	0.26
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
CaO	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06
ZnO						0.00
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.97	0.45	0.46	1.22	-1.30	-0.89
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	4.08	5.26	5.80	3.92	6.63	6.33
應變點 (°C)	565	590	586	559.6	627	623
退火點 (°C)	617.1	649	644	610.4	683	678
軟化點 (°C)	883.5	936	928		941	928
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	86.2	76	77.6		88.2	92.6
密度 (克/立方公分)	2.408	2.367	2.37		2.421	2.426
E 模數 (百萬磅/平方吋)		9.421	9.35		9.705	9.603
G 模數 (百萬磅/平方吋)		3.858	3.828		3.967	3.942
v (帕松比)		0.221	0.221		0.223	0.218
壓痕閾值 (公斤力)	10	32.5	22.5	10	35	50
CS (兆帕) ¹		770.06	775.41		1049.21	1009.69
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	819.65	712.06	715.97	787.79	1029.47	999.95
DOL (μm) ¹	67.18	66.93	66.93	66.49	66.43	66.37
CS (兆帕) ²		893.63	913.97		1211.52	1153.86
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	951.03	826.33	843.91	931.00	1188.72	1142.72
DOL (μm) ²	53.03	52.27	50.32	50.09	49.38	50.35

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	25	26	27	28	29	30
SiO ₂	65.34	65.86	64.11	62.89	64.06	65.45
Al ₂ O ₃	13.84	13.08	14.01	14.67	14.86	13.85
B ₂ O ₃	6.41	6.96	7.15	6.90	6.01	6.29
Na ₂ O	14.24	11.72	13.03	14.31	13.81	14.23
K ₂ O	0.01	2.01	1.50	0.99	1.01	0.01
MgO	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
CaO	0.02	0.24	0.07	0.11	0.12	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.41	0.66	0.53	0.62	-0.03	0.38
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.00	6.30	6.62	6.28	6.05	5.91
應變點 (°C)	589	540	560	548	570	590
退火點 (°C)	646	592	613	599.9	627	646
軟化點 (°C)	928	851	810		920	927
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	77.8	81.9	82.7		82	78.5

玻璃 (莫耳%)	25	26	27	28	29	30
密度 (克/立方公分)	2.371	2.379	2.382	2.385	2.388	2.372
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.255	9.653	9.467		9.635	9.286
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.812	3.936	3.874		3.913	3.846
v (帕松比)	0.214	0.226	0.222		0.231	0.207
壓痕閾值 (公斤力)	27.5	17.5	47.5	37.5	47.5	37.5
CS (兆帕) ¹	792.17	644.93	731.96		844.33	808.31
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	728.06		688.85	734.27		746.13
DOL (μm) ¹	66.10	65.87	65.35	65.12	65.00	64.89
CS (兆帕) ²	920.31	738.35	842.29		935.14	960.00
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	845.84		792.68	844.88		886.15
DOL (μm) ²	50.82	52.26	49.62	50.30	49.86	47.59

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	64.19	57.07	66.06	65.84	62.87	63.72
Al ₂ O ₃	15.36	18.78	13.22	13.18	14.96	14.96
B ₂ O ₃	5.95	5.31	6.98	6.99	6.96	7.05
Na ₂ O	13.22	18.35	13.04	12.73	14.52	13.57
K ₂ O	1.02	0.26	0.51	1.01	0.51	0.50
MgO	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
CaO	0.13	0.05	0.07	0.12	0.07	0.06
ZnO		0.00				
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-1.12	-0.17	0.33	0.56	0.07	-0.88
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.07	5.48	6.65	6.43	6.88	7.93
應變點 (°C)	586	612	550	545	559.9	592
退火點 (°C)	646	667	604	598	615.7	651
軟化點 (°C)	943	921	869	866		933
CTE (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	77.7	94.2	78.4	80.1		78.4
密度 (克/立方公分)	2.386	2.43	2.372	2.377		2.376
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.572	9.728	9.461	9.55		9.268
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.938	3.928	3.873	3.883		3.806
v (帕松比)	0.215	0.238	0.222	0.23		0.218
壓痕閾值 (公斤力)	42.5	30	17.5	17.5	42.5	50
CS (兆帕) ¹	851.23	954.36	692.07	701.60		809.55
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		941.04			779.63	759.29
DOL (μm) ¹	64.72	63.88	63.57	63.16	62.91	62.89
CS (兆帕) ²	920.57	1152.17	814.65	810.37		919.37
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		1136.09			885.76	862.29
DOL (μm) ²	45.33	51.17	48.31	46.04	47.18	47.57

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	37	38	39	40	41	42
SiO ₂	65.35	63.07	65.83	62.85	65.71	65.86
Al ₂ O ₃	14.00	15.40	13.59	15.42	13.57	13.56
B ₂ O ₃	6.11	6.67	5.12	7.02	5.74	5.25
Na ₂ O	13.84	14.18	14.45	14.02	13.97	14.32
K ₂ O	0.51	0.51	0.10	0.51	0.10	0.10
MgO	0.01	0.02	0.77	0.02	0.76	0.76
CaO	0.06	0.07	0.05	0.07	0.04	0.04
ZnO			0.00		0.00	0.00
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.34	-0.71	0.96	-0.90	0.51	0.86
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.76	7.38	4.16	7.92	5.24	4.40
應變點 (°C)	580	573.1	584	575.1	586	584
退火點 (°C)	636	631.6	638	633.3	641	639
軟化點 (°C)	908		907		915	911
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	79.5		78.5		76.4	77.7
密度 (克/立方公分)	2.382		2.39	2.373	2.379	2.388
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.614		9.704		9.558	9.609
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.887		4.007		3.912	3.98
v (帕松比)	0.237		0.211		0.222	0.207
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	47.5	27.5	47.5	32.5	40
CS (兆帕) ¹	796.55		809.68		803.88	811.46
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	749.86	780.71	784.04	800.99	764.68	778.88
DOL (μm) ¹	62.80	62.50	62.42	62.41	62.01	61.95
CS (兆帕) ²	911.57		1000.28		946.44	985.28
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	858.13	881.96	968.60	897.79	900.29	945.72
DOL (μm) ²	47.90	47.00	44.25	46.57	49.35	45.17

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	64.57	64.78	50.50	65.61	65.52	65.74
Al ₂ O ₃	13.85	13.66	21.09	13.58	13.59	13.57
B ₂ O ₃	7.04	7.03	7.04	5.59	5.62	5.63
Na ₂ O	13.84	13.83	20.12	14.21	14.25	14.05
K ₂ O	0.51	0.51	0.98	0.10	0.10	0.10
MgO	0.02	0.02	0.02	0.76	0.77	0.77
CaO	0.07	0.07	0.13	0.04	0.04	0.04
ZnO				0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅						

玻璃 (莫耳%)	43	44	45	46	47	48
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.50	0.68	0.01	0.73	0.76	0.58
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.54	6.35	7.03	4.86	4.85	5.05
應變點 (°C)	550	549.5	569	581	581	584
退火點 (°C)	603	601.5	620	637	635	639
軟化點 (°C)		867.5	864	906	906	913
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	77.7	79.3	100.9	77.6	76.7	76.6
密度 (克/立方公分)	2.38	2.373	2.444	2.385	2.384	2.382
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.506		9.669	9.663	9.608	9.651
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.896		3.906	3.948	3.942	3.92
v (帕松比)	0.22		0.238	0.224	0.219	0.231
壓痕閾值 (公斤力)	37.5	37.5	12.5	37.5	32.5	40
CS (兆帕) ¹	741.35		987.93	802.89	801.35	810.58
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		689.48	976.87	766.03	767.10	763.97
DOL (μm) ¹	61.64	61.50	61.36	61.31	61.11	60.80
CS (兆帕) ²			1137.60	983.29	965.09	971.14
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		775.20	1124.87	938.15	923.84	915.30
DOL (μm) ²		50.44	45.76	44.62	46.39	46.48

