



(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 I875284 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：112141990

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 28 日

(51)Int. Cl. : **C03C3/085 (2006.01)** **C03C3/089 (2006.01)**  
**C03C3/083 (2006.01)** **C03C3/095 (2006.01)**  
**H05K5/03 (2006.01)** **G06F1/16 (2006.01)**

(30)優先權：2018/03/29 美國 62/649,958  
2018/05/11 荷蘭 2020914

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

(72)發明人：郭曉菊 GUO, XIAOJU (CN)；雷奇 彼德約瑟夫 LEZZI, PETER JOSEPH (US)；羅建 LUO, JIAN (CN)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201803823A CN 1886348A  
CN 101910079A CN 105916824A

審查人員：李南漳

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：7 共 79 頁

(54)名稱

具有高破裂韌性之玻璃

(57)摘要

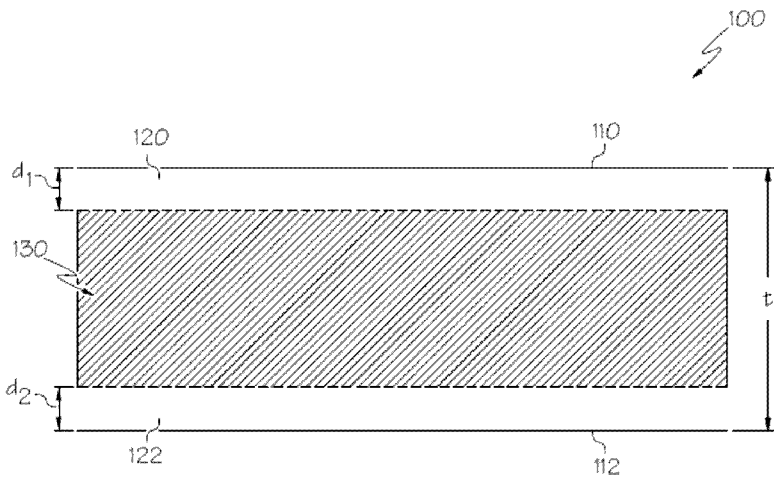
一種玻璃成分，包括：50 莫耳%至 69 莫耳%的  $\text{SiO}_2$ ；12.5 莫耳%至 25 莫耳%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；0 莫耳%至 8 莫耳%的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ；大於 0 莫耳%至 4 莫耳%的  $\text{CaO}$ ；大於 0 莫耳%至 17.5 莫耳%的  $\text{MgO}$ ；0.5 莫耳%至 8 莫耳%的  $\text{Na}_2\text{O}$ ；0 莫耳%至 2.5 莫耳%的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ；及大於 8 莫耳%至 18 莫耳%的  $\text{Li}_2\text{O}$ ，其中  $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$  係從 0.9 至小於 1.3；且  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$  係從大於 23 莫耳%至小於 50 莫耳%。所述玻璃成分的特徵可在於以下至少一者：由人字形短棒法測得之  $K_{1C}$  值為至少 0.75；及由雙重扭轉法測得之  $K_{1C}$  值為至少 0.8。所述玻璃成分為可化學強化的。所述玻璃成分可用於玻璃製品或消費性電子產品。

A glass composition includes: 50 mol% to 69 mol%  $\text{SiO}_2$ ; 12.5 mol% to 25 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% to 8 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; greater than 0 mol% to 4 mol%  $\text{CaO}$ ; greater than 0 mol% to 17.5 mol%  $\text{MgO}$ ; 0.5 mol% to 8 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0 mol% to 2.5 mol%  $\text{La}_2\text{O}_3$ ; and greater than 8 mol% to 18 mol%  $\text{Li}_2\text{O}$ , wherein  $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$  is from 0.9 to less than 1.3; and  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$  is from greater than 23 mol% to less than 50 mol%. The glass composition may be characterized by at least one of the following: a  $K_{1C}$  value measured by a chevron short bar method of at least 0.75; and a  $K_{1C}$  value measured by a double torsion method of at least 0.8. The glass composition is chemically strengthenable. The glass composition may be used in a glass article or a consumer electronic product.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:玻璃
- 110:第一表面
- 112:第二表面
- 120:第一區段
- 122:第二區段
- 130:中央區域
- $d_1$ :深度
- $d_2$ :深度



