



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I555716 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：101142930

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 11 月 16 日

(51)Int. Cl. : C03C3/097 (2006.01)

C03C3/083 (2006.01)

C03C21/00 (2006.01)

(30)優先權：2011/11/16 美國

61/560,434

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

美國

(72)發明人：葛羅斯提摩西麥克 GROSS, TIMOTHY MICHAEL (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

CN 101522584A

CN 102123960A

US 3728095A

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：2 共 91 頁

(54)名稱

具高裂隙初始閾值的離子可交換玻璃

ION EXCHANGEABLE GLASS WITH HIGH CRACK INITIATION THRESHOLD

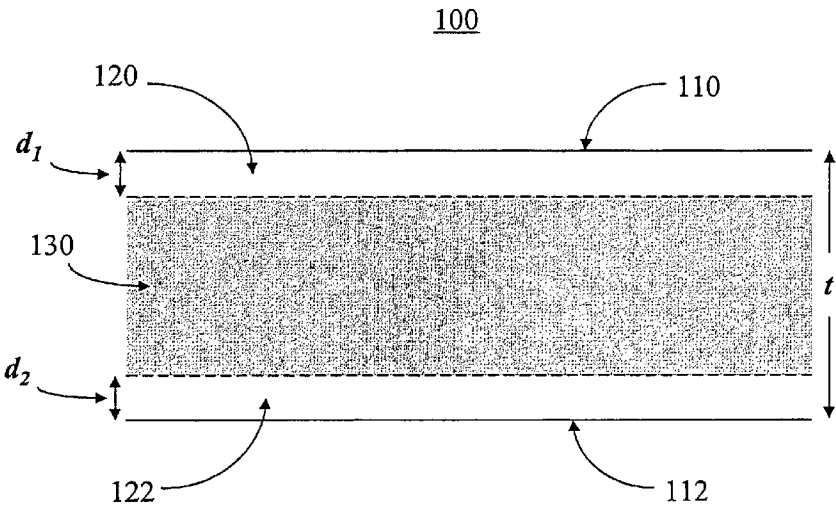
(57)摘要

本發明提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該等鹼鋁矽酸鹽玻璃抵抗歸因於猛烈衝擊之損傷及能夠快速離子交換。玻璃包含至少 4 莫耳%之 P_2O_5 ，且當離子交換時，該等玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

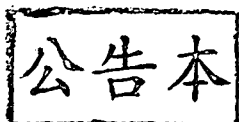
Alkali aluminosilicate glasses that are resistant to damage due to sharp impact and capable of fast ion exchange are provided. The glasses comprise at least 4 mol% P_2O_5 and, when ion exchanged, have a Vickers indentation crack initiation load of at least about 7 kgf.

指定代表圖：

第1圖



- 符號簡單說明：
- 100 . . . 玻璃片
 - 110 . . . 第一表面
 - 112 . . . 第二表面
 - 120 . . . 壓縮層
 - 122 . . . 壓縮層
 - 130 . . . 中心部分
 - d_1 . . . 層
 - d_2 . . . 層



發明摘要

※ 申請案號：101142930

※ 申請日：2012 年 11 月 16 日

※IPC 分類：

C03C 3/097 (2006.01)
3/083 (2006.01)
21/00 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

具高裂隙初始閾值的離子可交換玻璃

ION EXCHANGEABLE GLASS WITH HIGH CRACK INITIATION
THRESHOLD

【中文】

本發明提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該等鹼鋁矽酸鹽玻璃抵抗歸因於猛烈衝擊之損傷及能夠快速離子交換。玻璃包含至少 4 莫耳%之 P_2O_5 ，且當離子交換時，該等玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【英文】

Alkali aluminosilicate glasses that are resistant to damage due to sharp impact and capable of fast ion exchange are provided. The glasses comprise at least 4 mol% P_2O_5 and, when ion exchanged, have a Vickers indentation crack initiation load of at least about 7 kgf.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100 玻璃片

110 第一表面

112 第二表面

120 壓縮層

122 壓縮層

130 中心部分

d_1 層

d_2 層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

具高裂隙初始閾值的離子可交換玻璃

ION EXCHANGEABLE GLASS WITH HIGH CRACK INITIATION
THRESHOLD

【相關申請案之交叉引用】

【0001】 本申請案根據專利法主張 2011 年 11 月 16 日申請之美國臨時申請案第 61/560,434 號之優先權利，本申請案依賴於該案之內容且該案之內容全文以引用之方式併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本揭示案係關於抗損傷玻璃。更詳言之，本揭示案係關於已視情況藉由離子交換增強之抗損傷玻璃。甚至更詳言之，本揭示案係關於已視情況藉由離子交換增強之抗損傷含磷酸鹽玻璃。

【先前技術】

【0003】 先前技術的缺陷仍存在。本發明意圖解決該缺陷。

【發明內容】

【0004】 本發明提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該等鹼鋁矽酸鹽玻璃在增強時抵抗歸因於猛烈衝擊之損傷及能夠快速離子交換。

玻璃包含至少 4 莫耳%之 P_2O_5 ，且當離子交換時，該等玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0005】 因此，一個態樣包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4% 之 P_2O_5 ，其中鹼鋁矽酸鹽玻璃經離子交換到至少約 10 μm 之層深度，且其中：

i. $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ；或者

ii. $1.3 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.3$ ；

其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ， R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和，且 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物之和。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.3 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.3$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.5 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 $410^\circ C$ 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 $410^\circ C$ 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。在一些實施例中，玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少

約 300 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，玻璃具有至少約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0006】 另一態樣包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。在一些實施例中，玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，玻璃具有至少約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0007】 另一態樣包含一種增強鹼鋁矽酸鹽玻璃之方法，該

方法包含以下步驟：提供包含至少約 4%之 P_2O_5 之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中：

i. $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ；或者

ii. $1.3 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.3$ ；

其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ， R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和，且 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之二價陽離子氧化物之和；及將鹼鋁矽酸鹽玻璃浸沒於離子交換浴中歷時多達約 24 小時之時期以形成壓縮層，該壓縮層自鹼鋁矽酸鹽玻璃之表面延伸到至少 10 μm 之層深度。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.3 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.3$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.5 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，經離子交換玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，經離子交換玻璃具有至少約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0008】 另一態樣包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $[M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ 且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一

些實施例中， $[M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.2$ 。在一些實施例中， $[M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1$ 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。

【0009】 在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。

【0010】 在一些實施例中，組合物進一步包含約 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，組合物進一步包含約 0 莫耳%之 B_2O_3 。

【0011】 實施例可為離子交換的。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 10 μm 之層深度。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 20 μm 之層深度。在其它實施例中，玻璃經離子交換到至少約 40 μm 之層深度。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 500 MPa

之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 750 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在仍其它實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 15 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在其它實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 20 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0012】 另一態樣為提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 。鹼鋁矽酸鹽玻璃經離子交換到至少約 10 μm 之層深度，其中 $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳\%})/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳\%})] < 1.4$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ ，且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中， $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳\%})/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳\%})] < 1.2$ 。在一些實施例中， $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳\%})/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳\%})] < 1$ 。在一些實施例中， $0.8 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳\%})/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳\%})] < 1$ 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。

【0013】 在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之

Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。

【0014】 在一些實施例中，組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，組合物進一步包含約 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，組合物進一步包含約 0 莫耳%之 B_2O_3 。

【0015】 態樣之實施例可為離子交換的。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 10 μm 之層深度。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 20 μm 之層深度。在其它實施例中，玻璃經離子交換到至少約 40 μm 之層深度。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 500 MPa 之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 750 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在仍其它實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 15 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在其它實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 20 kgf 之維氏壓痕裂

隙初始負載。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0016】 本揭示案之另一態樣為提供一種增強鹼鋁矽酸鹽玻璃之方法。方法包含以下步驟：提供鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中：

i. $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ；或者

ii. $1.3 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3] \leq 2.3$ ；

其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ ， R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和，且 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之二價陽離子氧化物之和；及將鹼鋁矽酸鹽玻璃浸沒於離子交換浴中歷時多達約 24 小時之時期以形成壓縮層，該壓縮層自鹼鋁矽酸鹽玻璃之表面延伸到至少 10 μm 之層深度。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.3 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3] \leq 2.3$ 。在一些實施例中，玻璃滿足： $1.5 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3] \leq 2.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，經離子交換玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，經離子交換玻璃具有至少

約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，壓縮層自表面延伸到至少 70 μm 之層深度。

【0017】 在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 300 MPa 之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 500 MPa 之壓縮應力之下。在其它實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 750 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 7 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在仍其它實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 15 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在其它實施例中，離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 20 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0018】 在一些實施例中，在方法中使用之鹼鋁矽酸鹽玻璃包含單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物，該等單價陽離子氧化物及該等二價陽離子氧化物選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。

【0019】 在一些實施例中，在方法中使用之鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%

至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在其它實施例中，在方法中使用之鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。

【0020】 在一些實施例中，在方法中使用之組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，在方法中使用之組合物進一步包含約 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，在方法中使用之組合物進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，在方法中使用之組合物進一步包含約 0 莫耳%之 B_2O_3 。

【0021】 該等及其它態樣、優點及顯著特徵將自以下詳細描述、附加圖式及附隨申請專利範圍變得顯而易見。

【圖式簡單說明】

【0022】 第 1 圖為藉由離子交換增強之玻璃片之橫截面示意圖；及

【0023】 第 2 圖為作為針對 0.7 mm 厚的試樣之壓縮應力之函數的層深度的圖表，該等試樣在 700℃ 下退火且在 410℃ 下在熔融 KNO_3 鹽浴中離子交換。

【實施方式】

【0024】 揭示材料、化合物、組合物及組份，該等材料、化

合物、組合物及組份可用於所揭示方法及組合物，可與所揭示方法及組合物聯合使用、可用於製備所揭示方法及組合物，或可為所揭示方法及組合物之實施例。該等及其它材料揭示於本文中，且應瞭解，當揭示該等材料之組合、子集、相互作用、群組等時，雖然未明白地揭示各種個別及共同組合各者之特定參考及該等化合物之置換，但各者係具體地地涵蓋及描述於本文中。

【0025】 因此，若揭示一類替代物 A、B 及 C 以及一類替代物 D、E 及 F，且揭示組合實施例 (A-D) 之實例，則個別地及共同地考慮各者。因此，在此實例中，具體地考慮組合 A-E、A-F、B-D、B-E、B-F、C-D、C-E 及 C-F 中之每一組合且該每一組合應被認為係揭示自 A、B 及/或 C、D、E 及/或 F 及實例組合 A-D 之揭示案。同樣，亦具體地考慮及揭示該等替代物之任何子集或組合。因此，例如，具體地考慮 A-E、B-F 及 C-E 之子群組且該等子群組應被認為係揭示自 A、B 及/或 C、D、E 及/或 F 及實例組合 A-D 之揭示案。此概念適用於此揭示案之所有態樣，包括（但不限於）組合物中之任何組份及製造及使用所揭示組合物之方法中之步驟。因此，若存在可執行之各種額外步驟，則應瞭解，該等額外步驟中之每一額外步驟可以所揭示方法之任何具體實施例或實施例之組合執行，且具體考慮每一此組合並認為每一此種組合係經揭示的。

【0026】 此外，無論何時群組經描述為包含元件之群組及該等元件之組合中之至少一者，應瞭解，群組可包含、基本上

由或由任何數目之所述該等元件個別地或彼此結合地組成。類似地，無論何時群組經描述為由元件之群組或該等元件之組合中之至少一者組成，應瞭解，群組可由任何數目之所述該等元件個別地或彼此結合地組成。

【0027】 此外，在包含上限值及下限值的數值之範圍陳述於本文中的情況下，除非在特定情況下另有說明，則範圍意在包括該範圍之端點及範圍內之所有整數及分數。本揭示案之範疇不意欲受限於界定範圍時所陳述之特定值。進一步，當量、濃度或其它值或參數經給定作為較佳上限值與較佳下限值之範圍、較佳上限值與較佳下限值之一或多個較佳範圍或較佳上限值與較佳下限值之清單時，此舉應理解為具體地揭示自任一對任何範圍上限值或較佳值與任何範圍下限值或較佳值形成之所有範圍，而不考慮該等對是否單獨地揭示。最後，當術語「約」用於描述值或範圍之端點時，應理解本揭示案包括所提及之特定值及端點。

【0028】 如本文中所使用，術語「約」意謂：量、大小、調配物、參數及其它數量及特性不係精確的且不需要精確，但上述各者可能按需要為近似的及/或較大或較小，從而反映容忍度、轉換因數、圓滑過渡、量測誤差及類似者，及熟習此項技術者熟知之其它因數。大體言之，無論是否如此明確說明，量、大小、調配物、參數及其它數量及特性為「約」或「近似的」。

【0029】 如本文中所使用，術語「或」為包含性的；更具體地，習語「A 或 B」意謂「A、B 或 A 與 B 兩者」。例如，在

本文中藉由術語（諸如，「A 或 B」及「A 或 B 中之一者」）表示獨佔性「或」。

【0030】 採用不定冠詞「一」描述實施例之元件及組份。使用該等冠詞意謂該等元件或組份中之一者或至少一者存在。儘管習知地採用該等冠詞來表示所修飾名詞為單數名詞，如本文中所使用，但除非在特定情況下另有說明，冠詞「一」亦包括複數。類似地，如本文中所使用，亦除非在特定情況下另有說明，定冠詞「該」亦表示所修飾之名詞可能為單數或複數。

【0031】 為描述實施例之目的，應注意，本文中對係參數或另一變數之「函數」之變數的參考不意欲指示變數獨佔式地係所列出參數或變數之函數。相反，本文中對係所列出參數之「函數」之變數之參考意在為開放式的，以使得變數可為單個參數或複數個參數之函數。亦應理解，除非另有說明，術語（諸如「頂部」、「底部」、「向外」、「向內」及類似術語）係便利性詞語且不應解釋為限制性術語。

【0032】 應注意，當如同「較佳地」、「共同地」及「通常地」之術語在本文中使用时，該等術語不用於限制範疇或暗示某些特徵對所述實施例之結構或功能係關鍵的、基本的或甚至係重要的。相反，該等術語僅意在識別實施例之特定態樣或強調可能或可能不用於特定實施例之替代特徵或額外特徵。

【0033】 為描述及界定實施例之目的，應注意，在本文使用術語「實質上」及「近似地」以表示可歸因於任何定量比較、值、量測或其它表示之固有不確定程度。亦可在本文中使用