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	49	50	51	52	53	54
SiO ₂	65.45	56.88	64.49	59.77	64.44	56.55
Al ₂ O ₃	13.98	18.36	14.18	16.19	13.99	18.28
B ₂ O ₃	7.06	5.41	7.02	7.04	7.04	6.55
Na ₂ O	12.81	18.88	13.61	16.28	13.83	17.37
K ₂ O	0.50	0.26	0.51	0.51	0.51	0.99
MgO	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02
CaO	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.12
ZnO		0.00			0.00	
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-0.67	0.77	-0.06	0.60	0.35	0.07
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.73	4.64	7.08	6.44	6.69	6.47
應變點 (°C)	588	586	578	552.1	571	562
退火點 (°C)	648	640	634	602.8	628	616
軟化點 (°C)	943	892	914	858.6	887	867
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	75.4	97.2	79.5		79	93.7
密度 (克/立方公分)	2.363	2.435	2.372	2.399	2.375	2.42
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.182	9.82	9.297		9.333	9.547
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.83	3.975	3.825		3.835	3.871
v (帕松比)	0.199	0.235	0.215		0.217	0.233
壓痕閾值 (公斤力)	20	12.5	37.5	42.5	37.5	27.5
CS (兆帕) ¹	754.06	907.31	795.79		734.76	923.25

玻璃 (莫耳%)	49	50	51	52	53	54
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	691.64	904.75	741.57	789.38	679.62	899.49
DOL (μm) ¹	60.63	60.58	60.38	60.07	59.90	59.68
CS (兆帕) ²	865.34	1077.34	906.33		880.03	1042.81
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	793.71	1074.30	844.58	930.97	813.99	1015.97
DOL (μm) ²	45.17	46.13	46.55	44.63	46.09	45.26

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	55	56	57	58	59	60
SiO ₂	57.32	63.79	67.18	64.29	55.42	56.81
Al ₂ O ₃	19.10	14.44	12.78	13.95	18.46	18.34
B ₂ O ₃	4.37	5.66	5.65	6.94	7.24	5.64
Na ₂ O	17.73	15.42	13.70	14.13	18.45	18.74
K ₂ O	0.25	0.50	0.00	0.51	0.25	0.25
MgO	1.06	0.01	0.54	0.02	0.01	0.04
CaO	0.05	0.06	0.02	0.07	0.05	0.06
ZnO					0.00	0.00
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-1.11	1.49	0.92	0.68	0.24	0.66
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.48	4.17	4.73	6.25	7.00	4.98
應變點 (°C)	625	553.3	579	550.4	569	577
退火點 (°C)	678	602.1	633	602.9	621	630
軟化點 (°C)	934		904	870.7	858	893
CTE (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	88.7		75.5	79.4	94.3	95.6
密度 (克/立方公分)	2.438		2.376	2.375	2.424	2.434
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.855		9.547		9.57	9.703
G 模數 (百萬磅/平方吋)	4.018		3.925		3.864	3.98
v (帕松比)	0.227		0.216		0.238	0.219
壓痕閾值 (公斤力)	15	10	17.5	37.5	32.5	12.5
CS (兆帕) ¹	1087.72		747.21		936.43	913.84
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	1097.38	745.92		718.15		910.69
DOL (μm) ¹	59.34	59.32	58.98	58.69	58.60	58.58
CS (兆帕) ²	1214.15		910.00		1081.85	
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	1224.94	899.51		805.33		
DOL (μm) ²	45.38	44.62	42.89	47.80	45.12	

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	61	62	63	64	65	66
SiO ₂	64.36	61.56	63.81	64.14	64.42	57.15
Al ₂ O ₃	14.49	15.77	14.64	14.77	13.94	18.43

玻璃 (莫耳%)	61	62	63	64	65	66
B ₂ O ₃	7.10	6.04	5.13	7.25	8.06	5.27
Na ₂ O	13.85	15.91	15.74	13.51	12.87	18.97
K ₂ O	0.01	0.52	0.50	0.20	0.52	0.01
MgO	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05
CaO	0.06	0.08	0.06	0.03	0.06	0.02
ZnO				0.00		
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10	0.09
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-0.63	0.66	1.60	-1.06	-0.55	0.55
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.73	5.38	3.53	8.31	8.61	4.72
應變點 (°C)	591	565	553.8	590	574	580.2195
退火點 (°C)	650	617	602.8	648	631	633.1365
軟化點 (°C)	934	888	850	934	916	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	76.6	88		75.4	75.2	
密度 (克/立方公分)	2.37	2.411	2.408	2.368	2.36	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.315	9.563		9.257	9.148	
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.758	3.919		3.803	3.742	
v (帕松比)	0.239	0.22		0.217	0.222	
壓痕閾值 (公斤力)	42.5	12.5	10	37.5	20	12.5
CS (兆帕) ¹	807.46	926.79		790.43	743.00	971.44
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	731.13		758.52	718.78	660.54	965.67
DOL (μm) ¹	58.50	58.25	57.92	57.90	57.68	57.60
CS (兆帕) ²	917.91	1054.95		930.21	849.33	1097.45
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	831.14		893.72	845.89	755.07	1090.93
DOL (μm) ²	43.65	44.97	46.87	43.69	43.40	45.43

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	67	68	69	70	71	72
SiO ₂	56.23	64.65	62.83	59.76	58.19	56.21
Al ₂ O ₃	17.64	13.94	14.92	17.11	17.20	18.31
B ₂ O ₃	8.05	6.98	6.94	5.40	7.06	6.14
Na ₂ O	16.78	14.20	14.63	17.54	16.29	18.87
K ₂ O	0.99	0.10	0.51	0.02	0.99	0.26
MgO	0.05	0.01	0.01	0.05	0.02	0.05
CaO	0.14	0.02	0.06	0.03	0.12	0.06
ZnO		0.00				0.00
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.07	0.09	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.13	0.36	0.22	0.45	0.08	0.83
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.92	6.62	6.72	4.95	6.98	5.31
應變點 (°C)	557	571	558.9	579.1148	557	572
退火點 (°C)	608	622	613.1	631.8197	610	622
軟化點 (°C)	850	885			866	864
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	92	79.7			90.5	95.1

玻璃 (莫耳%)	67	68	69	70	71	72
密度 (克/立方公分)	2.411	2.375			2.41	2.432
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.405	9.368			9.489	9.695
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.83	3.814			3.877	3.946
v (帕松比)	0.228	0.228			0.224	0.228
壓痕閾值 (公斤力)	25	42.5	37.5	27.5	40	15
CS (兆帕) ¹	859.86	804.16		929.92	885.30	905.74
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	819.03		798.84	914.11	848.48	889.52
DOL (μm) ¹	57.60	57.38	57.26	57.20	57.11	56.82
CS (兆帕) ²	1035.22	950.12		1059.78	989.53	1074.72
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	986.07		902.29	1041.76	948.37	1055.47
DOL (μm) ²	44.40	44.00	42.70	45.24	47.57	44.47