第 1 圖



I875284

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】具有高破裂韌性之玻璃

【英文發明名稱】GLASSES HAVING HIGH FRACTURE TOUGHNESS

【中文】

一種玻璃成分，包括：50莫耳%至69莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；12.5莫耳%至25莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；0莫耳%至8莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；大於0莫耳%至4莫耳%的 $\text{CaO}$ ；大於0莫耳%至17.5莫耳%的 $\text{MgO}$ ；0.5莫耳%至8莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ；0莫耳%至2.5莫耳%的 $\text{La}_2\text{O}_3$ ；及大於8莫耳%至18莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ，其中 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 係從0.9至小於1.3；且 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ 係從大於23莫耳%至小於50莫耳%。所述玻璃成分的特徵可在於以下至少一者：由人字形短棒法測得之 $K_{IC}$ 值為至少0.75；及由雙重扭轉法測得之 $K_{IC}$ 值為至少0.8。所述玻璃成分為可化學強化的。所述玻璃成分可用於玻璃製品或消費性電子產品。

【英文】

A glass composition includes: 50 mol% to 69 mol%  $\text{SiO}_2$ ; 12.5 mol% to 25 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% to 8 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; greater than 0 mol% to 4 mol%  $\text{CaO}$ ; greater than 0 mol% to 17.5 mol%  $\text{MgO}$ ; 0.5 mol% to 8 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0 mol% to 2.5 mol%  $\text{La}_2\text{O}_3$ ; and greater than 8 mol% to 18 mol%  $\text{Li}_2\text{O}$ , wherein  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  is from 0.9 to less than 1.3; and  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$  is from greater than 23 mol% to less than 50 mol%. The glass composition may be characterized by at least one of the following: a  $K_{IC}$  value measured by a chevron short bar method of at least

0.75; and a  $K_{IC}$  value measured by a double torsion method of at least 0.8. The glass composition is chemically strengthenable. The glass composition may be used in a glass article or a consumer electronic product.

【指定代表圖】第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 玻 璃

1 1 0 第 一 表 面

1 1 2 第 二 表 面

1 2 0 第 一 區 段

1 2 2 第 二 區 段

1 3 0 中 央 區 域

$d_1$  深 度

$d_2$  深 度

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】具有高破裂韌性之玻璃

【英文發明名稱】GLASSES HAVING HIGH FRACTURE TOUGHNESS

【技術領域】

【0001】 本申請案依專利法主張2018年5月11日提申之荷蘭專利申請案第2020914號的優先權，該荷蘭專利申請案主張2018年3月29日提申之美國專利臨時申請案第62/649,958號的優先權，各所述申請案之內容以全文引用方式併入本文。

【0002】 本說明書一般涉及適合用作電子裝置的覆蓋玻璃之玻璃成分。更具體而言，本說明書涉及含鋰的鋁矽酸鹽玻璃，其可以形成為用於電子裝置的覆蓋玻璃。

【先前技術】

【0003】 諸如智慧電話、平板電腦、可攜式媒體播放器、個人電腦和照相機之類的可攜式裝置的行動特性使得這些裝置特別容易意外掉落在諸如地面等硬表面上。這些裝置通常包括覆蓋玻璃，覆蓋玻璃可能在與硬表面碰撞時損壞。在許多這些裝置中，覆蓋玻璃用作顯示器蓋，且可以結合觸控功能，使得當覆蓋玻璃損壞時，裝置的使用受到負面影響。

【0004】 當相關的可攜式裝置掉落在硬表面上時，覆蓋玻璃有兩種主要的破裂模式。其中一種模式是彎曲破裂，這是由於當裝置受到與硬表面衝擊的動態負載時玻璃的彎折引起的。另一種模式是尖銳的接觸破裂，這是由於玻

璃表面的損壞引起的。粗糙硬表面(如瀝青、花崗岩等)對玻璃的衝擊可導致玻璃表面中的尖銳壓痕。這些壓痕成為玻璃表面中的裂縫可能發展和傳播的破裂位置。

【0005】藉由離子交換技術可使玻璃更耐彎曲破裂，離子交換技術涉及在玻璃表面中引起壓縮應力。然而，經離子交換的玻璃仍然易受動態尖銳接觸的影響，這是由於尖銳接觸造成玻璃中的局部壓痕引致的高應力集中。