術語「實質上」及「近似地」以表示程度，藉由該程度，定量表示可自所說明之參考變化而不導致爭論中之標的物之基本功能之變化。

【0034】 應注意，請求項中之一或多個請求項使用術語「其中」作為過渡習語。為界定實施例之目的，應注意，此術語引入在請求項中作為開放式過渡習語，該開放式過渡習語用於引入結構之一系列特性之復述，且該開放式過渡習語應以與最常使用之開放式前置術語「包含」相同之方式解釋。

【0035】 由於用於生產玻璃組合物之原料及/或設備，非有意添加之某些雜質或組份可存在於最終玻璃組合物中。此等材料以最小量存在於玻璃組合物中且在本文中被稱為「外來雜質」。

【0036】 如本文中所使用，具有 0 重量%或 0 莫耳%之化合物之玻璃組合物經界定為意謂：化合物、分子或元素不係有目的地添加至組合物，但組合物仍可包含通常為不定量或微量之化合物。類似地，「無鈉」、「無鹼」、「無鉀」或類似者經界定以意謂：化合物、分子或元素不係有目的地添加至組合物，但組合物仍可包含鈉、鹼或鉀，但係為近似地不定量或微量。除非另有說明，則本文所述之所有成分之濃度以莫耳百分比(莫耳%)表示。

【0037】 藉由以 0.2 mm/分之速率施加壓痕負載至玻璃表面及接著移除壓痕負載來執行本文所述之維氏壓痕裂隙閾值量測。保持最大壓痕負載達 10 秒。壓痕裂隙閾值在壓痕負載下界定，在該壓痕負載下，50%之 10 個壓痕展現發源於壓痕印

記之角落之任何數目的徑向/中間裂隙。最大負載增加直到給定玻璃組合物滿足閾值。所有壓痕量測在室溫下以 50%相對濕度執行。

【0038】 大體上參閱圖式且尤其參閱第 1 圖，將瞭解，圖示係用於描述特定實施例之目的且不意欲限制本揭示案或所附申請專利範圍。圖式不必係按比例，且為清晰及簡潔起見，圖式之某些特徵及某些視圖可能按比例或示意性地誇示。

【0039】 具有高抗損傷性（亦即，具有大於 15 公斤力（kgf）且在一些實施例大於 20 kgf 之維氏裂隙閾值）之化學增強鹼鋁矽酸鹽玻璃通常具有滿足規則 $[(Al_2O_3(\text{莫耳}\%) + B_2O_3(\text{莫耳}\%))/(\sum \text{改質劑氧化物}(\text{莫耳}\%))] > 1$ 的組合物，其中改質劑氧化物包括鹼性氧化物及鹼土金屬氧化物。該等玻璃先前已在 2010 年 8 月 18 日申請之名為「Crack and Scratch Resistant Glass and Enclosures Made Therefrom」之美國專利申請案第 12/858,490 號（Kristen L. Barefoot 等人）中描述。

【0040】 含有 P_2O_5 之鹼鋁矽酸鹽玻璃之增強的抗損傷性先前已在 2010 年 11 月 30 日申請之名為「Ion Exchangeable Glass with Deep Compressive Layer and High Modulus」之美國臨時專利申請案第 61/417,941 號（Dana Craig Bookbinder 等人）中描述。本文所述之玻璃含有用 Al_2O_3 及 B_2O_3 分批處理以分別形成 $AlPO_4$ 及 BPO_4 之磷酸鹽且該等玻璃遵循以下組合物規則：

$$0.75 \leq [(P_2O_5(\text{莫耳}\%) + R_2O(\text{莫耳}\%))/M_2O_3(\text{莫耳}\%)] \leq 1.3,$$

其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ 。

【0041】 本文所述之實施例包含含有 P_2O_5 之鹼鋁矽酸鹽玻璃及由該等含有 P_2O_5 之鹼鋁矽酸鹽玻璃製成之製品，當藉由離子交換化學增強時，該等鹼鋁矽酸鹽玻璃達成至少約 7 kgf、8 kgf、9 kgf、10 kgf、11 kgf、12 kgf、13 kgf、14 kgf、15 kgf、16 kgf、17 kgf、18 kgf、19 kgf 且在一些實施例中至少約 20 kgf 之維氏裂隙閾值。藉由添加至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 增強該等玻璃及玻璃製品之抗損傷性。在一些實施例中，藉由添加至少約 5 莫耳%之 P_2O_5 增強抗損傷性。在一些實施例中， P_2O_5 濃度在自約 4 莫耳%高達約 10 莫耳%之範圍內，且在其它實施例中，在自約 4 莫耳%高達約 15 莫耳%之範圍內。

【0042】 本文所述之實施例大體上超出美國臨時專利申請案第 61/417,941 號之組合物空間的玻璃及玻璃製品的範圍外。此外，本揭示案中描述之玻璃標稱地包含主要四面配位磷酸鹽 (PO_4^{3-}) 基團，該等基團每個四面體磷結構單元含有一個共鍵氧。

【0043】 在一些實施例中， M_2O_3 與 $\sum R_xO$ 之比率提供具有有利熔融溫度、黏度及/或液相溫度之玻璃。一些實施例可藉由比率 (M_2O_3 (莫耳%)/ $\sum R_xO$ (莫耳%)) < 1.4 描述，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ，且其中 $\sum R_xO$ 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物的和。在一些實施例中，本文所述之玻璃及玻璃製品包含大於 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中比率 (M_2O_3 (莫耳%)/ $\sum R_xO$ (莫耳%)) 小於 1.4，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ，且其中 $\sum R_xO$ 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物的和。在一些實施例

中， $(M_2O_3(\text{莫耳\%})/\sum R_xO(\text{莫耳\%}))$ 之比率小於 1.0。在一些實施例中， $(M_2O_3(\text{莫耳\%})/\sum R_xO(\text{莫耳\%}))$ 之比率小於 1.4、1.35、1.3、1.25、1.2、1.15、1.1、1.05、1.0、0.95、0.9、0.85、0.8、0.75 或 0.7。在一些實施例中， $0.6 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1.4$ 。在一些實施例中， $0.6 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1.2$ 。在一些實施例中， $0.6 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1$ 。在一些實施例中， $0.8 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1.4$ 。在一些實施例中， $0.8 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1.2$ 。在一些實施例中， $0.8 < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < 1.0$ 。在一些實施例中， $Y < (M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})) < Z$ ，其中 Y 為約 0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95、1.0、1.05 或 1.1，且 X 獨立地為約 1.4、1.35、1.3、1.25、1.2、1.15、1.1、1.05、1.0、0.95、0.9、0.85、0.8 且其中 $X > Y$ 。此等單價氧化物及二價氧化物包括（但不限於）鹼金屬氧化物（ Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O ）、鹼土金屬氧化物（ MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO ）及過渡金屬氧化物（諸如但不限於 ZnO ）。

【0044】 在一些實施例中，本文所述之玻璃滿足以下不等式：

$$[(Al_2O_3(\text{莫耳\%}) + B_2O_3(\text{莫耳\%})) / (\sum \text{改質劑氧化物}(\text{莫耳\%}))] < 1.0。$$

【0045】 在一些實施例中，玻璃可具有足夠 P_2O_5 以允許玻璃結構，其中除了 MPO_4 以外， P_2O_5 存在於該結構中。在一些實施例中，此種結構可藉由比率 $[(P_2O_5(\text{莫耳\%}) + R_2O(\text{莫耳\%})) / M_2O_3(\text{莫耳\%})] > 1.24$ 描述，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ， P_2O_5 為 4 莫耳%或更大，且其中為 R_2O 存在於鹼鋁矽酸鹽玻

璃中之二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中，本文所述之玻璃包含大於 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $[(P_2O_5(\text{莫耳}\%) + R_2O(\text{莫耳}\%))/M_2O_3(\text{莫耳}\%)]$ 之比率大於 1.24，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ ，且其中 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之二價陽離子氧化物的和。在一些實施例中， $[(P_2O_5(\text{莫耳}\%) + R_2O(\text{莫耳}\%))/M_2O_3(\text{莫耳}\%)]$ 之比率大於 1.3。在一些實施例中，比率為 $1.24 \leq [(P_2O_5(\text{莫耳}\%) + R_2O(\text{莫耳}\%))/M_2O_3(\text{莫耳}\%)] \leq 2.8$ 。在一些實施例中，本文所述之玻璃及玻璃製品包含大於 4 莫耳%之 P_2O_5 ，且該等玻璃及該等玻璃製品藉由以下比率描述：

$$S \leq [(P_2O_5(\text{莫耳}\%) + R_2O(\text{莫耳}\%))/M_2O_3(\text{莫耳}\%)] \leq V,$$

其中，S 獨立地為約 1.5、1.45、1.4、1.35、1.3、1.25、1.24、1.2 或 1.15，且 V 獨立地為約 2.0、2.05、2.1、2.15、2.2、2.25、2.3、2.35、2.4、2.45、2.5、2.55、2.6、2.65、2.7、2.75 或 2.8。

【0046】 本文所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃及製品包含大量化學組份。涉及玻璃形成之氧化物 (SiO_2) 起作用以使玻璃之網路連接結構穩定。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 50 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 55 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%、約 40 莫耳%至約 65 莫耳%、約 40 莫耳%至約 60 莫耳%、約 40 莫耳%至約 55 莫耳%、約 40 莫耳%至 50 莫耳%、

約 40 莫耳%至 45 莫耳%、50 莫耳%至約 70 莫耳%、約 50 莫耳%至約 65 莫耳%、約 50 莫耳%至約 60 莫耳%、約 50 莫耳%至約 55 莫耳%、約 55 莫耳%至約 70 莫耳%、約 60 莫耳%至約 70 莫耳%、約 65 莫耳%至約 70 莫耳%、約 55 莫耳%至約 65 莫耳%或約 55 莫耳%至約 60 莫耳%之 SiO_2 。在一些實施例中，玻璃組合物包含約 40 莫耳%、41 莫耳%、42 莫耳%、43 莫耳%、44 莫耳%、45 莫耳%、46 莫耳%、47 莫耳%、48 莫耳%、49 莫耳%、50 莫耳%、51 莫耳%、52 莫耳%、53 莫耳%、54 莫耳%、55 莫耳%、56 莫耳%、57 莫耳%、58 莫耳%、59 莫耳%、60 莫耳%、61 莫耳%、62 莫耳%、63 莫耳%、64 莫耳%、65 莫耳%、66 莫耳%、67 莫耳%、68 莫耳%、69 莫耳%或 70 莫耳%之 SiO_2 。

【0047】 除了其它益處以外， Al_2O_3 可提供：a) 維持最低可能液相溫度；b) 降低膨脹係數；或 c) 提高應變點。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%、約 11 莫耳%至約 20 莫耳%、約 11 莫耳%至約 18 莫耳%、約 11 莫耳%至約 15 莫耳%、約 12 莫耳%至約 25 莫耳%、約 12 莫耳%至約 20 莫耳%、約 12 莫耳%至約 18 莫耳%、約 12 莫耳%至約 15 莫耳%、約 14 莫耳%至約 25 莫耳%、約 14 莫耳%至約 20 莫耳%、約 14 莫耳%至約 18 莫耳%、約 14 莫耳%至約 15 莫耳%、約 18 莫耳%至約 25 莫耳%、約 18 莫耳%至約 20 莫耳%或約 20 莫耳%至約

25 莫耳%之 Al_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含約 11 莫耳%、12 莫耳%、13 莫耳%、14 莫耳%、15 莫耳%、16 莫耳%、17 莫耳%、18 莫耳%、19 莫耳%、20 莫耳%、21 莫耳%、22 莫耳%、23 莫耳%、24 莫耳%或 25 莫耳%之 Al_2O_3 。

【0048】 在實施例中， B_2O_3 之存在可改良抗損傷性，但亦可能對壓縮應力及擴散率不利。本文所述之玻璃大體上不含有（或沒有） B_2O_3 。在一些實施例中，可存在約 0.1 莫耳%、0.2 莫耳%、0.3 莫耳%、0.4 莫耳%、0.5 莫耳%、0.6 莫耳%、0.7 莫耳%、0.8 莫耳%、0.9 莫耳%、1 莫耳%、2 莫耳%、3 莫耳%、或 4 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，可能存在少於 4 莫耳%、3 莫耳%、2 莫耳%或 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，可能存在不定量 B_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含約 0 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中， B_2O_3 之量為 0.5 莫耳%或更少、0.25 莫耳%或更少、0.1 莫耳%或更少、約 0.05 莫耳%或更少、0.001 莫耳%或更少、0.0005 莫耳%或更少、或 0.0001 莫耳%或更少。根據一些實施例中，玻璃組合物不含有有意添加之 B_2O_3 。

【0049】 已發現，將磷添加至玻璃作為 P_2O_5 改良抗損傷性且不妨礙離子交換。在一些實施例中，將磷添加至玻璃產生一結構，在該結構中，二氧化矽（玻璃中之 SiO_2 ）由磷酸鋁（ AlPO_4 ）置換，該結構由四面配位鋁及磷及/或磷酸硼（ BPO_4 ）組成、由四面配位硼及磷組成。本文中所述之玻璃大體上含有大於 4 莫耳%之 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃可包含自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃可包含

自約 4 莫耳%至約 12 莫耳%之 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃可包含自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃可包含自約 6 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%、約 6 莫耳%至約 15 莫耳%、約 8 莫耳%至約 15 莫耳%、約 10 莫耳%至約 15 莫耳%、約 12 莫耳%至約 15 莫耳%、約 4 莫耳%至約 12 莫耳%、約 4 莫耳%至約 10 莫耳%、約 4 莫耳%至約 8 莫耳%、約 4 莫耳%至約 6 莫耳%、約 6 莫耳%至約 12 莫耳%、約 6 莫耳%至約 10 莫耳%、約 6 莫耳%至約 8 莫耳%、約 8 莫耳%至約 12 莫耳%、約 8 莫耳%至約 10 莫耳%、約 10 莫耳%至約 12 莫耳%。在一些實施例中，玻璃組合物可包含約 4 莫耳%、5 莫耳%、6 莫耳%、7 莫耳%、8 莫耳%、9 莫耳%、10 莫耳%、11 莫耳%、12 莫耳%、13 莫耳%、14 莫耳%或 15 莫耳%之 P_2O_5 。

【0050】 Na_2O 可用於所體現玻璃中之離子交換。在一些實施例中，玻璃可包含自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在其它實施例中，玻璃可包含自約 13 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%、約 13 莫耳%至約 20 莫耳%、約 13 莫耳%至約 18 莫耳%、約 13 莫耳%至約 15 莫耳%、約 15 莫耳%至約 25 莫耳%、約 15 莫耳%至約 20 莫耳%、約 15 莫耳%至約 18 莫耳%、約 18 莫耳%至約 25 莫耳%、約 18 莫耳%至約 20 莫耳%、或約 20 莫耳%至約 25 莫耳%。在一些實施例中，玻璃可包含約 13 莫耳%、14 莫耳%、15 莫耳%、16 莫耳%、17 莫耳%、