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	73	74	75	76	77	78
SiO ₂	65.76	64.18	64.53	65.77	57.42	61.99
Al ₂ O ₃	13.87	14.01	13.99	13.21	18.59	14.65
B ₂ O ₃	5.15	6.23	6.60	7.04	5.35	6.05
Na ₂ O	13.91	13.90	13.71	13.84	17.17	14.67
K ₂ O	0.11	1.49	0.50	0.01	0.26	0.52
MgO	1.08	0.01	0.49	0.01	1.06	0.02
CaO	0.03	0.06	0.06	0.01	0.05	0.08
ZnO			0.00			
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.15	1.38	0.22	0.65	-1.16	0.55
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.00	4.86	6.38	6.40	6.51	5.50
應變點 (°C)	589	557	570	553	607	610
退火點 (°C)	644	607	623	606	661	666
軟化點 (°C)	918	847	890	873	917	919
CTE (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	77.2	84.2	80.4	77.2	86.8	80.5
密度 (克/立方公分)	2.389	2.402	2.383	2.375	2.429	2.44
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.675	9.809	9.457	9.477	10.009	9.805
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.993	4.044	3.891	3.87	4.1	3.983
v (帕松比)	0.212	0.213	0.215	0.225	0.221	0.231
壓痕閾值 (公斤力)	50	27.5	32.5	22.5	>25	13.75
CS (兆帕) ¹	827.18	722.71	765.12	735.80	1042.17	928.11
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	789.68	701.96	718.79		1030.82	
DOL (μm) ¹	56.82	56.75	56.73	56.65	56.63	56.53
CS (兆帕) ²	978.88	863.59	897.56	843.06	1188.56	1121.22
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	934.50	838.80	843.20		1175.63	
DOL (μm) ²	42.65	46.22	44.17	42.42	43.49	41.84

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	79	80	81	82	83	84
SiO ₂	54.37	62.36	64.29	60.92	60.08	64.56
Al ₂ O ₃	19.19	15.59	13.95	16.47	16.62	13.90
B ₂ O ₃	6.98	5.79	7.65	5.83	6.34	7.03
Na ₂ O	18.19	16.07	13.90	16.40	16.80	14.31
K ₂ O	0.99	0.03	0.01	0.07	0.07	0.01
MgO	0.02	0.04	0.01	0.29	0.08	0.01
CaO	0.12	0.02	0.06	0.03	0.03	0.06
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.00	0.50	-0.04	0.00	0.25	0.41
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.99	5.29	7.69	5.83	6.09	6.62
應變點 (°C)	561	571.5756	572	573.7447	564.3761	574
退火點 (°C)	613	623.9441	629	628.2527	618.0616	627
軟化點 (°C)	862		899			891
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	96.2		78.5			78.9
密度 (克/立方公分)	2.428		2.367			2.378
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.573		9.288			9.373
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.896		3.752			3.832
v (帕松比)	0.229		0.238			0.223
壓痕閾值 (公斤力)	25	37.5	32.5	42.5	37.5	42.5
CS (兆帕) ¹	948.59	878.64	774.46			782.10
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	929.87	852.11	696.88	903.79	853.09	723.20
DOL (μm) ¹	56.43	55.87	55.70	55.34	55.27	55.22
CS (兆帕) ²	1072.69	992.79	903.52			918.78
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	1051.53	962.82	813.01	1004.83	974.01	849.58
DOL (μm) ²	47.43	43.98	42.06	43.04	44.03	41.80

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	85	86	87	88	89	90
SiO ₂	55.11	64.31	64.34	64.34	65.71	63.41
Al ₂ O ₃	18.41	13.68	14.72	14.00	13.90	13.96
B ₂ O ₃	7.58	7.01	6.18	5.99	5.15	7.07
Na ₂ O	18.47	14.29	13.43	14.06	13.42	13.89
K ₂ O	0.25	0.50	0.20	0.51	0.11	1.49
MgO	0.01	0.02	1.01	0.01	1.60	0.01
CaO	0.04	0.06	0.02	0.06	0.04	0.06
ZnO	0.00		0.00	0.91		
P ₂ O ₅						

玻璃 (莫耳%)	85	86	87	88	89	90
SnO ₂	0.10	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.31	1.11	-1.09	0.57	-0.37	1.42
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.28	5.90	7.28	5.42	5.52	5.65
應變點 (°C)	562	545.1	596	568	594	549
退火點 (°C)	611	594.9	653	623	649	596
軟化點 (°C)	857		929	890	928	823
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	93.2		76	79.8	75.1	86.2
密度 (克/立方公分)	2.421		2.381	2.404	2.388	2.4
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.468		9.593	9.576	10.005	9.712
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.846		3.91	3.952	4.123	3.993
v (帕松比)	0.231		0.227	0.211	0.213	0.216
壓痕閾值 (公斤力)	27.5	27.5	32.5	32.5	42.5	27.5
CS (兆帕) ¹	871.28		824.73	807.70	826.35	741.59
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		715.55	773.18	782.00	788.89	717.44
DOL (μm) ¹	55.06	55.00	54.74	54.74	54.51	54.45
CS (兆帕) ²	1067.00		960.72	950.41	961.11	847.99
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		855.74	900.68	920.17	917.54	820.39
DOL (μm) ²	43.78	41.97	41.27	41.71	40.97	41.98

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	91	92	93	94	95	96
SiO ₂	60.04	64.59	61.91	64.26	64.77	70.65
Al ₂ O ₃	16.54	13.88	13.94	13.96	13.87	12.35
B ₂ O ₃	6.43	7.02	6.07	7.14	6.51	3.95
Na ₂ O	16.71	13.80	15.46	13.93	14.14	12.35
K ₂ O	0.07	0.50	0.52	0.52	0.52	0.51
MgO	0.11	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
CaO	0.03	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.24	0.41	2.03	0.49	0.78	0.51
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.19	6.61	4.04	6.65	5.73	3.44
應變點 (°C)	566.277	557	593	565	567	582
退火點 (°C)	619.0794	610	646	617	617	640
軟化點 (°C)	879	883	885	874	869	949
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	89.1	79.4	84.4	81	80.5	71.2
密度 (克/立方公分)	2.399	2.379	2.449	2.379	2.388	2.374
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.607	9.451	9.842	9.443	9.531	9.784
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.925	3.864	4.02	3.858	3.941	4.047
v (帕松比)	0.224	0.223	0.224	0.224	0.209	0.209
壓痕閾值 (公斤力)	37.5	35	11.75	42.5	37.5	22.5
CS (兆帕) ¹		782.47	931.17	786.03	782.17	754.58

玻璃 (莫耳%)	91	92	93	94	95	96
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	853.81	724.59		737.12	749.86	
DOL (μm) ¹	54.45	54.33	54.21	54.15	54.02	53.97
CS (兆帕) ²		871.70	1147.76	889.71	888.55	861.31
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	971.19	807.23		834.35	851.85	
DOL (μm) ²	43.91	41.57	39.13	44.73	42.96	49.11

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	97	98	99	100	101	102
SiO ₂	64.32	62.77	64.75	59.99	54.58	64.48
Al ₂ O ₃	14.00	14.55	13.91	16.55	18.38	14.03
B ₂ O ₃	6.15	7.11	7.14	6.44	8.14	5.97
Na ₂ O	13.82	14.87	13.99	16.85	18.47	13.81
K ₂ O	0.51	0.51	0.01	0.07	0.26	0.50
MgO	1.01	0.03	0.01	0.07	0.01	1.03
CaO	0.06	0.07	0.06	0.03	0.05	0.07
ZnO	0.00				0.00	
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.09	0.10	0.08	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.33	0.82	0.09	0.37	0.34	0.27
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.83	6.29	7.05	6.07	7.80	5.70
應變點 (°C)	572	546.8	577	560.9948	559	572
退火點 (°C)	626	597.4	631	613.35	608	625
軟化點 (°C)	889	854.5	913	872.8	846	893
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	79.4		78.1	89	94.4	79.6
密度 (克/立方公分)	2.391	2.384	2.371	2.4	2.42	2.389
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.579		9.264	9.56	9.458	9.645
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.955		3.791	3.891	3.836	3.938
v (帕松比)	0.211		0.222	0.228	0.233	0.225
壓痕閾值 (公斤力)	37.5	32	37.5	42.5	42.5	40
CS (兆帕) ¹	769.54		801.86		861.80	830.03
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	733.99	748.04	730.95	838.22		799.49
DOL (μm) ¹	53.95	53.90	53.75	53.58	53.55	53.55
CS (兆帕) ²	905.70		918.13		1080.27	939.81
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	863.86	851.32	836.94	967.98		905.22
DOL (μm) ²	40.24	43.64	43.41	42.77	42.36	40.85