【0006】玻璃製造商和手持設備製造商持續努力改善手持設備對尖銳接觸破裂的抗性。解決方案的範圍從覆蓋玻璃上的塗層到擋板，當裝置落在硬表面上時，擋板可防止覆蓋玻璃直接撞擊硬表面。然而，由於美學和功能要求的限制，很難完全防止覆蓋玻璃撞擊硬表面。

【0007】也期望可攜式裝置盡可能薄。因此，除了強度之外，還希望在可攜式裝置中用作覆蓋玻璃的玻璃盡可能薄。因此，除了增加覆蓋玻璃的強度之外，還希望玻璃具有允許其由能夠製造薄玻璃製品(如薄玻璃板)的製程形成之機械特性。

【0008】因此，需要一種可被強化的玻璃，例如藉由離子交換，並且具有允許它們形成為薄玻璃製品的機械性質。

#### 【發明內容】

【0009】根據實施例，提供一種玻璃製品。所述玻璃製品包含：50莫耳%至69莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；12.5莫耳%至25莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；0莫耳%至8莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；大於0莫

耳 % 至 4 莫耳 % 的  $\text{CaO}$  ; 大於 0 莫耳 % 至 17.5 莫耳 % 的  $\text{MgO}$  ; 0.5 莫耳 % 至 8 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$  ; 0 莫耳 % 至 2.5 莫耳 % 的  $\text{La}_2\text{O}_3$  ; 及大於 8 莫耳 % 至 18 莫耳 % 的  $\text{Li}_2\text{O}$  。所述玻璃成分的特徵在於  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  從 0.9 至小於 1.3 ; 且  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$  從大於 23 莫耳 % 至小於 50 莫耳 % 。

【0010】 根據實施例，提供一種玻璃製品。所述玻璃製品的中心處之成分包含：50 莫耳 % 至 69 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  ; 12.5 莫耳 % 至 25 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 0 莫耳 % 至 8 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$  ; 大於 0 莫耳 % 至 4 莫耳 % 的  $\text{CaO}$  ; 大於 0 莫耳 % 至 17.5 莫耳 % 的  $\text{MgO}$  ; 0.5 莫耳 % 至 8 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$  ; 0 莫耳 % 至 2.5 莫耳 % 的  $\text{La}_2\text{O}_3$  ; 及大於 8 莫耳 % 至 18 莫耳 % 的  $\text{Li}_2\text{O}$  , 其中： $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  為從 0.9 至小於 1.3 , 且  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$  為從大於 23 莫耳 % 至小於 50 莫耳 % 。所述玻璃製品包含壓縮應力區域從玻璃製品的表面延伸至壓縮深度。

【0011】 根據實施例，提供一種玻璃製品。玻璃包含： $\text{SiO}_2$  ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 及  $\text{Li}_2\text{O}$  。玻璃的特徵在於以下至少一者：由人字形短棒法 (chevron short bar method) 測得之  $K_{1c}$  值為至少 0.75 ; 及由雙重扭轉法 (double torsion method) 測得之  $K_{1c}$  值為至少 0.8 。

【0012】 作為態樣(1)，提供一種玻璃製品。所述玻璃製品包含：50莫耳%至69莫耳%的 $\text{SiO}_2$ ；12.5莫耳%至25莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；0莫耳%至8莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ ；大於0莫耳%至4莫耳%的 $\text{CaO}$ ；大於0莫耳%至17.5莫耳%的 $\text{MgO}$ ；0.5莫耳%至8莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ；0莫耳%至2.5莫耳%的 $\text{La}_2\text{O}_3$ ；及大於8莫耳%至18莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ ；其中： $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 為從0.9至小於1.3；且 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ 為從大於23莫耳%至小於50莫耳%。

【0013】 作為態樣(2)，提供了態樣(1)之玻璃製品，所述玻璃製品包含大於8莫耳%至16莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ 。