18 莫耳%、19 莫耳%、20 莫耳%、21 莫耳%、22 莫耳%、23 莫耳%、24 莫耳%或 25 莫耳%之 Na_2O 。

【0051】 R_xO 大體上描述存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物。 R_xO 之存在可提供針對玻璃之離子交換的優點。此等單價氧化物及二價氧化物包括(但不限於)鹼金屬氧化物(Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O)、鹼土金屬氧化物(MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO)及過渡金屬氧化物(諸如但不限於 ZnO)。在一些實施例中,藉由方程式 $(\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\sum \text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)) < 1.4$ 來描述 R_xO 在組合物中之量。在一些實施例中,藉由方程式 $(\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\sum \text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)) < 1.0$ 來描述 R_xO 在組合物中之量。在一些實施例中,藉由方程式 $0.6 < (\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\sum \text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)) < 1.4$ 來描述 R_xO 在組合物中之量。在一些實施例中,藉由方程式 $0.6 < (\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\sum \text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)) < 1.0$ 來描述 R_xO 在組合物中之量。在一些實施例中,玻璃組合物可包含自約 7 莫耳%至約 30 莫耳%之 R_xO 。在一些實施例中,玻璃組合物可包含自約 14 莫耳%至約 25 莫耳%之 R_xO 。在一些實施例中,玻璃組合物可包含自約 7 莫耳%至約 30 莫耳%、約 7 莫耳%至約 25 莫耳%、約 7 莫耳%至約 22 莫耳%、約 7 莫耳%至約 20 莫耳%、約 7 莫耳%至約 18 莫耳%、約 7 莫耳%至約 15 莫耳%、約 7 莫耳%至約 10 莫耳%、約 10 莫耳%至約 30 莫耳%、約 10 莫耳%至約 25 莫耳%、約 10 莫耳%至約 22 莫耳%、約 10 莫耳%至約 18 莫耳%、約 10 莫耳%至約 15 莫耳%、約 15 莫耳%至約 30 莫耳%、約 15 莫耳%至約 25 莫耳%、約 15 莫耳%至約

22 莫耳%、約 15 莫耳%至約 18 莫耳%、約 18 莫耳%至約 30 莫耳%、約 18 莫耳%至約 25 莫耳%、約 18 莫耳%至約 22 莫耳%、約 18 莫耳%至約 20 莫耳%、約 20 莫耳%至約 30 莫耳%、約 20 莫耳%至約 25 莫耳%、約 20 莫耳%至約 22 莫耳%、約 22 莫耳%至約 30 莫耳%、約 22 莫耳%至約 25 莫耳%、或約 25 莫耳%至約 30 莫耳%。在一些實施例中，玻璃組合物可包含約 8 莫耳%、9 莫耳%、10 莫耳%、11 莫耳%、12 莫耳%、13 莫耳%、14 莫耳%、15 莫耳%、16 莫耳%、17 莫耳%、18 莫耳%、19 莫耳%、20 莫耳%、21 莫耳%、22 莫耳%、23 莫耳%、24 莫耳%、25 莫耳%、26 莫耳%、27 莫耳%、28 莫耳%、29 莫耳%或 30 莫耳%之 R_xO 。

【0052】 M_2O_3 描述在組合物中 Al_2O_3 及 B_2O_3 之量。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 11 莫耳%至約 30 莫耳%之 M_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 M_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自約 11 莫耳%至約 30 莫耳%、約 11 莫耳%至約 25 莫耳%、約 11 莫耳%至約 20 莫耳%、約 11 莫耳%至約 18 莫耳%、約 11 莫耳%至約 15 莫耳%、約 12 莫耳%至約 30 莫耳%、約 12 莫耳%至約 25 莫耳%、約 12 莫耳%至約 20 莫耳%、約 12 莫耳%至約 18 莫耳%、約 12 莫耳%至約 15 莫耳%、約 14 莫耳%至約 30 莫耳%、約 14 莫耳%至約 25 莫耳%、約 14 莫耳%至約 20 莫耳%、約 14 莫耳%至約 18 莫耳%、約 14 莫耳%至約 15 莫耳%、約 18 莫耳%至約 25 莫耳%、約 18 莫耳%至約 20 莫耳%或約 20 莫耳%至約 25 莫耳%之 M_2O_3 。在一些實施例中，

玻璃組合物可包含約 11 莫耳%、12 莫耳%、13 莫耳%、14 莫耳%、15 莫耳%、16 莫耳%、17 莫耳%、18 莫耳%、19 莫耳%、20 莫耳%、21 莫耳%、22 莫耳%、23 莫耳%、24 莫耳%、25 莫耳%、26 莫耳%、27 莫耳%、28 莫耳%、29 莫耳%或 30 莫耳%之 M_2O_3 。

【0053】 在一些實施例中， K_2O 可用於離子交換，但 K_2O 可能對壓縮應力不利。在一些實施例中，玻璃組合物沒有 K_2O 。例如，當 K_2O 之含量為 0.5 莫耳%或更少、0.25 莫耳%或更少、0.1 莫耳%或更少、約 0.05 莫耳%或更少、0.001 莫耳%或更少、0.0005 莫耳%或更少、或 0.0001 莫耳%或更少時，玻璃組合物實質上係無 K_2O 的。根據一些實施例中，玻璃片不含有有意添加之鉀。在一些實施例中，玻璃可包含自 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 K_2O 。在其它實施例中，玻璃可包含大於 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，玻璃組合物可包含自 0 莫耳%至約 2 莫耳%、0 莫耳%至約 1.5 莫耳%、0 莫耳%至約 1 莫耳%、0 莫耳%至約 0.9 莫耳%、0 莫耳%至約 0.8 莫耳%、0 莫耳%至約 0.7 莫耳%、0 莫耳%至約 0.6 莫耳%、0 莫耳%至約 0.5 莫耳%、0 莫耳%至約 0.4 莫耳%、0 莫耳%至約 0.3 莫耳%、0 莫耳%至約 0.2 莫耳%、或 0 莫耳%至約 0.1 莫耳%。在一些實施例中，玻璃可包含約 0 莫耳%、0.01 莫耳%、0.02 莫耳%、0.03 莫耳%、0.04 莫耳%、0.05 莫耳%、0.06 莫耳%、0.07 莫耳%、0.08 莫耳%、0.09 莫耳%、0.1 莫耳%、0.2 莫耳%、0.3 莫耳%、0.4 莫耳%或 0.5 莫耳%、0.6 莫耳%、0.7 莫耳%、0.8 莫耳%、0.9 莫耳%或 1 莫耳%之 K_2O 。

【0054】 額外組份可併入玻璃組合物中以提供額外益處。舉例而言，額外組份可經添加作為澄清劑（例如，以促進自用於生產玻璃之熔融批料中移除氣體夾雜物）及/或用於其它目的。在一些實施例中，玻璃可包含用作紫外輻射吸收劑之一或多個化合物。在一些實施例中，玻璃可包含 3 莫耳%或更少之 TiO_2 、 MnO 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 、 HfO_2 、 CdO 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Cl 、 Br 或以上各者之組合。在一些實施例中，玻璃可包含自 0 莫耳%至約 3 莫耳%、0 莫耳%至約 2 莫耳%、0 莫耳%至約 1 莫耳%、0 莫耳%至 0.5 莫耳%、0 莫耳%至 0.1 莫耳%、0 莫耳%至 0.05 莫耳%、或 0 莫耳%至 0.01 莫耳%之 TiO_2 、 MnO 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 、 HfO_2 、 CdO 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Cl 、 Br 或以上各者之組合。在一些實施例中，玻璃可包含自 0 莫耳%至約 3 莫耳%、0 莫耳%至 2 莫耳%、0 莫耳%至 1 莫耳%、0 莫耳%至 0.5 莫耳%、0 莫耳%至 0.1 莫耳%、0 莫耳%至 0.05 莫耳%、或 0 莫耳%至 0.01 莫耳%之 TiO_2 、 CeO_2 或 Fe_2O_3 或以上各者之組合。

【0055】 根據一些實施例，玻璃組合物（例如，上文所論述之任一玻璃）可包括 F 、 Cl 或 Br ，例如，在玻璃包含作為澄清劑之 Cl 及/或 Br 的情況下。

【0056】 根據一些實施例，玻璃組合物可包含 BaO 。在某些實施例中，玻璃可包含小於約 5 莫耳%、小於約 4 莫耳%、小於約 3 莫耳%、小於約 2 莫耳%、小於約 1 莫耳%、小於約 0.5

莫耳%、或小於約 0.1 莫耳%之 BaO 。

【0057】 在一些實施例中，玻璃可實質上不含有 Sb_2O_3 、 As_2O_3 或以上各者之組合。舉例而言，玻璃可包含 0.05 莫耳%或更少之 Sb_2O_3 或 As_2O_3 或以上各者之組合；玻璃可包含 0 莫耳%之 Sb_2O_3 或 As_2O_3 或以上各者之組合，或玻璃可（例如）不含有任何有意添加之 Sb_2O_3 或 As_2O_3 或以上各者之組合。

【0058】 根據一些實施例，玻璃可進一步包含通常在商業製備之玻璃中找到之污染物。或者或此外，儘管對其它玻璃組份進行調整，但在不讓步於玻璃組合物之熔融或形成特性之情況下，可添加各種其它氧化物（例如， TiO_2 、 MnO 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 、 P_2O_5 及類似者）。根據一些實施例，在玻璃進一步包括該等其它一或多個氧化物之情況下，該等其它氧化物中之每一者通常以不超過約 3 莫耳%、約 2 莫耳%或約 1 莫耳%之量存在，且該等其它氧化物之總組合濃度通常小於或等於約 5 莫耳%、約 4 莫耳%、約 3 莫耳%、約 2 莫耳%或約 1 莫耳%。在一些情況下，只要所用量不使組合物在本文所述之範圍之外，就可使用更高量。根據一些實施例，玻璃亦可包括與批料相關聯及/或藉由用於生產玻璃之熔融、澄清及/或形成設備引入到玻璃中之各種污染物（例如， ZrO_2 ）。

【0059】 在一些實施例中，本文中所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃及製品包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。

【0060】 在一些實施例中，玻璃組合物具有高抗損傷性。在一些實施例中，玻璃組合物具有大於 7 公斤力 (kgf) 之維氏裂隙閾值。在一些實施例中，玻璃組合物具有大於 12 kgf 之維氏裂隙閾值。在一些實施例中，玻璃組合物具有大於 15 kgf 之維氏裂隙閾值。在一些實施例中，玻璃組合物具有大於 20 kgf 之維氏裂隙閾值。在一些實施例中，玻璃組合物具有大於 6 kgf、7 kgf、8 kgf、9 kgf、10 kgf、11 kgf、12 kgf、13 kgf、14 kgf、15 kgf、16 kgf、17 kgf、18 kgf、19 kgf、20 kgf、21 kgf、22 kgf、23 kgf、24 kgf 或 25 kgf 的維氏裂隙閾值。

【0061】 所體現之玻璃（其中玻璃厚度為 0.7 mm）之非限制實例列於表 1 中。

表 1. 玻璃組合物及屬性.

試樣	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
以莫耳%計之 SiO ₂	61	59	57	62	60	58	60	60	60	60	60	60
以莫耳%計之 B ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.5	16.5	17.5	15.5	16.5	17.5	16	16	16	16	16	16
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	7	7	7	6	6	6	5	5	6	6	7	7
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.5	17.5	18.5	16.5	17.5	18.5	16	16	16	16	16	16
以莫耳%計之 MgO	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	1	0
以莫耳%計之 ZnO	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	1
密度 (g/cm ³)	2.388	2.401	2.412	2.393	2.406	2.416						
分子體積 (cm ³ /mol)	30.41	30.43	30.47	30.01	30.03	30.08						
應變點 (°C)	615	620	625	633	638	640						

試樣	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
退火點 (°C)	675	678	682	693	697	699						
軟化點 (°C)	963	958	951	973	978	969						
T200P (°C)	1732	1708	1683	1752	1720	1698						
T35000P (°C)	1284	1274	1260	1304	1289	1275						
T160000P (°C)	1195	1186	1176	1215	1202	1191						
液相溫度 (°C)	775	740	730	770	790	770						
經退火之 0.7 mm 厚的部分												
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)	665	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限						
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (μm)	113	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限	FSM 之超 限						
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	764	806	866	805	863	922						
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (μm)	40	38	38	39	37	36						
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	706	747	804	745	805	FSM 之超 限						
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (微米)	80	82	80	77	77	FSM 之超 限						
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>25	>20	>20	>15	>25	>15						
在 470°C 下歷時 6 分鐘之壓縮應力 (MPa)	736	780	837	778	836	894						
在 470°C 下歷時 6 分鐘之層深度 (μm)	23	23	23	23	23	23						
(Al ₂ O ₃ + B ₂ O ₃) / R _x O	0.94	0.94	0.95	0.94	0.94	0.95	0.84	0.84	0.89	0.89	0.94	0.94

試樣	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
$(P_2O_5 + R_xO) / M_2O_3$	1.52	1.48	1.46	1.45	1.42	1.40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.54	1.5
在 410°C 下之經退火部分中之 K^+/Na^+ 離子交換相互擴散係數 $\times 10^{-10} (cm^2/s)$	5.78	5.65	5.50	5.43	5.16	4.69						

【0062】 所體現之玻璃（其中玻璃厚度為 1.0 mm）之非限制實例列於表 2 中（對於離子交換資料，若未提供 SOC，則使用 1.0 mm 厚之離子交換部分的所使用之默認值為 3.0）。

表 2. 玻璃組合物及屬性

實例編號	1	2	3	4	5	6	7
以莫耳%計之 SiO_2	61.0	59.0	57.0	62.0	60.0	58.0	58.0
以莫耳%計之 Al_2O_3	15.5	16.5	17.5	15.5	16.5	17.5	17.4
以莫耳%計之 P_2O_5	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.1
以莫耳%計之 Na_2O	16.5	17.5	18.5	16.5	17.5	18.5	18.5
以莫耳%計之 MgO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO_2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 $(M_2O_3)/R_xO$	0.94	0.94	0.95	0.94	0.94	0.95	0.95
以莫耳%計之 $(P_2O_5 + R_2O)/(M_2O_3)$	1.52	1.48	1.46	1.45	1.42	1.40	1.41
以莫耳%計之 $(P_2O_5 + R_xO)/(M_2O_3)$	1.52	1.48	1.46	1.45	1.42	1.40	1.40
以重量%計之 SiO_2	50.5	48.5	46.6	51.9	49.9	48.0	48.0
以重量%計之 Al_2O_3	21.8	23.0	24.3	22.0	23.3	24.6	24.4
以重量%計之 P_2O_5	13.7	13.6	13.5	11.9	11.8	11.7	11.8
以重量%計之 Na_2O	14.1	14.8	15.6	14.2	15.0	15.8	15.8
以重量%計之 MgO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO_2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	無	無	無	無	無	無	XRF