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	103	104	105	106	107	108
SiO ₂	65.01	64.02	64.37	64.27	65.59	65.08
Al ₂ O ₃	14.23	13.70	13.96	13.94	13.90	13.22

玻璃 (莫耳%)	103	104	105	106	107	108
B ₂ O ₃	5.75	6.96	7.02	7.04	5.12	6.31
Na ₂ O	14.75	14.63	13.97	13.12	15.15	13.19
K ₂ O	0.08	0.50	0.01	0.52	0.11	0.51
MgO	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	1.50
CaO	0.03	0.06	0.06	0.06	0.03	0.08
ZnO			0.48	0.92		
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.60	1.43	0.02	-0.30	1.36	0.48
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.15	5.53	7.00	7.34	3.76	5.83
應變點 (°C)	566.5828	543.7	571	569	571	550
退火點 (°C)	620.1886	591.9	627	624	621	603
軟化點 (°C)			895	907	859	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)			76	75.3	82.3	77
密度 (克/立方公分)		2.389	2.381	2.39	2.403	2.39
E 模數 (百萬磅/平方吋)			9.322	9.46	9.868	9.746
G 模數 (百萬磅/平方吋)			3.814	3.849	4.074	3.99
v (帕松比)			0.222	0.229	0.211	0.221
壓痕閾值 (公斤力)	37.5 (Ann)	22.5	27.5	32.5	17.5	37.5
CS (兆帕) ¹	816.21		809.37	783.77	755.16	751.10
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	780.61	706.79	752.35	725.48	737.30	
DOL (μm) ¹	53.47	53.29	53.26	53.12	53.06	53.00
CS (兆帕) ²	930.06		943.17		950.90	
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	889.50	827.26	876.73		928.42	
DOL (μm) ²	42.92	41.77	39.99		41.16	

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410°C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	109	110	111	112	113	114
SiO ₂	64.48	63.80	63.21	64.47	66.65	62.81
Al ₂ O ₃	13.96	13.95	13.99	14.01	13.03	14.61
B ₂ O ₃	6.04	6.58	8.14	7.01	5.69	6.94
Na ₂ O	13.21	14.97	13.96	13.78	12.32	14.95
K ₂ O	0.10	0.50	0.50	0.00	1.01	0.51
MgO	2.10	0.02	0.02	0.53	1.06	0.02
CaO	0.03	0.06	0.06	0.07	0.13	0.06
ZnO	0.00					
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-0.64	1.52	0.47	-0.22	0.30	0.85
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.69	5.06	7.67	7.24	5.39	6.08
應變點 (°C)	583	546	556	574	559.3	548.2
退火點 (°C)	637	594	608	630	614.1	598.5
軟化點 (°C)	899		856	906	899.7	

玻璃 (莫耳%)	109	110	111	112	113	114
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	74.7		80.6	75.7	75.8	
密度 (克/立方公分)	2.387		2.375	2.372	2.375	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.746		9.276	9.305		
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.957		3.807	3.825		
v (帕松比)	0.232		0.218	0.216		
壓痕閾值 (公斤力)	42.5	22.5	37.5	42.5	37.5	35
CS (兆帕) ¹	811.03		748.11	812.57		
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		710.94	685.39	757.32	741.11	752.91
DOL (μm) ¹	52.89	52.79	52.77	52.74	52.73	52.66
CS (兆帕) ²	953.71		876.23	926.46		
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		833.02	802.77	863.47	804.99	856.01
DOL (μm) ²	37.37	45.00	41.62	41.21	43.35	44.04

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	115	116	117	118	119	120
SiO ₂	53.46	64.53	64.76	64.21	65.13	66.06
Al ₂ O ₃	18.42	13.91	13.97	14.68	13.10	13.66
B ₂ O ₃	9.13	6.61	5.57	5.73	6.07	5.74
Na ₂ O	18.56	13.72	13.56	13.51	12.97	14.29
K ₂ O	0.26	0.10	0.50	0.20	0.51	0.07
MgO	0.01	1.02	1.45	1.54	2.03	0.04
CaO	0.05	0.02	0.06	0.03	0.08	0.03
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00		
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.39	-0.09	0.09	-0.97	0.38	0.70
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	8.74	6.70	5.48	6.71	5.70	5.04
應變點 (°C)	556	578	577	598	553	563.1957
退火點 (°C)	606	632	632	654	606	616.3392
軟化點 (°C)	828	906	895	926		
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	93.1	76.6	79	76.8	76.7	
密度 (克/立方公分)	2.414	2.38	2.395	2.388	2.391	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.292	9.544	9.605	9.664	9.822	
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.767	3.902	4.006	3.975	4.02	
v (帕松比)	0.233	0.223	0.199	0.215	0.222	
壓痕閾值 (公斤力)	42.5	47.5	42.5	37.5	37.5	37.5 (Ann)
CS (兆帕) ¹	824.51	820.08	791.46	840.55	740.40	789.01
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)			762.22	795.76		753.01
DOL (μm) ¹	52.65	52.62	52.57	52.47	52.47	51.98
CS (兆帕) ²	1001.44	966.08	900.76	974.09		905.41
CS (兆帕) ² (SOC 修正)			867.48	922.18		864.11
DOL (μm) ²	41.74	40.47	41.52	40.15		41.55

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	121	122	123	124	125	126
SiO ₂	67.63	62.14	64.53	66.44	66.45	66.42
Al ₂ O ₃	12.84	15.58	13.98	13.46	13.10	13.04
B ₂ O ₃	6.03	5.50	5.06	5.15	5.11	5.11
Na ₂ O	12.81	15.76	13.74	12.63	13.00	13.10
K ₂ O	0.51	0.06	0.51	0.20	0.20	0.20
MgO	0.01	0.92	2.00	2.01	2.01	2.01
CaO	0.07	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03
ZnO			0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.08	0.10	0.07	0.07	0.07
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.48	0.24	0.28	-0.63	0.10	0.26
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.54	5.25	4.78	5.78	5.01	4.85
應變點 (°C)	558	567.7924	581	597	587	585
退火點 (°C)	612	620.85	634	654	642	639
軟化點 (°C)	888	885	902	927	911	909
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	76.7	84.8	79.7	73.2	75	75.9
密度 (克/立方公分)	2.374		2.401	2.383	2.386	2.387
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.544	9.703	9.776	9.698	9.764	9.799
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.942	3.967	4.042	4.038	4.013	4.029
v (帕松比)	0.211	0.223	0.209	0.201	0.216	0.216
壓痕閾值 (公斤力)	17.5	37.5	35	35	40	40
CS (兆帕) ¹	804.54		796.84	807.95	802.46	799.16
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		869.82	776.81	772.02	766.77	764.54
DOL (μm) ¹	51.82	51.71	51.63	51.59	51.59	51.32
CS (兆帕) ²	873.09		914.88	926.42	935.89	936.31
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		978.41	891.88	885.22	894.27	895.75
DOL (μm) ²	42.02	40.62	40.07	39.96	39.90	40.19