【0014】 作為態樣(3)，提供了態樣(1)或(2)之玻璃製品，所述玻璃製品包含0莫耳%至2莫耳%的 $\text{TiO}_2$ 。

【0015】 作為態樣(4)，提供了態樣(1)至(3)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含0莫耳%至2.5莫耳%的 $\text{ZrO}_2$ 。

【0016】 作為態樣(5)，提供了態樣(1)至(4)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含0莫耳%至1莫耳%的 $\text{SrO}$ 。

【0017】 作為態樣(6)，提供了態樣(1)至(5)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含0莫耳%至2莫耳%的 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 。

【0018】 作為態樣(7)，提供了態樣(1)至(6)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品進一步包含 $\text{K}_2\text{O}$ 。

【0019】 作為態樣(8)，提供了態樣(1)至(7)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品中之 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 為從0.9至1.0。

【0020】 作為態樣(9)，提供了態樣(1)至(8)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品中之 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ 為從25莫耳%至46莫耳%。

【0021】 作為態樣(10)，提供了態樣(1)至(9)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含大於0.5莫耳%至17.5莫耳%的 $\text{MgO}$ 。

【0022】 作為態樣(11)，提供了態樣(1)至(10)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含大於0莫耳%至12莫耳%的 $\text{MgO}$ 。

【0023】 作為態樣(12)，提供了態樣(1)至(11)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含14莫耳%至24莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

【0024】 作為態樣(13)，提供了態樣(1)至(12)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品實質上不含 $\text{P}_2\text{O}_5$ 。

【0025】 作為態樣(14)，提供了態樣(1)至(13)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品包含0.5莫耳%至8莫耳%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ 。

【0026】 作為態樣(15)，提供了態樣(1)至(14)中任一者之玻璃製品，所述玻璃製品中之玻璃可融合成形。

【0027】 作為態樣(16)，提供了態樣(1)至(15)中任一者之玻璃製品，其中所述玻璃製品的特徵在於以下至少一者：由人字形短棒法測得之 $K_{Ic}$ 值為至少0.75；及由雙重扭轉法測得之 $K_{Ic}$ 值為至少0.8。

【0028】 作為態樣(17)，提供了態樣(1)至(16)中任一者之玻璃製品，其中 $5.631 + 0.148 \cdot Al_2O_3 + 0.142 \cdot B_2O_3 - 0.062 \cdot CaO - 0.188 \cdot K_2O + 0.030 \cdot MgO - 0.099 \cdot Na_2O - 0.043 \cdot Li_2O - 0.188 \cdot P_2O_5 + 0.020 \cdot ZnO - 0.062 \cdot SrO + 0.200 \cdot ZrO_2 \geq 6.5$ ，其中各組分的值以莫耳%計。

【0029】 作為態樣(18)，提供了一種玻璃製品。所述玻璃製品包含：玻璃製品的中心處之成分，所述成分包含：50莫耳%至69莫耳%的 $SiO_2$ ；12.5莫耳%至25莫耳%的 $Al_2O_3$ ；0莫耳%至8莫耳%的 $B_2O_3$ ；大於0莫耳%至4莫耳%的 $CaO$ ；大於0莫耳%至17.5莫耳%的 $MgO$ ；0.5莫耳%至8莫耳%的 $Na_2O$ ；0莫耳%至2.5莫耳%的 $La_2O_3$ ；及大於8莫耳%至18莫耳%的 $Li_2O$ ；其中： $(Li_2O + Na_2O + MgO) / Al_2O_3$ 為從0.9至小於1.3； $Al_2O_3 + MgO + Li_2O + ZrO_2 + La_2O_3 + Y_2O_3$ 為從大於23莫耳%至小於50莫耳%，而壓縮應力區域從玻璃製品的表面延伸至壓縮深度。

【0030】 作為態樣(19)，提供了態樣(18)之玻璃製品，其中玻璃製品包含至少400 MPa的壓縮應力。

【0031】 作為態樣(20)，提供了態樣(18)或(19)之玻璃製品，其中壓縮深度為玻璃製品的厚度之至少20%。

【0032】 作為態樣(21)，提供了態樣(18)至(20)中任一者之玻璃製品，其中玻璃製品包含小於85 MPa的最大中心張力。

【0033】 作為態樣(22)，提供了一種玻璃製品。所述玻璃製品包含： $\text{SiO}_2$ ； $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；及 $\text{Li}_2\text{O}$ ，其中玻璃的特徵在於以下至少一者：由人字形短棒法測得之 $K_{1c}$ 值為至少0.75；及由雙重扭轉法測得之 $K_{1c}$ 值為至少0.8。