實例編號	1	2	3	4	5	6	7
密度 (g/cm ³)	2.388	2.401	2.412	2.393	2.406	2.416	2.416
分子體積 (cm ³ /mol)	30.41	30.43	30.47	30.01	30.03	30.08	30.08
應變點 (°C)	615	620	625	633	638	640	640
退火點 (°C)	675	678	682	693	697	699	699
軟化點 (°C)	963	958	951	973	978	969	969
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1732	1708	1683	1752	1720	1698	1698
在 35kP 黏度下之溫度 (°C)	1284	1274	1260	1304	1289	1275	1275
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1195	1186	1176	1215	1202	1191	1191
液相溫度 (°C)	775	740	730	770	790	770	890
液相黏度 (P)	2.91E+10	8.74E+10	4.40E+11	1.67E+11	2.46E+10	2.04E+11	7.09E+08
鉛石毀壞溫度 (°C)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)							
近似假想溫度 (°C)	675	678	682	693	697	699	795
410°C 歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	777	820	881	819	878	938	804
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	40	38	38	39	37	36	43
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	718	760	818	758	819	超越	
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)	80	82	80	77	77	超越	

實例編號	1	2	3	4	5	6	7
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>25	>20	>20	>15	>25	>15	
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)	678	超越	超越	超越	超越	超越	
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)	113	超越	超越	超越	超越	超越	
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	5.7E-10	5.1E-10	5.1E-10	5.4E-10	4.9E-10	4.6E-10	6.6E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	5.7E-10	6.0E-10	5.7E-10	5.3E-10	5.3E-10		
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	5.7E-10						

實例編號	8	9	10	11	12	13	14
以莫耳%計之 SiO ₂	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	62.0
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.0	5.0	6.0	6.0	7.0	7.0	5.0
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0
以莫耳%計之 MgO	3.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	3.0
以莫耳%計之 ZnO	0.0	3.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.84	0.84	0.89	0.89	0.94	0.94	0.83
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.31	1.31	1.38	1.38	1.44	1.44	1.33
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.53
以重量%計之 SiO ₂	51.1	50.2	50.3	49.8	49.6	49.4	53.1
以重量%計之 Al ₂ O ₃	23.1	22.7	22.8	22.5	22.5	22.3	21.8
以重量%計之 P ₂ O ₅	10.1	9.9	11.9	11.8	13.7	13.6	10.1
以重量%計之 Na ₂ O	14.0	13.8	13.8	13.7	13.7	13.6	13.3
以重量%計之 MgO	1.7	0.0	1.1	0.0	0.6	0.0	1.7

實例編號	8	9	10	11	12	13	14
以重量%計之 ZnO	0.0	3.4	0.0	2.2	0.0	1.1	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	無	無	無	無	無	無	無
密度 (g/cm ³)	2.417	2.453	2.406	2.428	2.393	2.404	2.423
分子體積 (cm ³ /mol)	29.21	29.28	29.76	29.83	30.35	30.38	28.95
應變點 (°C)	643	621	623	619	611	621	680
退火點 (°C)	696	681	684	681	675	683	730
軟化點 (°C)	964	954.3	963.5	963.4	965	967.4	989.1
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1668	1677	1695	1698	1714	1713	1676
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1247	1252	1268	1265	1280	1277	1252
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1162	1166	1181	1178	1193	1190	1167
液相溫度 (°C)	960						1100
液相黏度 (P)	1.85E+07						6.28E+05
鉛石毀壞溫度 (°C)	1240						>1265
鉛石毀壞黏度 (P)	39255						<28281
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.015	3.132	3.055	3.122			2.999
近似假想溫度 (°C)	798	754	767	745	778	778	824
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	932	963	833	895	817	820	970
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	32	28	33	32	39	39	33
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	901	959	813	874	797	796	959
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	44	38	48	46	54	53	44
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>30	>20	>20	>20	>20	>20	>20
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	895	949	808	868	787	781	
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	54	46	57	55	65	65	

實例編號	8	9	10	11	12	13	14
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	884	942	792	842	770	772	
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)	63	54	64	63	76	76	
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.6E-10	2.8E-10	3.9E-10	3.6E-10	5.4E-10	5.4E-10	3.9E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.4E-10	2.6E-10	4.1E-10	3.7E-10	5.2E-10	5.0E-10	3.4E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.4E-10	2.5E-10	3.8E-10	3.6E-10	5.0E-10	5.0E-10	
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.5E-10	2.6E-10	3.6E-10	3.5E-10	5.1E-10	5.1E-10	
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	15	16	17	18	19	20	21
以莫耳%計之 SiO ₂	61.0	63.1	61.2	61.3	60.8	60.9	60.3
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	14.8	13.9	15.9	15.8	16.0	15.8	15.7
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	4.9	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	5.5
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.3	13.9	15.8	16.0	16.1	15.8	16.0
以莫耳%計之 MgO	3.8	4.1	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.77	0.77	0.90	0.88	0.88	0.86	0.85
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.36	1.36	1.30	1.32	1.31	1.31	1.37
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.63	1.65	1.43	1.45	1.44	1.47	1.53

實例編號	15	16	17	18	19	20	21
以重量%計之 SiO ₂	52.5	54.6	52.0	52.1	51.7	51.9	51.0
以重量%計之 Al ₂ O ₃	21.6	20.4	23.0	22.7	23.1	22.8	22.5
以重量%計之 P ₂ O ₅	10.0	10.2	10.0	9.8	9.8	9.8	10.9
以重量%計之 Na ₂ O	13.6	12.4	13.8	14.0	14.1	13.9	13.9
以重量%計之 MgO	2.2	2.4	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.411	2.404	2.413	2.415	2.417	2.418	2.416
分子體積 (cm ³ /mol)	28.98	28.89	29.32	29.26	29.28	29.17	29.38
應變點 (°C)	659	672	631	630	628	630	631
退火點 (°C)	709	734	689	687	685	683	685
軟化點 (°C)	980.3	999.4	977.9	973.6	969.2	968.2	960.6
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1695	1711	1704	1699	1698	1691	1687
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1260	1270	1285	1273	1274	1268	1263
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1173	1183	1197	1187	1188	1182	1177
液相溫度 (°C)			970				
液相黏度 (P)			2.97E+07				
鉛石毀壞溫度 (°C)			>1260				
鉛石毀壞黏度 (P)			<52623				
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)			3.095				3.014
近似假想溫度 (°C)	797	831	787	784	781	775	782
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	919	875		918	966	954	
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	36	32		37	35	35	
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	917	863	879	906	926	942	912
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	48	45	47	49	46	48	47
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	15-20	>20	15-20	15-20	15-20	15-20

實例編號	15	16	17	18	19	20	21
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	881	855	856	906	924	910	878
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	56	56	57	59	55	56	55
4 在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	874	854	858	869	898	896	
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)	65	65	66	67	64	65	
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.6E-10	3.6E-10		4.9E-10	4.3E-10	4.3E-10	
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.1E-10	3.6E-10	3.9E-10	4.3E-10	3.7E-10	4.1E-10	3.9E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.7E-10	3.8E-10	4.1E-10	3.6E-10	3.7E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.7E-10		4.0E-10	3.6E-10	3.7E-10	
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	22	23	24	25	26	27	28
以莫耳%計之 SiO ₂	60.3	62.3	61.3	60.8	60.5	62.2	62.1
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.9	14.7	15.7	16.0	15.9	14.6	14.6
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.5	4.9	5.0	5.0	5.2	5.0	5.0
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.2	15.0	16.0	16.1	16.3	15.1	15.2
以莫耳%計之 MgO	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	3.1	0.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
以莫耳%計之	0.88	0.82	0.87	0.88	0.87	0.80	0.80

實例編號	22	23	24	25	26	27	28
$(M_2O_3)/R_xO$							
以莫耳%計之 $(P_2O_5 + R_2O)/(M_2O_3)$	1.36	1.36	1.34	1.32	1.35	1.37	1.38
以莫耳%計之 $(P_2O_5 + R_xO)/(M_2O_3)$	1.48	1.56	1.46	1.45	1.47	1.59	1.59
以重量%計之 SiO_2	50.9	53.3	52.1	51.6	51.2	53.4	52.4
以重量%計之 Al_2O_3	22.8	21.3	22.6	23.0	22.9	21.2	20.9
以重量%計之 P_2O_5	10.9	10.0	10.0	10.0	10.4	10.1	9.9
以重量%計之 Na_2O	14.1	13.2	14.0	14.1	14.2	13.3	13.2
以重量%計之 MgO	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.8	0.0
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
以重量%計之 SnO_2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm^3)	2.415	2.415	2.414	2.417	2.416	2.413	2.449
分子體積 (cm^3/mol)	29.49	29.07	29.30	29.31	29.40	29.02	29.10
應變點 ($^{\circ}C$)	632	644	638	639	636	652	614
退火點 ($^{\circ}C$)	688	695	694	696	694	702	671
軟化點 ($^{\circ}C$)	965.7	980.7	975.7	972.1	970.6	977.2	950
在 200P 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1690	1699	1703	1698	1691	1704	1702
在 35 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1267	1267	1278	1275	1269	1263	1253
在 160 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1181	1179	1191	1189	1183	1178	1167
液相溫度 ($^{\circ}C$)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 ($^{\circ}C$)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 ($nm \cdot Mpa^{-1} \cdot mm^{-1}$)	3.058	3.045	3.029	3.045	3.041	3.044	3.156
近似假想溫度 ($^{\circ}C$)	773	795	780	782	769	796	762
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)						873	901
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之層深度 (mm)						33	29
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	900	858	902	906	909	870	862
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小	47	47	47	47	46	47	41

實例編號	22	23	24	25	26	27	28
時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	15-20	15-20	15-20	>20	>20	15-20
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	896	846	890	906	900	862	880
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	55	56	56	55	53	55	49
4 在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)						864	870
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)						61	54
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$						3.9E-10	3.0E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.9E-10	3.9E-10	3.9E-10	3.9E-10	3.7E-10	3.9E-10	3.0E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.6E-10	3.7E-10	3.7E-10	3.6E-10	3.3E-10	3.6E-10	2.8E-10
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$						3.3E-10	2.6E-10
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	29	30	31	32	33	34	35
以莫耳%計之 SiO ₂	62.2	60.3	60.0	60.0	59.9	60.7	60.3
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	14.8	15.6	15.6	15.8	15.7	15.4	15.5
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	5.4
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.3	15.9	16.2	16.4	16.3	15.9	15.8
以莫耳%計之 MgO	2.5	3.0	0.0	2.6	2.9	2.9	3.0

實例編號	29	30	31	32	33	34	35
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.83	0.82	0.81	0.83	0.82	0.82	0.82
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.37	1.34	1.36	1.35	1.35	1.35	1.37
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.54	1.54	1.56	1.52	1.54	1.54	1.56
以重量%計之 SiO ₂	53.2	51.4	50.3	51.0	51.0	51.8	51.2
以重量%計之 Al ₂ O ₃	21.5	22.5	22.1	22.8	22.7	22.4	22.3
以重量%計之 P ₂ O ₅	10.0	10.1	9.8	10.0	10.1	10.0	10.8
以重量%計之 Na ₂ O	13.5	14.0	14.0	14.4	14.3	14.0	13.8
以重量%計之 MgO	1.5	1.7	0.0	1.5	1.7	1.7	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.411	2.424	2.46	2.423	2.426	2.422	2.422
分子體積 (cm ³ /mol)	29.12	29.07	29.15	29.17	29.08	29.06	29.20
應變點 (°C)	642	646	618	641	633	630	625
退火點 (°C)	696	696	674	693	682	681	676
軟化點 (°C)	972.7	960.3	941.8	960	952.8	957.2	950.7
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1713	1664	1668	1676	1670	1673	1672
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1271	1240	1238	1246	1243	1250	1241
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1185	1155	1153	1162	1160	1164	1157
液相溫度 (°C)						995	975
液相黏度 (P)						6.97E+06	1.21E+07
鋯石毀壞溫度 (°C)						1240	1265
鋯石毀壞黏度 (P)						41251	23823
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.05	2.938	3.112	3.009	2.994	3.018	3.266??
近似假想溫度 (°C)	795	794	749	791	779	775	772
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)			921	927			
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)			28	33			
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							

實例編號	29	30	31	32	33	34	35
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	868	943	921	946	948	890	834
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	48	46	41	48	46	44	48
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	>20	15-20	10-15	10-15	>20	>20
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	862	941	895	921	936	885	818
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	55	54	47	55	51	55	52
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)			894	924		875	
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)			52	61		63	
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$			2.8E-10	3.9E-10			
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	4.1E-10	3.7E-10	3.0E-10	4.1E-10	3.7E-10	3.4E-10	4.1E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.6E-10	3.4E-10	2.6E-10	3.6E-10	3.1E-10	3.6E-10	3.2E-10
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$			2.4E-10	3.3E-10		3.5E-10	
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	36	37	38	39	40	41	42
以莫耳%計之 SiO ₂	60.0	60.4	60.2	62.8	61.3	61.1	60.9