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	127	128	129	130	131	132
SiO ₂	65.17	64.57	65.24	66.44	64.33	67.77
Al ₂ O ₃	13.40	14.03	12.91	13.69	14.01	13.01
B ₂ O ₃	6.56	7.00	5.47	5.15	4.58	3.49
Na ₂ O	12.77	12.71	12.67	12.37	13.82	12.74
K ₂ O	1.01	0.49	0.51	0.20	0.51	0.10
MgO	0.87	1.01	3.01	2.03	2.57	2.76
CaO	0.12	0.07	0.09	0.02	0.06	0.04
ZnO				0.00	0.00	
P ₂ O ₅						

玻璃 (莫耳%)	127	128	129	130	131	132
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10	0.07
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.38	-0.83	0.27	-1.12	0.33	-0.17
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.17	7.83	5.20	6.28	4.24	3.66
應變點 (°C)	549.7	576	561	604	588	604
退火點 (°C)	603.3	631	613	661	640	660
軟化點 (°C)	878.4	913		939	899	942
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)		74.9	74.7	71.2	78.2	73.9
密度 (克/立方公分)	2.375	2.372	2.397	2.382	2.407	2.393
E 模數 (百萬磅/平方吋)		9.425	9.964	9.803	9.885	9.945
G 模數 (百萬磅/平方吋)		3.851	4.077	4.038	4.089	4.118
v (帕松比)		0.224	0.222	0.214	0.209	0.208
壓痕閾值 (公斤力)	37.5	35	37.5	42.5	35	22.5
CS (兆帕) ¹		792.11	732.63	801.36	806.89	825.18
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	712.77	728.85	710.62	762.74	794.90	811.15
DOL (μm) ¹	51.27	51.08	51.03	50.74	50.41	50.38
CS (兆帕) ²		899.49		920.82	928.73	940.49
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	789.12	827.65		876.44	914.92	924.50
DOL (μm) ²	39.35	40.29		38.95	39.34	38.92

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	133	134	135	136	137	138
SiO ₂	64.46	56.17	63.39	65.74	63.39	65.08
Al ₂ O ₃	13.96	16.64	14.00	13.87	14.04	12.96
B ₂ O ₃	6.01	10.14	6.91	5.08	7.02	5.78
Na ₂ O	14.86	15.77	14.08	12.94	13.84	13.00
K ₂ O	0.51	0.98	0.51	0.11	0.50	0.51
MgO	0.01	0.05	0.01	2.13	1.03	2.49
CaO	0.06	0.13	0.06	0.04	0.07	0.09
ZnO			0.92			
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.42	0.12	0.60	-0.82	0.29	0.55
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	4.59	10.02	6.31	5.90	6.73	5.23
應變點 (°C)	562	535	555	597	562	554
退火點 (°C)	611	584	606	653	614	607
軟化點 (°C)	852	821	861	928	875	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	82.4	89.1	79.5	72.3	80.8	76.8
密度 (克/立方公分)	2.404	2.392	2.401	2.388	2.384	2.396
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.812	9.233	9.497	9.835	9.546	9.897
G 模數 (百萬磅/平方吋)	4.033	3.72	3.903	4.033	3.897	4.051
v (帕松比)	0.216	0.241	0.217	0.219	0.225	0.222
壓痕閾值 (公斤力)	17.5	27.5	32.5	32.5	42.5	37.5
CS (兆帕) ¹	769.17	753.37	789.68	815.47	801.66	752.16

玻璃 (莫耳%)	133	134	135	136	137	138
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	750.06	697.75	758.32	779.91	773.92	730.45
DOL (μm) ¹	50.34	50.19	50.06	49.91	49.66	49.62
CS (兆帕) ²	905.17	926.36	930.69	931.65	927.02	
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	882.69	857.96	893.73	891.02	894.94	
DOL (μm) ²	39.37	39.87	38.28	38.80	38.61	

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	139	140	141	142	143	144
SiO ₂	64.85	61.79	64.05	62.84	62.54	65.69
Al ₂ O ₃	13.01	16.47	14.24	13.97	13.89	13.68
B ₂ O ₃	6.81	5.04	5.91	8.37	8.83	6.28
Na ₂ O	13.09	16.00	12.00	11.12	11.06	13.90
K ₂ O	0.51	0.51	3.32	3.23	3.22	0.25
MgO	1.53	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CaO	0.08	0.07	0.36	0.35	0.35	0.05
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.59	0.04	1.08	0.39	0.38	0.47
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.22	4.99	4.83	7.99	8.44	5.81
應變點 (°C)	547	586.1	542	525	521	585
退火點 (°C)	599	643.6	593	578	573	641
軟化點 (°C)	857	926.5	841	834	826	925
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	76.4		88	85.2	83.6	78.4
密度 (克/立方公分)	2.388	2.401	2.408	2.38	2.377	2.372
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.712		9.876	9.389	9.349	9.369
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.981		4.074	3.848	3.768	3.854
v (帕松比)	0.22		0.212	0.22	0.241	0.216
壓痕閾值 (公斤力)	37.5	22.5	22.5 (Ann)	22.5 (Ann)	27.5 (Ann)	37.5
CS (兆帕) ¹	722.07					
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹	49.44					
CS (兆帕) ²	849.69		801.14	703.76	693.72	930.58
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		981.12				859.49
DOL (μm) ²	36.69	62.27	54.02	53.07	50.85	49.26

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	145	146	147	148	149	150
SiO ₂	62.21	63.18	61.99	62.37	63.24	62.10

玻璃 (莫耳%)	145	146	147	148	149	150
Al ₂ O ₃	13.82	13.45	13.78	13.86	13.45	13.48
B ₂ O ₃	9.32	9.03	8.87	8.33	8.93	9.99
Na ₂ O	11.00	13.23	11.71	11.75	13.26	13.31
K ₂ O	3.20	0.94	3.19	3.21	0.94	0.95
MgO	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
CaO	0.34	0.02	0.34	0.34	0.02	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.11	0.10	0.10	0.12	0.12
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.38	0.71	1.13	1.11	0.76	0.78
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	8.95	8.32	7.74	7.23	8.17	9.21
應變點 (°C)	518	548	518	523	550	
退火點 (°C)	570	601	566	571	602	
軟化點 (°C)	824	850	797	808	841	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	84	79.7	85.6	85.2	79.6	
密度 (克/立方公分)	2.374	2.359	2.389	2.393	2.363	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.245	9.14	9.524	9.596		
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.799	3.736	3.902	3.935		
v (帕松比)	0.217	0.223	0.221	0.219		
壓痕閾值 (公斤力)	32.5 (Ann)	32 (Ann)	22.5 (Ann)	17.5 (Ann)	35 (Ann)	32.5 (Ann)
CS (兆帕) ¹						
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹						
CS (兆帕) ²	688.61	861.02	719.85	726.49	865.32	820.65
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		784.54			788.46	
DOL (μm) ²	48.85	48.13	47.96	47.80	47.30	47.09

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	151	152	153	154	155	156
SiO ₂	62.70	64.44	68.60	64.26	64.88	64.24
Al ₂ O ₃	13.94	12.27	12.86	12.73	13.71	12.45
B ₂ O ₃	7.89	10.01	5.08	8.97	7.98	9.47
Na ₂ O	11.79	12.16	12.75	12.93	12.27	12.73
K ₂ O	3.21	0.95	0.52	0.94	1.02	0.94
MgO	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	0.35	0.02	0.07	0.02	0.01	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.12	0.10	0.12	0.12	0.12
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.05	0.84	0.41	1.14	-0.43	1.22
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	6.84	9.17	4.67	7.84	8.40	8.25
應變點 (°C)	531	536	571	543	550	540
退火點 (°C)	579	588	628	594	609	589