實例編號	36	37	38	39	40	41	42
以莫耳%計之 Al_2O_3	15.6	15.6	15.5	14.4	15.1	15.2	15.3
以莫耳%計之 P_2O_5	5.5	5.0	4.9	4.1	4.7	4.8	4.9
以莫耳%計之 Na_2O	16.3	16.4	16.4	15.6	15.7	15.8	15.8
以莫耳%計之 MgO	2.5	2.5	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M_2O_3)/ R_xO	0.83	0.83	0.80	0.77	0.81	0.81	0.81
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_2O)/(M_2O_3)	1.39	1.37	1.38	1.37	1.35	1.35	1.35
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_xO)/(M_2O_3)	1.55	1.53	1.57	1.58	1.55	1.55	1.55
以重量%計之 SiO_2	50.8	51.4	51.4	54.5	52.6	52.3	52.1
以重量%計之 Al_2O_3	22.4	22.5	22.4	21.1	22.0	22.1	22.2
以重量%計之 P_2O_5	10.9	10.1	9.9	8.3	9.5	9.7	9.9
以重量%計之 Na_2O	14.2	14.4	14.4	14.0	13.9	13.9	13.9
以重量%計之 MgO	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO_2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm^3)	2.419	2.421	2.427	2.422	2.422	2.422	2.422
分子體積 (cm^3/mol)	29.35	29.17	29.00	28.58	28.92	28.98	29.03
應變點 ($^{\circ}\text{C}$)	619	624	632	653	635	634	632
退火點 ($^{\circ}\text{C}$)	672	677	680	704	685	684	682
軟化點 ($^{\circ}\text{C}$)	954.2	956.8	952.6	977.4	963.1	961.8	957.4
在 200P 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1675	1680	1659	1709	1693	1690	1689
在 35 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1246	1255	1229	1263	1257	1256	1254
在 160 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1161	1169	1145	1176	1170	1170	1168
液相溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	985	990					
液相黏度 (P)	1.00E+07	9.03E+06					
鉛石毀壞溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1260	1240					
鉛石毀壞黏度 (P)	27805	45159					
應力光學係數 ($\text{nm}\cdot\text{Mpa}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)	2.986	3.005	3.008				
近似假想溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	767	768	778	793	773	772	770
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)		925		979	973	967	967
在 410°C 下歷時 1 小		34		30	30	29	29

實例編號	36	37	38	39	40	41	42
時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	903	928	934	980	978	975	948
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	46	46	46	42	41	41	41
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	15-20	10-15	15-20	15-20	15-20	15-20	10-15
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)		923	943	930	934	927	925
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)		54	53	53	51	51	51
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)		920		949	948	943	941
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)		59		59	57	57	57
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)				15-20	15-20	15-20	10-15
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 $DFSM DOL \sim 1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$		4.1E-10		3.2E-10	3.2E-10	3.0E-10	3.0E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 $DFSM DOL \sim 1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.7E-10	3.7E-10	3.1E-10	3.0E-10	3.0E-10	3.0E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 $DFSM DOL \sim 1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$		3.4E-10	3.3E-10	3.3E-10	3.1E-10	3.1E-10	3.1E-10
在 410°C 下歷時 4 小時之 $DFSM DOL \sim 1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$		3.1E-10		3.1E-10	2.9E-10	2.9E-10	2.9E-10

實例編號	43	44	45	46	47	48	49
以莫耳%計之 SiO_2	60.4	60.2	60.1	60.0	59.9	60.1	59.3
以莫耳%計之 Al_2O_3	15.5	15.6	15.6	15.6	15.7	15.6	15.3
以莫耳%計之 P_2O_5	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.7
以莫耳%計之 Na_2O	15.9	16.0	16.0	16.0	16.1	16.1	16.5
以莫耳%計之 MgO	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M_2O_3)/ R_xO	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.79
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_2O)/(M_2O_3)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.37	1.46
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_xO)/(M_2O_3)	1.54	1.55	1.55	1.54	1.54	1.55	1.65
以重量%計之 SiO_2	51.5	51.3	51.2	51.1	51.0	51.2	50.2
以重量%計之 Al_2O_3	22.4	22.5	22.6	22.6	22.7	22.5	22.0
以重量%計之 P_2O_5	10.1	10.2	10.2	10.2	10.3	10.4	11.4
以重量%計之 Na_2O	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	14.5
以重量%計之 MgO	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO_2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm^3)	2.423	2.424	2.425	2.424	2.424	2.423	2.424
分子體積 (cm^3/mol)	29.09	29.10	29.10	29.11	29.14	29.14	29.27
應變點 ($^{\circ}\text{C}$)	628	629	633	630	629	615	603
退火點 ($^{\circ}\text{C}$)	680	680	680	681	680	664	651
軟化點 ($^{\circ}\text{C}$)	954	952.8	956.5	953.3	953	944.5	929.6
在 200P 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1684	1678	1676	1681	1678	1681	1665
在 35 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1257	1245	1248	1249	1251	1242	1225
在 160 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	1171	1160		1163	1166	1158	1141
液相溫度 ($^{\circ}\text{C}$)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 ($^{\circ}\text{C}$)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 ($\text{nm}\cdot\text{Mpa}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)							
近似假想溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	770	769	765	770	769	752	737
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	975	964	992				

實例編號	43	44	45	46	47	48	49
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	29	29	27				
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	960	955	990	945	948	939	905
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	41	40	38	38	38	38	39
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	25-30	25-30	>20	>20	>20	15-20	10-15
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	930	933	970				
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	50	50	53				
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	948	940					
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)	56	56					
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	25-30	20-25					
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.0E-10	3.0E-10	2.6E-10				
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.0E-10	2.8E-10	2.6E-10	2.6E-10	2.6E-10	2.6E-10	2.7E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.0E-10	3.0E-10	3.3E-10				
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	2.8E-10	2.8E-10					
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	43	44	45	46	47	48	49
時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt)^0.5							

實例編號	50	51	52	53	54	55	56
以莫耳%計之 SiO ₂	61.8	56.9	60.1	60.2	60.1	61.1	61.0
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	13.5	13.4	15.0	15.4	15.2	14.6	14.9
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.0	10.0	6.0	5.4	5.7	5.4	5.5
以莫耳%計之 Na ₂ O	19.5	19.6	15.7	15.9	15.9	15.2	15.5
以莫耳%計之 MgO	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.69	0.68	0.80	0.81	0.80	0.78	0.80
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.82	2.21	1.44	1.38	1.42	1.41	1.41
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.82	2.21	1.64	1.58	1.62	1.65	1.62
以重量%計之 SiO ₂	52.9	46.0	50.9	51.2	50.9	52.2	51.9
以重量%計之 Al ₂ O ₃	19.5	18.4	21.6	22.2	21.9	21.2	21.5
以重量%計之 P ₂ O ₅	10.1	19.1	11.9	10.7	11.3	10.9	11.0
以重量%計之 Na ₂ O	17.2	16.3	13.7	13.9	13.9	13.4	13.6
以重量%計之 MgO	0.0	0.0	1.7	1.7	1.7	2.0	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.426	2.408	2.413	2.419	2.416	2.415	2.415
分子體積 (cm ³ /mol)	28.96	30.85	29.45	29.23	29.34	29.10	29.21
應變點 (°C)	574	522	626	637	630	649	639
退火點 (°C)	625	568	679	688	681	701	689
軟化點 (°C)	872.9	825.1	947.3	955.1	949.9	969.4	961
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1651	1587	1686	1679	1684	1678	1698
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1162	1126	1248	1253	1248	1248	1256
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1075	1040	1162	1169	1163	1163	1172
液相溫度 (°C)	990	915	1000				
液相黏度 (P)	9.59E+05	2.61E+06	6.34E+06				
鉛石毀壞溫度 (°C)	1235	>1245	1275	>1270		>1300	
鉛石毀壞黏度 (P)	11856	<6194	22653	<26470		<15377	
應力光學係數			3.069	3.107	2.986	3.089	3.064

實例編號	50	51	52	53	54	55	56
($\text{nm} \cdot \text{Mpa}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$)							
近似假想溫度 (°C)	710	650	769	776	769	790	777
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)			850	891	870	852	867
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)			47	37	38	37	38
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	501	496	857	873	848	841	829
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	90	88	52	49	52	50	50
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	>20	20-30	>20	>20	>20	10-15
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)			842	863	834	836	832
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)			59	64	63	63	64
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)			828	859	842	826	835
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)			70	72	70	73	72
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$			7.8E-10	4.9E-10	5.1E-10	4.9E-10	5.1E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	1.4E-09	1.4E-09	4.8E-10	4.3E-10	4.8E-10	4.4E-10	4.4E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~			4.1E-10	4.8E-10	4.7E-10	4.7E-10	4.8E-10

實例編號	50	51	52	53	54	55	56
1.4*2*(Dt)^0.5							
在 410℃下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt)^0.5			4.3E-10	4.6E-10	4.3E-10	4.7E-10	4.6E-10
在 410℃下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt)^0.5							

實例編號	57	58	59	60	61	62	63
以莫耳%計之 SiO ₂	60.2	60.2	60.3	60.4	60.3	60.4	60.2
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.0	15.3	15.1	15.5	15.3	15.4	15.1
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.5	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.6	15.4	15.1	15.4	15.3	15.4	15.2
以莫耳%計之 MgO	3.5	3.0	3.6	2.5	3.1	2.8	3.4
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.78	0.83	0.81	0.86	0.83	0.85	0.81
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.41	1.40	1.39	1.38	1.39	1.38	1.40
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.65	1.59	1.63	1.54	1.59	1.56	1.63
以重量%計之 SiO ₂	51.3	50.9	51.1	50.9	51.0	50.9	50.9
以重量%計之 Al ₂ O ₃	21.7	21.9	21.7	22.2	21.9	22.1	21.7
以重量%計之 P ₂ O ₅	11.0	11.9	11.7	11.8	11.8	11.8	11.9
以重量%計之 Na ₂ O	13.8	13.4	13.2	13.4	13.3	13.4	13.3
以重量%計之 MgO	2.0	1.7	2.0	1.4	1.7	1.6	1.9
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.42	2.41	2.42	2.41	2.42	2.41	2.41
分子體積 (cm ³ /mol)	29.13	29.49	29.32	29.57	29.43	29.50	29.41
應變點 (℃)	647	627	634	624	627	625	627
退火點 (℃)	697	682	684	680	680	679	679
軟化點 (℃)	962.8	952	959.1	954.6	951	951.6	954.9
在 200P 黏度下之溫度 (℃)	1677	1728	1679	1693	1685	1687	1673
在 35 kP 黏度下之溫度 (℃)	1247	1257	1246	1259	1253	1257	1235
在 160 kP 黏度下之溫度 (℃)	1163	1173	1160	1173	1168	1171	1151

實例編號	57	58	59	60	61	62	63
液相溫度 (°C)			1090				
液相黏度 (P)			6.79E+05				
銼石毀壞溫度 (°C)			1265				>1250
銼石毀壞黏度 (P)			25644				<27583
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.046		3.092		3.085		3.037
近似假想溫度 (°C)	784	776	778	779	779	773	787
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	883						
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	37						
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	870	879	910	878	869	885	885
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	52	46	45	47	50	46	45
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	30-40	30-40	30-40	20-30	20-30	30-40
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)	861						
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)	63						
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)	853						
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)	71						
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt) ^{0.5}	4.9E-10						

實例編號	57	58	59	60	61	62	63
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.8E-10	3.8E-10	3.6E-10	3.9E-10	4.4E-10	3.7E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.7E-10						
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.5E-10						
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	64	65	66	67	68	69	70
以莫耳%計之 SiO ₂	59.9	60.0	60.1	60.1	60.2	60.2	57.1
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.5	15.3	15.5	15.2	15.4	15.0	17.5
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.4	5.3	3.6	5.6	5.8	5.8	6.8
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.9	15.6	15.5	15.4	15.4	15.2	18.4
以莫耳%計之 MgO	3.1	3.6	3.1	3.6	3.0	3.6	0.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.81	0.80	0.83	0.80	0.83	0.80	0.95
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.38	1.37	1.24	1.38	1.39	1.40	1.44
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.58	1.60	1.44	1.61	1.58	1.63	1.45
以重量%計之 SiO ₂	50.9	51.2	53.1	51.1	50.9	51.2	46.8
以重量%計之 Al ₂ O ₃	22.3	22.1	23.1	21.9	22.0	21.7	24.2
以重量%計之 P ₂ O ₅	10.8	10.7	7.6	11.2	11.7	11.6	13.2
以重量%計之 Na ₂ O	14.0	13.7	14.1	13.5	13.5	13.3	15.5
以重量%計之 MgO	1.8	2.1	1.8	2.0	1.7	2.0	0.0
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.419	2.421	2.417	2.419	2.415	2.416	2.41
分子體積 (cm ³ /mol)	29.23	29.12	28.17	29.23	29.43	29.29	30.41
應變點 (°C)	637	640	631	638	629	634	619
退火點 (°C)	689	689	683	687	681	684	679
軟化點 (°C)	958	962.4	956.3	962.4	954.1	959.7	953.7
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1680	1670	1675	1665	1681	1676	1680

實例編號	64	65	66	67	68	69	70
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1253	1249	1245	1240	1253	1247	1246
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1168	1165	1159	1155	1167	1162	1165
液相溫度 (°C)							855
液相黏度 (P)							1.99E+09
鉛石毀壞溫度 (°C)							1225
鉛石毀壞黏度 (P)							50768
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)							2.997
近似假想溫度 (°C)	778	776	773	774	771	772	776
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)							808
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)							43
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							>50
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	929	925	914	914	898	900	
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	48	47	49	48	50	48	
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	>20	>20	>20	>20	>20	
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							

實例編號	64	65	66	67	68	69	70
時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							6.6E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.1E-10	3.9E-10	4.3E-10	4.1E-10	4.4E-10	4.1E-10	
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	71	72	73	74	75	76	77
以莫耳%計之 SiO ₂	56.4	55.5	56.2	56.3	57.4	57.3	56.4
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	17.4	17.4	16.5	14.5	16.6	14.5	16.5
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	8.0	8.9	8.0	7.9	7.0	6.9	7.9
以莫耳%計之 Na ₂ O	18.1	18.0	18.1	18.0	17.8	18.1	19.0
以莫耳%計之 MgO	0.1	0.1	1.0	3.1	1.0	3.0	0.0
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.96	0.97	0.86	0.69	0.88	0.69	0.87
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.50	1.54	1.59	1.79	1.50	1.72	1.62
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.50	1.55	1.65	2.00	1.56	1.93	1.62
以重量%計之 SiO ₂	45.6	44.4	45.8	46.7	47.3	48.0	45.9
以重量%計之 Al ₂ O ₃	23.9	23.7	22.8	20.4	23.2	20.6	22.8
以重量%計之 P ₂ O ₅	15.2	16.8	15.4	15.5	13.6	13.8	15.1
以重量%計之 Na ₂ O	15.1	14.9	15.2	15.4	15.2	15.6	16.0
以重量%計之 MgO	0.0	0.0	0.6	1.7	0.5	1.7	0.0
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.41	2.41	2.42	2.43	2.42	2.43	2.42
分子體積 (cm ³ /mol)	30.82	31.19	30.54	29.86	30.16	29.49	30.58
應變點 (°C)	603	591	586	571	601	588	586

實例編號	71	72	73	74	75	76	77
退火點 (°C)	661	648	642	619	658	634	642
軟化點 (°C)	932.5	916.5	909.5	877.4	928.3	900.7	906.5
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1653	1660	1641	1603	1660	1616	1644
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1227	1224	1214	1171	1233	1183	1212
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1142	1138	1128	1086	1148	1098	1126
液相溫度 (°C)	800						
液相黏度 (P)	2.74E+09						
鉛石毀壞溫度 (°C)	1265						
鉛石毀壞黏度 (P)	18914						
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.038		3.005	2.998	2.992	2.977	
近似假想溫度 (°C)	756	742	735	703	752	717	734
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	888			734	816	809	
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	43			44	49	45	
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	40-50						
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)		731	706	706	804	775	711
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)		62	62	60	58	59	68
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)		>40	>40	>20	30-40	>20	>20
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							

實例編號	71	72	73	74	75	76	77
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	6.6E-10			6.9E-10	8.5E-10	7.2E-10	
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$		6.9E-10	6.8E-10	6.4E-10	5.9E-10	6.2E-10	8.3E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	78	79	80	81	82	83	84
以莫耳%計之 SiO ₂	56.3	57.2	57.6	50.4	56.4	55.9	55.4
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.5	16.5	15.5	19.8	18.1	18.1	18.1
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	7.9	6.9	6.8	9.8	7.2	7.7	7.7
以莫耳%計之 Na ₂ O	20.0	19.1	20.0	19.9	18.2	18.2	18.1
以莫耳%計之 MgO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.78	0.86	0.78	0.99	0.99	0.99	0.96
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.80	1.58	1.73	1.50	1.41	1.43	1.43
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.80	1.58	1.73	1.50	1.41	1.43	1.46
以重量%計之 SiO ₂	46.1	47.0	47.7	39.4	45.8	45.2	44.9
以重量%計之 Al ₂ O ₃	21.5	23.0	21.7	26.3	24.9	24.8	24.8
以重量%計之 P ₂ O ₅	15.3	13.5	13.3	18.1	13.9	14.7	14.7
以重量%計之 Na ₂ O	16.9	16.2	17.0	16.0	15.2	15.1	15.1
以重量%計之 MgO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

實例編號	78	79	80	81	82	83	84
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.42	2.42	2.43	2.42	2.41	2.41	2.42
分子體積 (cm ³ /mol)	30.36	30.22	29.94	31.72	30.65	30.81	30.74
應變點 (°C)	572	601	582	588	617	610	607
退火點 (°C)	624	658	634	644	676	670	664
軟化點 (°C)	879.4	924.2	888.5	904	951.4	947.1	939.1
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1623	1659	1634	1603	1672	1660	1664
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1180	1224	1190	1192	1254	1250	1233
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1093	1138	1104	1111	1170	1166	1152
液相溫度 (°C)					865	800	
液相黏度 (P)					5.74E+08	5.51E+09	
鉛石毀壞溫度 (°C)					1215	1245	
鉛石毀壞黏度 (P)					69204	38105	
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	2.97		2.935	2.999	3.051	3.028	3.044
近似假想溫度 (°C)	692	751	699	716	750	750	740
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	694		750	796	909	887	843
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	64		60	46	41	42	41
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)				30-40	>50	>50	
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	680	751	732	749			837
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	81	66	75	63			56
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>20	>20	>30	30-40			>40
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							

實例編號	78	79	80	81	82	83	84
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	1.5E-09		1.3E-09	7.5E-10	6.0E-10	6.3E-10	6.0E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	1.2E-09	7.8E-10	1.0E-09	7.0E-10			5.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	85	86	87	88	89	90	91
以莫耳%計之 SiO ₂	58.3	58.3	58.6	58.3	58.4	58.4	59.2
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.8	15.6	15.4	15.6	15.4	15.1	15.3
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.8	6.7	6.7	6.8	6.7	6.7	6.8
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.9	15.7	15.2	15.6	15.4	15.1	15.5
以莫耳%計之 MgO	3.1	3.0	3.1	3.5	3.5	3.5	3.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.5	0.9	0.0	0.5	1.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.83	0.81	0.80	0.81	0.79	0.77	0.82
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.43	1.43	1.42	1.44	1.44	1.45	1.45
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.63	1.66	1.68	1.67	1.70	1.75	1.66
以重量%計之 SiO ₂	48.6	48.6	48.9	48.8	48.8	48.9	49.5
以重量%計之 Al ₂ O ₃	22.4	22.1	21.9	22.1	21.8	21.5	21.7
以重量%計之 P ₂ O ₅	13.4	13.2	13.1	13.4	13.3	13.3	13.4

實例編號	85	86	87	88	89	90	91
以重量%計之 Na ₂ O	13.6	13.5	13.1	13.5	13.3	13.1	13.4
以重量%計之 MgO	1.7	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.1	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.42	2.42	2.43	2.42	2.42	2.43	2.41
分子體積 (cm ³ /mol)	29.81	29.70	29.62	29.72	29.63	29.52	29.78
應變點 (°C)	612	614	611	615	614	616	612
退火點 (°C)	664	666	661	666	663	664	666
軟化點 (°C)	932.6	935.5	928.4	934	932.5	932.8	942.5
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1660	1656	1654	1655	1651	1650	1675
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1235	1231	1226	1232	1227	1220	1244
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1150	1147	1141	1147	1143	1136	1158
液相溫度 (°C)							975
液相黏度 (P)							1.07E+07
鉛石毀壞溫度 (°C)							>1300
鉛石毀壞黏度 (P)							<14599
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.109	3.112	3.069	3.049	3.082	3.021	3.03
近似假想溫度 (°C)	753	755	748	754	749	749	758
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)							873
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)							33
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	861	862	861	850	881	874	853
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	49	47	46	47	46	45	45
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>40	>40	>40	>40	>40	>40	>50
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							

實例編號	85	86	87	88	89	90	91
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							3.9E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	4.3E-10	3.9E-10	3.7E-10	3.9E-10	3.7E-10	3.6E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	92	93	94	95	96	97	98
以莫耳%計之 SiO ₂	59.2	59.3	59.3	59.3	59.2	59.3	58.4
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.0	14.8	15.1	14.8	14.6	15.1	16.0
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.8
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.2	14.9	15.1	14.9	14.8	15.2	15.9
以莫耳%計之 MgO	3.1	3.0	3.5	3.6	3.6	3.6	2.7
以莫耳%計之 ZnO	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.80	0.78	0.81	0.78	0.75	0.80	0.86
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.46	1.47	1.45	1.46	1.48	1.45	1.41

實例編號	92	93	94	95	96	97	98
以莫耳%計之($P_2O_5 + R_xO$)/(M_2O_3)	1.71	1.74	1.69	1.74	1.80	1.69	1.58
以重量%計之 SiO_2	49.6	49.6	49.7	49.8	49.7	49.9	48.7
以重量%計之 Al_2O_3	21.3	21.0	21.5	21.1	20.7	21.5	22.7
以重量%計之 P_2O_5	13.4	13.4	13.5	13.4	13.4	13.3	13.3
以重量%計之 Na_2O	13.2	12.9	13.1	12.9	12.8	13.2	13.7
以重量%計之 MgO	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
以重量%計之 ZnO	0.6	1.1	0.0	0.6	1.1	0.0	0.0
以重量%計之 SnO_2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm^3)	2.43	2.41	2.41	2.42	2.43	2.411	2.414
分子體積 (cm^3/mol)	29.61	29.79	29.71	29.59	29.48	29.64	29.87
應變點 ($^{\circ}C$)	615	613	617	620	620	616	612
退火點 ($^{\circ}C$)	669	663	668	671	669	669	666
軟化點 ($^{\circ}C$)	936.3	934.5	939.7	938.2	942.5	940.7	940.2
在 200P 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1667	1666	1663	1670	1657	1666	1661
在 35 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1241	1234	1233	1235	1216	1240	1243
在 160 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1156	1148	1147	1151	1133	1153	1158
液相溫度 ($^{\circ}C$)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 ($^{\circ}C$)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 ($nm \cdot Mpa^{-1} \cdot mm^{-1}$)	3.067	3.117	3.08	3.115	3.091		
近似假想溫度 ($^{\circ}C$)	760	751	757	759	756	760	758
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)						864	896
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之層深度 (mm)						29	30
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	831	844	832	850	838	870	889
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	46	44	45	47	44	43	42
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始	>40	>40	>40	>40	>40	40-50	>50

實例編號	92	93	94	95	96	97	98
負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$						3.0E-10	3.2E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.4E-10	3.6E-10	3.9E-10	3.4E-10	3.3E-10	3.1E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							

實例編號	99	100	101	102	103	104	105
以莫耳%計之 SiO ₂	58.2	59.4	56.6	56.3	59.9	60.5	60.9
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	15.6	16.0	16.0	16.1	15.1	15.1	15.0
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.8	6.8	7.6	7.7	6.8	6.8	6.8
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.8	16.0	15.9	16.2	15.1	15.0	15.1
以莫耳%計之 MgO	3.6	1.7	3.7	3.6	3.1	2.6	2.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

實例編號	99	100	101	102	103	104	105
以莫耳%計之 (M_2O_3)/ R_xO	0.80	0.90	0.82	0.81	0.83	0.86	0.88
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_2O)/(M_2O_3)	1.45	1.43	1.47	1.48	1.45	1.44	1.46
以莫耳%計之(P_2O_5 + R_xO)/(M_2O_3)	1.68	1.53	1.70	1.71	1.66	1.61	1.59
以重量%計之 SiO_2	48.7	49.3	46.8	46.5	50.2	50.7	50.9
以重量%計之 Al_2O_3	22.1	22.6	22.5	22.6	21.4	21.4	21.3
以重量%計之 P_2O_5	13.4	13.3	14.9	15.0	13.5	13.4	13.5
以重量%計之 Na_2O	13.6	13.8	13.6	13.8	13.0	13.0	13.0
以重量%計之 MgO	2.0	1.0	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm^3)	2.415	2.406	2.417	2.417	2.405	2.4	2.396
分子體積 (cm^3/mol)	29.70	30.05	30.04	30.08	29.78	29.87	29.98
應變點 ($^{\circ}C$)	612	613	596	598	607	607	613
退火點 ($^{\circ}C$)	664	671	649	652	663	663	671
軟化點 ($^{\circ}C$)	937.7	951.1	918.5	919.9	945.2	949.4	955.8
在 200P 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1658	1698	1631	1637	1682	1695	1709
在 35 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1235	1262	1215	1219	1251	1262	1271
在 160 kP 黏度下之溫度 ($^{\circ}C$)	1150	1176	1131	1135	1164	1174	1182
液相溫度 ($^{\circ}C$)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 ($^{\circ}C$)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 ($nm \cdot Mpa^{-1} \cdot mm^{-1}$)							
近似假想溫度 ($^{\circ}C$)	754	767	739	743	758	759	768
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	895	889	855	853	839	823	817
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	29	32	28	28	30	31	31
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始 負載 (kgf)							
在 $410^{\circ}C$ 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	890	843	865	856	846	820	803

實例編號	99	100	101	102	103	104	105
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	43	49	41	42	44	45	46
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>50	>50	>50	>50	40-50	40-50	40-50
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$	3.0E-10	3.6E-10	2.8E-10	2.8E-10	3.2E-10	3.4E-10	3.4E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$	3.3E-10	4.3E-10	3.0E-10	3.1E-10	3.4E-10	3.6E-10	3.7E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4*2*(Dt)^{0.5}$							

實例編號	106	107	108	109	110	111	112	113
以莫耳%計之 SiO ₂	56.8	55.8	55.7	55.9	56.0	55.8	55.8	59.9
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	17.9	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	15.7
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	7.2	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.8	5.4
以莫耳%計之 Na ₂ O	17.9	16.1	16.3	16.6	16.6	17.0	17.0	16.2

實例編號	106	107	108	109	110	111	112	113
以莫耳%計之 MgO	0.1	2.0	0.1	1.5	0.1	1.3	0.1	2.6
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	2.0	0.0	1.4	0.0	1.2	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.99	0.99	0.98	0.99	1.00	0.99	0.98	0.83
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.40	1.33	1.34	1.35	1.35	1.37	1.38	1.38
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.41	1.44	1.45	1.44	1.43	1.44	1.45	1.55
以重量%計之 SiO ₂	46.3	45.3	44.8	45.3	45.1	45.3	44.9	50.7
以重量%計之 Al ₂ O ₃	24.7	24.9	24.6	24.8	24.6	24.8	24.6	22.5
以重量%計之 P ₂ O ₅	13.9	14.9	14.7	14.8	14.6	14.8	14.8	10.9
以重量%計之 Na ₂ O	15.0	13.5	13.5	13.9	13.8	14.2	14.1	14.2
以重量%計之 MgO	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0	1.5
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	2.1	0.0	1.6	0.0	1.4	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.409	2.411	2.436	2.411	2.430	2.411	2.427	2.419
分子體積 (cm ³ /mol)	30.63	30.69	30.69	30.71	30.70	30.72	30.74	29.34
應變點 (°C)	617	621	609	618	604	617	613	629
退火點 (°C)	677	679	666	676	663	676	671	684
軟化點 (°C)	956.5	950.7	935.8	949.4	939	949.5	941.5	953
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1673	1651	1650	1655	1659	1661	1681	1681
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1259	1247	1238	1247	1242	1250	1256	1256
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1174	1164	1154	1164	1161	1167	1171	1171
液相溫度 (°C)								
液相黏度 (P)								
鋤石毀壞溫度 (°C)								
鋤石毀壞黏度 (P)								
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)		3.088	3.118	3.127	3.183	3.036	3.124	3.147
近似假想溫度 (°C)	775	751	742	755	736	751	745	775
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)		869	916	912	921	899	922	969
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)		29	29	32	32	33	32	30
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始								

實例編號	106	107	108	109	110	111	112	113
負載 (kgf)								
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	854	884	895	892	901	868	889	933
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	59	42	44	46	46	49	49	46
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	20-30
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)								
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)								
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)								
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)								
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)								
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)								
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)								
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$		3.0E-10	3.0E-10	3.6E-10	3.6E-10	3.9E-10	3.6E-10	3.2E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	6.2E-10	3.1E-10	3.4E-10	3.7E-10	3.7E-10	4.3E-10	4.3E-10	3.7E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$								
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$								
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$								

實例編號	114	115	116	117	118	119	120
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