玻璃 (莫耳%)	151	152	153	154	155	156
軟化點 (°C)	808	835	917	833	897	828
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	86.9	78	75.7	76.1	77.6	
密度 (克/立方公分)	2.396	2.346	2.377	2.363	2.361	2.358
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.678	8.982	9.654		9.22	9.14
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.971	3.69	3.987		3.781	3.767
ν (帕松比)	0.219	0.217	0.211		0.219	0.213
壓痕閾值 (公斤力)	22.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
CS (兆帕) ¹			762.53			
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹			48.26			
CS (兆帕) ²	760.22	715.21	880.90	820.69	774.93	789.60
CS (兆帕) ² (SOC 修正)						
DOL (μm) ²	47.06	46.76	46.44	46.23	46.10	45.68

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	157	158	159	160	161	162
SiO ₂	51.33	62.37	62.08	55.91	64.96	62.21
Al ₂ O ₃	20.21	13.46	14.39	18.37	14.21	14.18
B ₂ O ₃	7.03	9.78	9.02	6.62	6.97	8.97
Na ₂ O	19.17	13.26	13.37	18.66	12.72	13.51
K ₂ O	0.97	0.95	1.02	0.26	0.98	1.01
MgO	1.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
CaO	0.13	0.02	0.02	0.05	0.01	0.02
ZnO				0.00		
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.12	0.10	0.10	0.12	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	-0.07	0.74	0.00	0.55	-0.50	0.33
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.10	9.04	9.02	6.07	7.47	8.64
應變點 (°C)	564	540	538	575	567	532
退火點 (°C)	615	593	593	626	627	584
軟化點 (°C)	851	840	868	866	921	841
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	97.2	80.6	81.2	91.5	77.6	82.2
密度 (克/立方公分)	2.443	2.359	2.367	2.427	2.371	2.365
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.786		9.116	9.557	9.354	9.282
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.945		3.727	3.903	3.854	3.761
ν (帕松比)	0.24		0.223	0.224	0.214	0.234
壓痕閾值 (公斤力)	12.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
CS (兆帕) ¹	1020.56					
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	977.84					
DOL (μm) ¹	49.18					
CS (兆帕) ²	1083.22	834.56	809.46	1069.90	934.83	792.98
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	1037.89					

玻璃 (莫耳%)	157	158	159	160	161	162
DOL (μm) ²	45.55	45.52	45.37	45.24	45.19	44.83

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	163	164	165	166	167	168
SiO ₂	61.74	65.30	62.13	64.46	65.29	62.12
Al ₂ O ₃	13.71	13.87	14.33	13.94	13.96	13.92
B ₂ O ₃	9.29	6.25	8.13	6.97	6.25	9.02
Na ₂ O	11.63	13.83	14.32	13.87	14.00	13.81
K ₂ O	3.17	0.50	0.98	0.51	0.24	1.00
MgO	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	0.34	0.07	0.02	0.06	0.06	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.12	0.10	0.12	0.12	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.09	0.46	0.97	0.44	0.29	0.89
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	8.19	5.79	7.16	6.54	5.96	8.13
應變點 (°C)	514	574	536	566	579	530
退火點 (°C)	563	628	585	620	635	581
軟化點 (°C)	789	894	827	893	908	824
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	84.4	79.2	84.2	79.8	78.7	82.4
密度 (克/立方公分)	2.386	2.384	2.39	2.379	2.381	2.377
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.486	9.556	9.495	9.454	9.463	9.381
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.881	3.906	3.902	3.843	3.873	3.81
ν (帕松比)	0.222	0.223	0.217	0.23	0.222	0.231
壓痕閾值 (公斤力)	22.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
CS (兆帕) ¹						
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹						
CS (兆帕) ²	704.31	934.16	845.92	915.32	946.70	805.04
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		875.26		859.38	875.65	
DOL (μm) ²	44.05	43.95	43.71	43.15	42.95	42.68

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	169	170	171	172	173	174
SiO ₂	62.09	64.23	65.29	62.19	62.83	64.24
Al ₂ O ₃	14.10	12.01	13.88	13.85	13.16	12.46
B ₂ O ₃	8.59	10.01	6.24	9.00	9.92	9.44
Na ₂ O	14.09	11.70	14.07	13.81	12.98	12.74
K ₂ O	1.01	1.91	0.26	1.02	0.99	0.94
MgO	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
CaO	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02

玻璃 (莫耳%)	169	170	171	172	173	174
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.12	0.12	0.10	0.10	0.12
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.01	1.60	0.45	0.97	0.81	1.22
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	7.58	8.41	5.79	8.03	9.11	8.22
應變點 (°C)	529	514	576	526	520	
退火點 (°C)	578	561	630	575	570	
軟化點 (°C)	808	783	897	816	808	
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	83.4	77.5	79.5	83	79.2	
密度 (克/立方公分)	2.387	2.367	2.383	2.379	2.363	
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.436	9.365	9.425	9.319	9.202	
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.884	3.833	3.931	3.838	3.742	
v (帕松比)	0.215	0.222	0.199	0.214	0.23	
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
CS (兆帕) ¹						
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹						
CS (兆帕) ²	816.97	649.74	945.67	786.16	717.94	818.76
CS (兆帕) ² (SOC 修正)			883.18			
DOL (μm) ²	42.18	42.17	41.94	41.82	41.74	41.73

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	175	176	177	178	179	180
SiO ₂	64.38	63.93	65.07	66.09	64.40	64.14
Al ₂ O ₃	12.02	13.83	13.92	13.08	13.44	13.42
B ₂ O ₃	9.80	8.09	6.31	6.97	8.95	7.15
Na ₂ O	12.69	13.44	14.45	13.17	12.13	14.11
K ₂ O	0.93	0.51	0.01	0.51	0.96	1.04
MgO	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
CaO	0.02	0.07	0.06	0.07	0.01	0.02
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.12	0.10	0.12	0.10	0.10	0.12
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.60	0.12	0.54	0.61	-0.35	1.74
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	8.21	7.97	5.78	6.37	9.30	5.41
應變點 (°C)	535	541	576	551	539	539
退火點 (°C)	583	597	629	605	595	586
軟化點 (°C)	807	881	894	879	878	810
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)		78.5	78.4	77.9	73.5	82.1
密度 (克/立方公分)	2.36	2.368	2.385	2.373	2.354	2.398
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.257	9.257	9.432	9.46	9.027	9.836
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.799	3.777	3.887	3.874	3.725	4.031
v (帕松比)	0.219	0.225	0.213	0.221	0.212	0.22

玻璃 (莫耳%)	175	176	177	178	179	180
壓痕閾值 (公斤力)	32.5 (Ann)	>25	32.5	22.5	35 (Ann)	17.5 (Ann)
CS (兆帕) ¹						
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹						
CS (兆帕) ²	788.63	863.11	955.90	862.03	763.13	836.58
CS (兆帕) ² (SOC 修正)			888.56			
DOL (μm) ²	41.43	41.31	41.12	41.12	40.69	40.65