實例編號	114	115	116	117	118	119	120
以莫耳%計之 SiO ₂	59.2	58.4	57.9	57.1	56.5	56.8	57.4
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	16.1	16.5	16.8	17.2	17.6	16.8	16.6
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	5.8	6.2	6.5	6.9	7.3	7.1	7.1
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.6	17.0	17.3	17.7	18.0	17.1	16.7
以莫耳%計之 MgO	2.2	1.7	1.3	0.9	0.5	2.1	2.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.88	0.88
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.39	1.40	1.42	1.43	1.44	1.44	1.43
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.53	1.51	1.49	1.48	1.47	1.56	1.56
以重量%計之 SiO ₂	49.7	48.7	47.9	46.9	46.0	46.8	47.4
以重量%計之 Al ₂ O ₃	22.9	23.3	23.6	24.0	24.4	23.5	23.3
以重量%計之 P ₂ O ₅	11.5	12.2	12.8	13.5	14.0	13.8	13.8
以重量%計之 Na ₂ O	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	14.5	14.2
以重量%計之 MgO	1.2	1.0	0.7	0.5	0.3	1.1	1.2
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.418	2.415	2.416	2.416	2.414	2.419	2.415
分子體積 (cm ³ /mol)	29.58	29.86	30.07	30.30	30.54	30.14	30.14
應變點 (°C)	624	618	616	616	615	609	610
退火點 (°C)	681	677	675	674	674	666	666
軟化點 (°C)	954.9	950.5	948.1	947.9	949.3	930.8	940.6
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1680	1673	1676	1670	1667	1654	1660
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1257	1253	1254	1250	1249	1235	1240
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1171	1168	1169	1166	1164	1151	1156
液相溫度 (°C)		955					
液相黏度 (P)		2.67E+07					
鉛石毀壞溫度 (°C)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.038	3.050	3.080	3.004	3.093		
近似假想溫度 (°C)	764	750	745	765	747	746	741
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	942	953	918	899	888	921	900

實例編號	114	115	116	117	118	119	120
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	30	31	34	36	38	34	34
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)		>50					
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	945	924	901	868	853	913	895
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	46	47	50	54	50	46	45
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	20-30	>50	>50	>40	>50	>50	30-40
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.2E-10	3.4E-10	4.1E-10	4.6E-10	5.1E-10	4.1E-10	4.1E-10
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.9E-10	4.4E-10	5.2E-10	4.4E-10	3.7E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	114	115	116	117	118	119	120
時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$							

實例編號	121	122	123	124	125	126	127
以莫耳%計之 SiO ₂	57.9	57.0	57.4	58.0	59.0	58.9	58.9
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	16.4	16.7	16.6	16.2	15.5	15.7	16.0
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	7.1	7.3	7.3	7.4	6.4	6.5	6.4
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.5	16.7	16.5	16.3	15.4	15.7	16.0
以莫耳%計之 MgO	2.1	2.0	2.0	2.0	3.5	3.0	2.5
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.88	0.89	0.89	0.88	0.82	0.84	0.86
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.44	1.43	1.44	1.46	1.41	1.41	1.40
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.56	1.56	1.57	1.59	1.64	1.60	1.56
以重量%計之 SiO ₂	47.8	46.9	47.2	47.8	49.6	49.4	49.2
以重量%計之 Al ₂ O ₃	23.0	23.4	23.1	22.6	22.1	22.4	22.7
以重量%計之 P ₂ O ₅	13.8	14.2	14.3	14.4	12.8	12.8	12.7
以重量%計之 Na ₂ O	14.0	14.2	14.0	13.8	13.4	13.6	13.8
以重量%計之 MgO	1.1	1.1	1.1	1.1	2.0	1.7	1.4
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.411	2.415	2.412	2.409	2.415	2.414	2.413
分子體積 (cm ³ /mol)	30.16	30.26	30.27	30.26	29.59	29.70	29.79
應變點 (°C)	609	607	607	605	617	612	613
退火點 (°C)	667	663	663	662	669	666	669
軟化點 (°C)	941.6	937.7	936.6	940.1	940.6	941.4	948.7
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1670	1658	1661	1665	1666	1669	1677
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1247	1238	1241	1244	1241	1244	1250
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1161	1154	1156	1159	1156	1159	1165
液相溫度 (°C)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 (°C)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數					3.056	3.038	3.055

實例編號	121	122	123	124	125	126	127
($\text{nm} \cdot \text{Mpa}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$)							
近似假想溫度 (°C)	742	742	739	730	765	755	754
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)	885	889	876	857			
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)	34	35	34	35			
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	874	870	861	838	907	889	896
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	46	47	47	47	43	44	45
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>50	>50	>50	40-50	40-50	30-40	40-50
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	4.1E-10	4.3E-10	4.1E-10	4.3E-10			
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \cdot 2 \cdot (Dt)^{0.5}$	3.7E-10	3.9E-10	3.9E-10	3.9E-10	3.3E-10	3.4E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~							

實例編號	121	122	123	124	125	126	127
1.4*2*(Dt)^0.5							
在 410℃ 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt)^0.5							
在 410℃ 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt)^0.5							

實例編號	128	129	130	131	132	133	134
以莫耳%計之 SiO ₂	58.2	57.8	57.9	56.8	56.9	56.9	56.8
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	16.1	16.5	16.3	16.5	16.8	17.0	17.5
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.3	6.5	6.4	6.5	6.4	6.4	6.4
以莫耳%計之 Na ₂ O	15.9	16.5	16.3	16.5	16.8	17.1	17.1
以莫耳%計之 MgO	3.5	2.6	3.0	3.6	3.1	2.5	2.0
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 CaO	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.83	0.86	0.84	0.82	0.84	0.86	0.91
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.38	1.39	1.39	1.40	1.38	1.38	1.34
以莫耳%計之(P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.60	1.55	1.58	1.62	1.56	1.53	1.46
以重量%計之 SiO ₂	48.8	48.2	48.3	47.5	47.4	47.3	47.0
以重量%計之 Al ₂ O ₃	22.9	23.4	23.1	23.3	23.8	24.0	24.6
以重量%計之 P ₂ O ₅	12.5	12.7	12.7	12.8	12.5	12.5	12.5
以重量%計之 Na ₂ O	13.7	14.2	14.0	14.2	14.4	14.6	14.6
以重量%計之 MgO	1.9	1.4	1.7	2.0	1.7	1.4	1.1
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.421	2.419	2.420	2.426	2.426	2.424	2.420
分子體積 (cm ³ /mol)	29.58	29.82	29.72	29.64	29.70	29.81	30.00
應變點 (°C)	615	616	616	615	615	623	624
退火點 (°C)	666	671	670	666	669	679	681
軟化點 (°C)	937.8	945.7	941.6	930.6	933.9	949.7	952.4
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1655	1658	1658	1641	1646	1646	1657
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1235	1236	1236	1224	1233	1236	1246
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1152	1154	1154	1141	1151	1152	1162

實例編號	128	129	130	131	132	133	134
液相溫度 (°C)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 (°C)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)	3.021	3.007	3.015				
近似假想溫度 (°C)	763	743	764	760	760	748	748
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始 負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	925	925	927	978	981	975	983
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	43	45	44	40	40	41	41
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始 負載 (kgf)	20-30	30-40	20-30	>30	>30	>30	>30
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始 負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ 1.4*2*(Dt) ^{0.5}							

實例編號	128	129	130	131	132	133	134
在 410℃ 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2^*(Dt)^{0.5}$	3.3E-10	3.6E-10	3.4E-10	2.8E-10	2.8E-10	3.0E-10	3.0E-10
在 410℃ 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2^*(Dt)^{0.5}$							
在 410℃ 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2^*(Dt)^{0.5}$							
在 410℃ 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2^*(Dt)^{0.5}$							

實例編號	135	136	137	138	139	140	141
以莫耳%計之 SiO ₂	57.8	58.8	55.8	55.9	55.8	57.8	56.9
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	17.0	16.5	17.0	18.0	18.1	17.0	16.9
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.4	6.4	7.6	7.7	7.7	6.6	7.0
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.6	16.2	17.3	16.2	16.7	17.2	17.0
以莫耳%計之 MgO	2.0	2.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	0.0	0.0	2.0	2.0	1.5	1.2	2.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.91	0.90	0.88	0.98	0.99	0.92	0.88
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.36	1.37	1.46	1.33	1.35	1.40	1.43
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.48	1.49	1.59	1.45	1.44	1.48	1.55
以重量%計之 SiO ₂	48.0	49.0	45.5	45.2	45.1	47.6	46.7
以重量%計之 Al ₂ O ₃	23.9	23.3	23.5	24.7	24.8	23.8	23.5
以重量%計之 P ₂ O ₅	12.6	12.6	14.7	14.8	14.8	12.8	13.6
以重量%計之 Na ₂ O	14.2	13.9	14.5	13.5	13.9	14.6	14.4
以重量%計之 MgO	1.1	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
以重量%計之 CaO	0.0	0.0	1.5	1.5	1.1	0.9	1.5
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.416	2.410	2.421	2.429	2.419	2.423	2.427
分子體積 (cm ³ /mol)	29.96	29.93	30.46	30.56	30.71	30.09	30.16
應變點 (°C)	619	620	623	607	620	622	615
退火點 (°C)	676	677	680	660	676	679	669
軟化點 (°C)	948.8	957.8	947.1	916.9	944.6	946.4	928
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1673	1684	1638	1652	1650	1674	1656

實例編號	135	136	137	138	139	140	141
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1254	1261	1214	1238	1242	1248	1230
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1171	1176	1130	1156	1157	1163	1147
液相溫度 (°C)							
液相黏度 (P)							
鉛石毀壞溫度 (°C)							
鉛石毀壞黏度 (P)							
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)							
近似假想溫度 (°C)	754	755	730	753	750	749	753
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	953	922	895	898	896	925	906
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	42	42	45	38	43	45	45
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)							
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)							
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)							

實例編號	135	136	137	138	139	140	141
時之層深度 (mm)							
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	3.1E-10	3.1E-10	3.6E-10	2.6E-10	3.3E-10	3.6E-10	3.6E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$							

實例編號	142	143	144	145
以莫耳%計之 SiO ₂	57.5	58.1	58.2	58.4
以莫耳%計之 Al ₂ O ₃	16.7	16.0	16.0	16.0
以莫耳%計之 P ₂ O ₅	6.9	6.2	6.2	6.2
以莫耳%計之 Na ₂ O	16.7	16.0	16.1	16.1
以莫耳%計之 MgO	0.1	3.6	3.4	3.1
以莫耳%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0
以莫耳%計之 SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1
以莫耳%計之 CaO	2.0	0.1	0.0	0.0
以莫耳%計之 (M ₂ O ₃)/R _x O	0.89	0.81	0.82	0.83
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R ₂ O)/(M ₂ O ₃)	1.42	1.39	1.40	1.40
以莫耳%計之 (P ₂ O ₅ + R _x O)/(M ₂ O ₃)	1.54	1.62	1.61	1.59
以重量%計之 SiO ₂	47.3	48.8	48.9	49.0
以重量%計之 Al ₂ O ₃	23.3	22.8	22.8	22.8
以重量%計之 P ₂ O ₅	13.5	12.4	12.3	12.3
以重量%計之 Na ₂ O	14.2	13.9	14.0	14.0
以重量%計之 MgO	0.1	2.0	1.9	1.7
以重量%計之 ZnO	0.0	0.0	0.0	0.0
以重量%計之 SnO ₂	0.2	0.1	0.1	0.1
以重量%計之 CaO	1.5	0.0	0.0	0.0
組成分析	XRF	XRF	XRF	XRF
密度 (g/cm ³)	2.425	2.422	2.421	2.418
分子體積 (cm ³ /mol)	30.12	29.52	29.54	29.61
應變點 (°C)	615	621	619	616

實例編號	142	143	144	145
退火點 (°C)	669	672	671	670
軟化點 (°C)	930.1	938.5	938.9	941.3
在 200P 黏度下之溫度 (°C)	1655	1652	1662	1664
在 35 kP 黏度下之溫度 (°C)	1232	1232	1240	1243
在 160 kP 黏度下之溫度 (°C)	1147	1148	1157	1159
液相溫度 (°C)				
液相黏度 (P)				
鉛石毀壞溫度 (°C)				
鉛石毀壞黏度 (P)				
應力光學係數 (nm·Mpa ⁻¹ ·mm ⁻¹)				
近似假想溫度 (°C)	750	765	772	770
在 410°C 下歷時 1 小時之壓縮應力 (MPa)				
在 410°C 下歷時 1 小時之層深度 (mm)				
在 410°C 下歷時 1 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)				
在 410°C 下歷時 2 小時之壓縮應力 (MPa)	902	961	953	948
在 410°C 下歷時 2 小時之層深度 (mm)	48	40	42	41
在 410°C 下歷時 2 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)	>30	>30	>30	>30
在 410°C 下歷時 3 小時之壓縮應力 (MPa)				
在 410°C 下歷時 3 小時之層深度 (mm)				
在 410°C 下歷時 4 小時之壓縮應力 (MPa)				
在 410°C 下歷時 4 小時之層深度 (mm)				
在 410°C 下歷時 4 小時之維氏裂隙初始負載 (kgf)				

實例編號	142	143	144	145
在 410°C 下歷時 8 小時之壓縮應力 (MPa)				
在 410°C 下歷時 8 小時之層深度 (mm)				
在 410°C 下歷時 1 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$				
在 410°C 下歷時 2 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$	4.1E-10	2.8E-10	3.1E-10	3.0E-10
在 410°C 下歷時 3 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$				
在 410°C 下歷時 4 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$				
在 410°C 下歷時 8 小時之 D FSM DOL ~ $1.4 \times 2 \times (Dt)^{0.5}$				

【0063】 離子交換廣泛地用於化學增強用於消費型電子裝置、汽車應用、電氣用具、架構型組件及需要高抗損傷性等級的其它區域中的玻璃製品。在離子交換製程中，將含有第一金屬離子（例如， Li_2O 、 Na_2O 等中之鹼性陽離子）之玻璃製品至少部分地浸沒於離子交換浴或介質中或另外與該離子交換浴或介質接觸，該離子交換浴或介質含有大於或小於存在於玻璃中之第一金屬離子之第二金屬離子。第一金屬離子自玻璃表面擴散至離子交換浴/介質中，而來自離子交換浴/介質之第二金屬離子將玻璃中之第一金屬離子置換至玻璃表面之下的層深度。較大離子取代玻璃中之較小離子在玻璃表面處產生壓縮應力，然而，較小離子取代玻璃中之較大離子通常在玻璃之表面處產生抗張應力。在一些實施例中，第一

金屬離子及第二金屬離子為單價鹼金屬離子。然而，其它單價金屬離子（諸如 Ag^+ 、 Tl^+ 、 Cu^+ 及類似者）亦可用於離子交換製程中。在 Ag^+ 及 Cu^+ 中之至少一者交換玻璃中之金屬離子的彼等情況下，針對抗病毒及/或抗菌應用，此等玻璃可尤其有用。

【0064】 藉由離子交換增強之玻璃片之部分（亦即，玻璃片之末端未圖示）的橫截面圖示意性地圖示於第 1 圖中。在第 1 圖中所示之非限制實例中，經增強之玻璃片 100 具有厚度 t 、中心部分 130 及實質上彼此平行之第一表面 110 與第二表面 112。壓縮層 120、壓縮層 122 分別自第一表面 110 及第二表面 112 延伸至每一表面下的層 d_1 、 d_2 的深度。壓縮層 120、壓縮層 122 處於壓縮應力之下，而中心部分 130 處於抗張應力之下或受拉伸。中心部分 130 中之抗張應力平衡壓縮層 120、壓縮層 122 中之壓縮應力，從而維持經增強玻璃片 100 內之均衡。在一些實施例中，本文中所述之玻璃及玻璃製品可經離子交換以達成至少約 300 MPa 之壓縮應力及至少約 10 μm 之壓縮層深度。在一些實施例中，本文中所述之玻璃及玻璃製品可經離子交換以達成至少約 500 MPa 之壓縮應力及至少約 40 μm 之壓縮層深度。在一些實施例中，玻璃經離子交換以達成至少約 200 MPa、300 MPa、400 MPa、500 MPa、600 MPa、700 MPa、800 MPa、900 MPa 或 1000 MPa 之壓縮應力。在一些實施例中，玻璃經離子交換以達成至少約 10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 或 110 μm 或更高的層深度。

【0065】 除了高抗損傷性外，本文所述之玻璃可經離子交換以在相對較短時間內達成所要等級之壓縮應力及層之壓縮深度。在 410°C 下於熔融 KNO_3 鹽中離子交換歷時 4 小時之後，（例如）可在該等玻璃中達成具有大於約 700 MPa 之壓縮應力及大於約 $75\text{ }\mu\text{m}$ 之壓縮層深度的壓縮層。在一些實施例中，在約 400°C 、 410°C 、 420°C 、 430°C 、 440°C 、 450°C 、 460°C 、 470°C 、 480°C 、 490°C 、 500°C 、 510°C 、 520°C 、 530°C 、 540°C 或 550°C 或更高溫度下進行離子交換。在一些實施例中，進行離子交換歷時約 0.5 小時、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時、5 小時、6 小時、7 小時、8 小時、9 小時、10 小時或多於 10 個小時。

【0066】 第 2 圖為作為針對表 1 中之試樣 a-f 之壓縮應力之函數的層深度的圖表。0.7 mm 厚的試樣在 700°C 下退火且在 410°C 下於熔融 KNO_3 鹽浴中經離子交換歷時自 1 小時多達 8 小時（第 2 圖中之群組「b-d」）或該試樣在 470°C 下經離子交換歷時六分鐘（第 2 圖中之群組「a」）。在 470°C 下經離子交換歷時六分鐘之試樣展現明顯低於脆弱性限制（亦即，一點，玻璃試樣應該或可能在該點處展現脆弱性行為，由第 2 圖中之線條 1 所指示）的壓縮應力及層深度。在 410°C 下，0.7 mm 厚之試樣達到脆弱性限制所需之離子交換時間略微大於一個小時。在具有較高假想溫度與對應於約 10^{11} 泊之黏度之試樣（亦即，未經退火作為下拉試樣）中，亦將在類似較短時間內滿足脆弱性限制，但壓縮應力將低於經退火試樣中之壓縮應力且層深度將大於經退火試樣中之層深度。經離子交換歷時 1

小時之試樣（群組「b」）展現剛好低於脆弱性限制之壓縮應力及層深度，且經離子交換歷時 4 小時或 8 小時之試樣（分別為群組「c」及群組「d」）展現超過脆弱性限制之壓縮應力及層深度。

【0067】 離子交換本文所述之玻璃之能力可至少部分地歸因於以下事實：該等玻璃具有鉀相互擴散係數及鈉相互擴散係數，該等鉀相互擴散係數及該等鈉相互擴散係數顯著大於其它鹼鋁矽酸鹽玻璃中之鉀相互擴散係數及鈉相互擴散係數，該等其它鹼鋁矽酸鹽玻璃用於抗損傷性（如由玻璃之維氏裂隙初始閾值所表徵）為所需屬性的應用中。在 410°C 下，本文所述之玻璃具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $3.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $4.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 或 $4.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $6.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $7.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $9.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $1.0 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $1.2 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數及在一些實施例中，具有自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $3.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $4.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 或 $4.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $7.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $9.0 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $1.0 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $1.2 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 或 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中之鉀/鈉擴散係數。與該等玻璃相比，在美國專利申請案第 12/858,490 號、第 12/856,840 號及第 12/392,577 號中所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃具有小於 $1.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。

【0068】 實施例包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $[\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ 且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻

璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中， $[M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})] < 1$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含小於 1 莫耳\%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳\%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳\%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳\%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0069】 實施例包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 $0.6 < [M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})] < 1.4$ ，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ 且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中， $0.8 < [M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})] < 1.4$ 。在一些實施例中， $0.8 \leq [M_2O_3(\text{莫耳\%})/R_xO(\text{莫耳\%})] \leq 1.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳\%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳\%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳\%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳\%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及

ZnO。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0070】 另一實施例包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4% 之 P_2O_5 ，其中鹼鋁矽酸鹽玻璃經離子交換到至少約 20 μm 之層深度，其中 $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ ，且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中， $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.0$ 。在一些實施例中， $0.8 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ 。在一些實施例中， $0.8 \leq [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] \leq 1.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 410°C 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0071】 另一實施例包含鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $1.3 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3]$

≤ 2.3 ，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ 且 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物之和。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃在 $410^\circ C$ 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之鉀/鈉相互擴散係數。在一些實施例中，鉀/鈉相互擴散係數在 $410^\circ C$ 下的自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ 高達約 $1.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之範圍中。

【0072】 在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成

之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。

【0073】 在一些實施例中，上述鹼鋁矽酸鹽玻璃經離子交換到至少約 $20\text{ }\mu\text{m}$ 之層深度。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 $40\text{ }\mu\text{m}$ 之層深度。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 500 MPa 之壓縮應力之下。在一些實施例中，壓縮應力至少為 750 MPa 。在一些實施例中，壓縮應力層為自約 500 MPa 至約 2000 MPa 。在一些實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 8 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0074】 實施例包含增強鹼鋁矽酸鹽玻璃之方法，方法包含以下步驟：提供如上述之鹼鋁矽酸鹽玻璃；及將鹼鋁矽酸鹽玻璃浸沒於離子交換浴中歷時多達約 24 小時之時期以形成壓縮層，該壓縮層自鹼鋁矽酸鹽玻璃之表面延伸到至少 $20\text{ }\mu\text{m}$ 之層深度。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $[\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ 且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例中， $[\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 $0.6 < [\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ 且 R_xO 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物與二價陽離子氧化物之和。在一些實施例

中， $0.8 < [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] < 1.4$ 。在一些實施例中， $0.8 \leq [M_2O_3(\text{莫耳}\%)/R_xO(\text{莫耳}\%)] \leq 1.0$ 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $1.3 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.3$ ，其中 $M_2O_3 = Al_2O_3 + B_2O_3$ 且 R_2O 為存在於鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物之和。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 13 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 K_2O 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃包含 0 莫耳%之 B_2O_3 。在一些實施例中，單價陽離子氧化物及二價陽離子氧化物係選自由以下各物組成之群組： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及 ZnO 。

【0075】 在一些實施例中，上述鹼鋁矽酸鹽玻璃經離子交換到至少約 20 μm 之層深度。在一些實施例中，玻璃經離子交換到至少約 40 μm 之層深度。在一些實施例中，鹼鋁矽酸鹽玻璃具有壓縮層，該壓縮層自玻璃之表面延伸至層深度，且其中壓縮層處於至少約 500 MPa 之壓縮應力之下。在一些實

施例中，壓縮應力至少為 750 MPa。在一些實施例中，壓縮應力層為自約 500 MPa 至約 2000 MPa。在一些實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 8 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。在一些實施例中，經離子交換鹼鋁矽酸鹽玻璃具有至少約 12 kgf 之維氏壓痕裂隙初始負載。

【0076】 雖然已為說明之目的闡述典型實施例，但上述描述不應被視為對本揭示案或所附申請專利範圍之範疇之限制。因此，在不背離本揭示案或附隨申請專利範圍之精神及範疇的情況下，熟習此項技術者可想到各種修改、適應或替代。

【符號說明】

【0077】

- 100 玻璃片
- 110 第一表面
- 112 第二表面
- 120 壓縮層
- 122 壓縮層
- 130 中心部分
- d_1 層
- d_2 層

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種鹼鋁矽酸鹽玻璃，該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 ；自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Al_2O_3 ；約 4 莫耳%至約 15 莫耳%之 P_2O_5 ；自約 13 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O ；少於約 4 莫耳%之 B_2O_3 ；及 MgO ，其中：

$$1.3 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3] \leq 2.3 ;$$

其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ ，且 R_2O 為存在於該鹼鋁矽酸鹽玻璃中之單價陽離子氧化物之和，其中該等單價陽離子氧化物係選自由 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 所組成之群組。

2. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該玻璃滿足：

$$1.5 < [(\text{P}_2\text{O}_5 + \text{R}_2\text{O})/\text{M}_2\text{O}_3] \leq 2.0 .$$

3. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，進一步包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。

4. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，進一步包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。

5. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該鹼鋁矽酸鹽玻璃在 410°C 下具有至少約 $2.4 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 之一鉀/鈉相互擴散係數。

6. 如請求項 5 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中在 410℃ 下，該鉀/鈉相互擴散係數在自約 $2.4 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 至達約 $6 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 之一範圍中。
7. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該玻璃經離子交換達至少約 10 μm 之一層深度，其中該玻璃具有一壓縮層，該壓縮層自該玻璃之一表面延伸至該層深度，且其中該壓縮層處於至少約 300 Mpa 之一壓縮應力之下。
8. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該玻璃經離子交換達至少約 10 μm 之一層深度，其中該經離子交換玻璃具有至少約 7 kgf 之一維氏壓痕裂隙初始負載。
9. 如請求項 8 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該經離子交換玻璃具有至少約 12 kgf 之一維氏壓痕裂隙初始負載。
10. 如請求項 1 所述之鹼鋁矽酸鹽玻璃，其中該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 50 莫耳%至約 65 莫耳%之 SiO_2 ；自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4 莫耳%至約 10 莫耳%之 P_2O_5 ；及自約 14 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 。
11. 一種增強一鹼鋁矽酸鹽玻璃之方法，該方法包含以下步驟：

a. 提供請求項 1 之該鹼鋁矽酸鹽玻璃，及

b. 將該鹼鋁矽酸鹽玻璃浸沒於一離子交換浴中歷時達約 24 小時之一時期以形成一壓縮層，該壓縮層自該鹼鋁矽酸鹽玻璃之一表面延伸到至少 10 μm 之一層深度。

12. 如請求項 11 所述之方法，其中該玻璃滿足：

$$1.5 < [(P_2O_5 + R_2O)/M_2O_3] \leq 2.0。$$

13. 如請求項 11 所述之方法，其中該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 K_2O 。

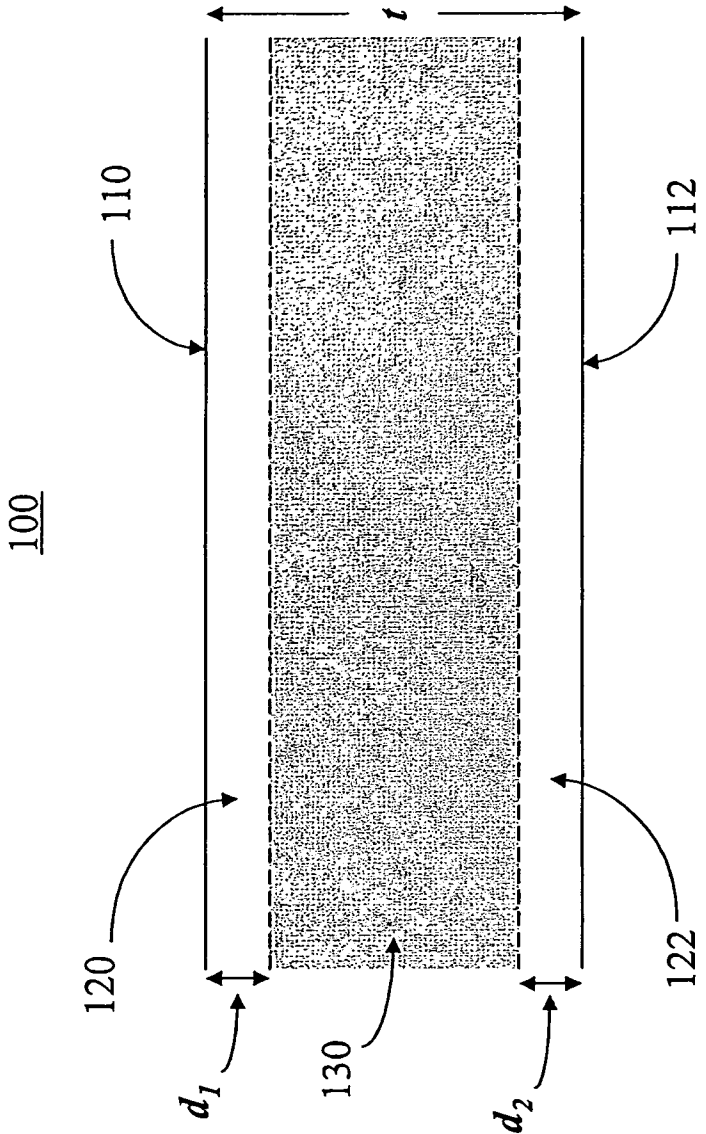
14. 如請求項 11 所述之方法，其中該鹼鋁矽酸鹽玻璃包含少於 1 莫耳%之 B_2O_3 。

15. 如請求項 11 所述之方法，其中該壓縮層處於至少約 300 MPa 之一壓縮應力之下。

16. 如請求項 11 所述之方法，其中該經離子交換玻璃具有至少約 7 kgf 之一維氏壓痕裂隙初始負載。

17. 如請求項 16 所述之方法，其中該經離子交換玻璃具有至少約 12 kgf 之一維氏壓痕裂隙初始負載。

第1圖



第2圖