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	181	182	183	184	185	186
SiO ₂	62.13	61.38	64.41	64.67	60.98	65.38
Al ₂ O ₃	13.59	13.64	12.94	13.50	13.80	12.94
B ₂ O ₃	9.50	9.79	10.07	8.97	10.16	7.10
Na ₂ O	13.64	11.58	11.38	12.73	13.92	13.88
K ₂ O	1.01	3.15	1.04	0.02	1.01	0.51
MgO	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	0.02	0.34	0.03	0.01	0.02	0.06
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.12	0.08	0.10	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.06	1.09	-0.52	-0.75	1.13	1.44
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	8.44	8.70	10.59	9.72	9.04	5.66
應變點 (°C)	522	512	529	569	517	554
退火點 (°C)	571	560	586	628	565	602
軟化點 (°C)	799	792	876	909	786	836
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	81.8	85.3	73.9	69.8	83.9	79.3
密度 (克/立方公分)	2.375	2.384	2.343	2.345	2.375	2.388
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.319	9.472	8.962	9.01	9.32	9.677
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.819	3.859	3.658	3.697	3.804	3.981
ν (帕松比)	0.22	0.227	0.225	0.219	0.225	0.215
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	32.5	32.5	32.5	22.5	25
CS (兆帕) ¹						729.73
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						695.30
DOL (μm) ¹						48.21
CS (兆帕) ²	742.96	716.14	684.53	808.33	757.92	857.10
CS (兆帕) ² (SOC 修正)						816.65
DOL (μm) ²	40.65	40.59	40.52	40.46	39.98	39.86

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	187	188	189	190	191	192
SiO ₂	64.48	64.56	62.26	65.09	61.29	64.50
Al ₂ O ₃	12.48	13.14	13.68	13.81	13.54	13.00
B ₂ O ₃	10.05	9.02	8.99	6.24	10.24	7.98
Na ₂ O	11.81	12.05	13.95	14.60	13.73	13.39
K ₂ O	1.03	1.09	1.00	0.01	1.07	0.99
MgO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
CaO	0.02	0.01	0.02	0.06	0.02	0.01
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.12	0.12	0.10	0.12	0.10	0.12
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.37	0.01	1.26	0.80	1.26	1.37
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	9.68	9.01	7.73	5.44	8.98	6.61
應變點 (°C)	522	530	527	570	518	533
退火點 (°C)	576	586	574	621	566	582
軟化點 (°C)	835	867	803	879	780	819
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	75.5	76.6	82.2	78.8	82.1	79.7
密度 (克/立方公分)	2.349	2.355	2.383	2.388	2.378	2.383
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.007	9.09	9.621	9.355	9.342	9.568
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.713	3.742	3.868	3.857	3.809	3.949
v (帕松比)	0.213	0.215	0.244	0.213	0.226	0.211
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	32.5	17.5	32.5	32.5	17
CS (兆帕) ¹						
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)						
DOL (μm) ¹						
CS (兆帕) ²	683.02	755.13	799.44	946.67	746.92	792.49
CS (兆帕) ² (SOC 修正)				872.33		
DOL (μm) ²	39.53	39.51	39.43	39.31	38.99	38.97

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	193	194	195	196	197	198
SiO ₂	65.43	64.11	64.72	62.40	67.63	61.87
Al ₂ O ₃	13.23	14.71	13.33	13.17	13.22	13.30
B ₂ O ₃	5.91	5.22	8.00	10.40	3.45	10.22
Na ₂ O	12.33	13.55	13.26	12.90	12.61	13.46
K ₂ O	1.01	0.20	0.51	0.99	0.10	1.04
MgO	2.13	2.10	0.01	0.01	2.87	0.01
CaO	0.14	0.03	0.07	0.02	0.04	0.02
ZnO		0.00				
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.07	0.10	0.10	0.07	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.12	-0.96	0.44	0.72	-0.52	1.20
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	5.79	6.18	7.56	9.68	3.96	9.02
應變點 (°C)	557.1	598	539	518	610	517
退火點 (°C)	610.8	652	590	568	665	566

玻璃 (莫耳%)	193	194	195	196	197	198
軟化點 (°C)		922	861	798	935	787
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)		76.7	79.3	77.5	71.2	81.5
密度 (克/立方公分)		2.396	2.37	2.361	2.392	2.373
E 模數 (百萬磅/平方吋)		9.861	9.329	9.119	9.969	9.34
G 模數 (百萬磅/平方吋)		4.031	3.819	3.722	4.142	3.799
ν (帕松比)		0.223	0.221	0.225	0.203	0.229
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	47.5	17.5	32.5	22.5	32.5
CS (兆帕) ¹		859.15			829.12	
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)	739.27	829.92			815.28	
DOL (μm) ¹	48.95	47.87			49.41	
CS (兆帕) ²		985.85	862.47	722.43	937.28	753.27
CS (兆帕) ² (SOC 修正)	790.05	952.31			921.63	
DOL (μm) ²	38.96	38.91	38.86	38.76	38.73	38.71

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	199	200	201	202	203	204
SiO ₂	61.93	64.35	64.46	63.06	66.86	63.31
Al ₂ O ₃	13.32	13.43	12.99	12.87	13.54	14.01
B ₂ O ₃	10.21	8.44	7.12	10.01	3.41	7.11
Na ₂ O	13.39	13.63	13.76	12.91	13.47	14.87
K ₂ O	1.03	0.02	1.48	1.02	0.00	0.51
MgO	0.00	0.01	0.01	0.01	2.57	0.01
CaO	0.02	0.01	0.06	0.02	0.04	0.06
ZnO						
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	1.10	0.21	2.25	1.07	-0.07	1.37
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	9.12	8.23	4.87	8.94	3.47	5.74
應變點 (°C)	518	547	544	517	596.8418	557
退火點 (°C)	566	600	590	567	651.925	604
軟化點 (°C)	815	867	803	796	930	838
CTE ($10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	81.5	75.7	83.4	79.7	74.4	82.8
密度 (克/立方公分)	2.372	2.362	2.405	2.364		2.397
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.252	9.09	9.882	9.261	10.046	9.668
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.787	3.767	4.092	3.781	4.115	3.962
ν (帕松比)	0.222	0.207	0.208	0.225	0.221	0.22
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	33.5	22.5	32.5	17.5	17.5
CS (兆帕) ¹			675.85			758.41
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)			663.13		873.85	735.51
DOL (μm) ¹			47.67		47.97	47.46
CS (兆帕) ²	735.23	850.10	812.89	739.90		905.98
CS (兆帕) ² (SOC 修正)			797.59		951.73	878.63

玻璃 (莫耳%)	199	200	201	202	203	204
DOL (μm) ²	38.58	38.51	38.48	38.47	38.37	38.19

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	205	206	207	208	209	210
SiO ₂	64.19	63.98	68.73	67.78	67.53	57.08
Al ₂ O ₃	12.66	14.65	13.23	13.46	13.77	18.53
B ₂ O ₃	10.08	4.65	3.44	3.46	3.43	4.99
Na ₂ O	11.86	13.71	12.01	12.28	12.68	18.69
K ₂ O	1.05	0.21	0.00	0.10	0.00	0.49
MgO	0.01	2.68	2.46	2.79	2.47	0.01
CaO	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.07
ZnO		0.00				
P ₂ O ₅						
SnO ₂	0.12	0.07	0.06	0.07	0.07	0.10
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.26	-0.73	-1.22	-1.09	-1.09	0.65
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	9.82	5.38	4.66	4.55	4.52	4.34
應變點 (°C)	522	602	611.8241	618	609.9735	599
退火點 (°C)	576	656	669.7462	674	667.3236	654
軟化點 (°C)	846	917	961	952	961.4	922
CTE (10 ⁷ °C ⁻¹)	75.3	76.7	69.4	70.6	72	95.3
密度 (克/立方公分)	2.346	2.403		2.391	2.388	2.429
E 模數 (百萬磅/平方吋)	8.96	9.998	10.076	10.021	10.04	9.774
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.691	4.087	4.154	4.136	4.161	3.949
v (帕松比)	0.214	0.223	0.213	0.211	0.206	0.237
壓痕閾值 (公斤力)	32.5	42.5	32.5	22.5	32.5	12.5
CS (兆帕) ¹		871.17		826.03		
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)		854.51	794.15	808.24	842.19	
DOL (μm) ¹		48.40	46.13	47.58	47.27	
CS (兆帕) ²	716.98	996.31		922.73		
CS (兆帕) ² (SOC 修正)		977.26	865.74	902.86	915.68	
DOL (μm) ²	38.18	38.17	38.04	38.02	38.01	

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

玻璃 (莫耳%)	211	212	213	214	215	216	217
SiO ₂	57.03	57.09	61.20	61.13	60.43	59.37	58.52
Al ₂ O ₃	18.70	18.63	16.86	16.99	17.36	17.50	17.52
B ₂ O ₃	5.03	5.09	5.16	5.10	5.06	5.78	6.63
Na ₂ O	18.52	18.47	15.22	14.52	14.45	14.42	14.39
K ₂ O	0.49	0.49	1.42	2.19	2.65	2.88	2.89
MgO	0.02	0.02	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01
CaO	0.07	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

玻璃 (莫耳%)	211	212	213	214	215	216	217
ZnO							
P ₂ O ₅							
SnO ₂	0.10	0.10					
[Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃]	0.31	0.34	-0.22	-0.27	-0.26	-0.19	-0.23
[B ₂ O ₃]-([Na ₂ O]+[K ₂ O]-[Al ₂ O ₃])	4.72	4.75	5.37	5.37	5.32	5.97	6.87
應變點 (°C)	612	609	596	594	595	585	572
退火點 (°C)	667	664	654	654	654	641	629
軟化點 (°C)	927	928	940.1	943.9	940.9	927.1	911.7
CTE (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	94.5		87.7	90	92.3	93.5	93.8
密度 (克/立方公分)	2.426	2.427	2.412	2.412	2.415	2.414	2.41
E 模數 (百萬磅/平方吋)	9.683	9.687	9.807	9.616	9.664	9.693	9.631
G 模數 (百萬磅/平方吋)	3.935	3.964	3.984	4.016	4.007	3.932	3.878
v (帕松比)	0.23	0.222	0.231	0.197	0.206	0.233	0.242
壓痕閾值 (公斤力)	20	25	27.5	27.5	27.5	32.5	27.5
CS (兆帕) ¹							
CS (兆帕) ¹ (SOC 修正)							
DOL (μm) ¹							
CS (兆帕) ²							
CS (兆帕) ² (SOC 修正)			1122.4 (16 小時)	1093.3 (16 小時)	1125.70	1102.90	1066.30
DOL (μm) ²			77.1 (16 小時)	83.4 (16 小時)	61.50	60.50	56.40

¹玻璃經融合抽拉/虛擬化及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

²玻璃經退火及在 410 °C 下，在 KNO₃ 熔融鹽浴中離子交換 8 小時。

【0039】 雖然本發明已以典型實施例揭示如上，然以上說明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】

【0040】

100 玻璃物件

110、112 表面

120、122 壓縮應力層

130 中心區

d_1 、 d_2 層深度

t 厚度

【生物材料寄存】

【0041】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0042】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無



202003406

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 具有壓痕閾值之可快速離子交換的玻璃**【英文發明名稱】** FAST ION EXCHANGEABLE GLASSES WITH HIGH
INDENTATION THRESHOLD**【中文】**

鹼鋁矽酸鹽玻璃可離子交換至高壓縮應力，及具有快速離子交換動力和高本質損傷抗性。藉著只使用少量 P_2O_5 (< 1 莫耳%) 或不添加任何 P_2O_5 ，所述玻璃可達成以上所有預定性質。

【英文】

Alkali aluminosilicate glasses that are ion exchangeable to high compressive stresses, have fast ion exchange kinetics, and high intrinsic damage resistance. The glasses achieve all of the above desired properties either with only small amounts of P_2O_5 (< 1 mol%) or without addition of any P_2O_5 .

【指定代表圖】 第 (1) 圖。**【代表圖之符號簡單說明】**

100 玻璃物件

110、112 表面

120、122 壓縮應力層

130 中心區

 d_1 、 d_2 層深度

t 厚度

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種玻璃，該玻璃包含：

50 莫耳%至 72 莫耳%的 SiO_2 ；

12 莫耳%至 22 莫耳%的 Al_2O_3 ；

至多 6.5 莫耳%的 B_2O_3 ；

至多 1 莫耳%的 P_2O_5 ；

11 莫耳%至 21 莫耳%的 Na_2O ；

大於 0.0 至 0.26 莫耳%的 K_2O ；

至多 4 莫耳%的 MgO ；

至多 5 莫耳%的 ZnO ；及

至多 2 莫耳%的 CaO ，

其中：

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$ 莫耳%，

$\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 莫耳%，

該玻璃實質無 TiO_2 ，以及

該玻璃經離子交換而且具有至少 17.5 公斤力的一維氏裂隙壓痕閾值。

【第2項】 如請求項 1 所述之玻璃，其中該玻璃實質無 P_2O_5 與 Li_2O 的至少一者。

【第3項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃，其中該玻璃具有受到壓縮應力 CS 作用的一層，該層從該玻璃的一表面延伸一層深度 DOL，且該 $\text{DOL} \geq 55.27 \mu\text{m}$ 。

【第4項】 一種玻璃，該玻璃包含：

55 莫耳%至 62 莫耳%的 SiO_2 ；

16 莫耳%至 20 莫耳%的 Al_2O_3 ；

4 莫耳%至 6.5 莫耳%的 B_2O_3 ；

14 莫耳%至 18 莫耳%的 Na_2O ；

大於 0.0 至 0.26 莫耳%的 K_2O ；

至多 0.5 莫耳%的 MgO ；

至多 0.5 莫耳%的 ZnO ；及

至多 0.5 莫耳%的 CaO ，

其中：

該玻璃實質無 P_2O_5 ，

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0.5$ 莫耳%，

$\text{B}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3) > 4$ 莫耳%，

該玻璃實質無 TiO_2 ，以及

該玻璃經離子交換而且具有至少 17.5 公斤力的一維氏裂隙壓痕閾值。

【第5項】 如請求項 4 所述之玻璃，其中該玻璃實質無 Li_2O 。

【第6項】 如請求項 1 或 4 所述之玻璃，其中 $56 \text{ 莫耳}\% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 \leq 70 \text{ 莫耳}\%$ 。

【第7項】 如請求項 4 所述之玻璃，其中 $0 \text{ mol}\% \leq \Sigma [\text{R}'\text{O}] \leq 0.5 \text{ mol}\%$ ，其中 R' 係 Ca 、 Mg 和 Zn 的至

少一者。

【第8項】如請求項1或4所述之玻璃，其中該玻璃實質無 As_2O_3 與 Sb_2O_3 。

【第9項】如請求項1或4所述之玻璃，其中該玻璃具有受到大於 500 MPa 的壓縮應力 CS 作用的一層，該層從該玻璃的一表面延伸一層深度 DOL，其中 $CS \cdot DOL \geq 44000 \text{ MPa} \cdot \mu\text{m}$ 。

【第10項】如請求項4所述之玻璃，其中該玻璃包括 4 莫耳%至 6.0 莫耳%的 B_2O_3 。

【發明圖式】

第1圖

100