【0034】 作為態樣(23)，提供了態樣(22)之玻璃製品，進一步包含 $\text{MgO}$ 。

【0035】 作為態樣(24)，提供了態樣(22)或(23)之玻璃製品，進一步包含 $\text{CaO}$ 。

【0036】 作為態樣(25)，提供了態樣(22)至(24)中任一者之玻璃製品，進一步包含 $\text{TiO}_2$ 。

【0037】 作為態樣(26)，提供了態樣(22)至(25)中任一者之玻璃製品，進一步包含 $\text{ZrO}_2$ 。

【0038】 作為態樣(27)，提供了態樣(22)至(26)中任一者之玻璃製品，進一步包含 $\text{SrO}$ 。

【0039】 作為態樣(28)，提供了態樣(22)至(27)中任一者之玻璃製品，進一步包含 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 。

【0040】 作為態樣(29)，提供了態樣(22)至(28)中任一者之玻璃製品，進一步包含 $\text{K}_2\text{O}$ 。

【0041】 作為態樣(30)，提供了態樣(22)至(29)中任一者之玻璃製品，進一步包含  $\text{Na}_2\text{O}$ 。

【0042】 作為態樣(31)，提供了態樣(22)至(30)中任一者之玻璃製品，其中  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  為從0.9至小於1.3。

【0043】 作為態樣(32)，提供了態樣(22)至(31)中任一者之玻璃製品，其中  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$  為從大於23莫耳%至小於50莫耳%。

【0044】 作為態樣(33)，提供了態樣(22)至(32)中任一者之玻璃製品，進一步包含  $\text{B}_2\text{O}_3$ 。

【0045】 作為態樣(34)，提供了態樣(22)至(33)中任一者之玻璃製品，其中玻璃可融合成形。

【0046】 作為態樣(35)，提供了態樣(22)至(33)中任一者之玻璃製品，其中  $5.631 + 0.148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0.142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0.062 \cdot \text{CaO} - 0.188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0.030 \cdot \text{MgO} - 0.099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0.043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0.188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0.020 \cdot \text{ZnO} - 0.062 \cdot \text{SrO} + 0.200 \cdot \text{ZrO}_2 \geq 6.5$ ，其中各組分的值以莫耳%計。

【0047】 作為態樣(36)，提供了一種消費性電子產品。所述消費性電子產品包含：外殼，具有正面、背面及側面；電子部件，至少部分地提供在外殼內，電子部件包括至少一控制器、記憶體及顯示器，該顯示器被提供於外殼之正面處或鄰近外殼之正面；及覆蓋玻璃，設置於顯示

器上方，其中外殼之一部分或覆蓋玻璃之一部分中之至少一者包含任何前述請求項之玻璃製品。

【0048】 附加的特徵和優點將在隨後的詳細描述中闡述，並且部分地對於本領域技術人員來說從該描述是顯而易見的，或可藉由實踐本文描述的實施例，包括下面的詳細描述、請求項還有附圖而認知。

【0049】 應理解，前面的一般性描述和以下的詳細描述都描述了各種實施例，且意欲提供用於理解所主張標的的性質和特性之概述或框架。包括附圖以提供對各種實施例的進一步理解，並且附圖被併入並構成本說明書的一部分。附圖繪示本文描述的各種實施例，並且與說明書一起用於解釋所主張標的的原理和操作。

【圖式簡單說明】

【0050】 第1圖概要地描繪根據本文所揭示並描述之實施例的玻璃的橫截面，該玻璃的表面上具有壓縮應力層；

【0051】 第2A圖為包括本文揭示之任何玻璃製品的示例性電子裝置之平面圖；

【0052】 第2B圖是第2A圖之示例性電子裝置的透視圖；

【0053】 第3圖為壓縮應力和壓縮深度作為根據實施例之玻璃製品的離子交換時間之函數的作圖；

【0054】 第4圖為中心張力和重量增加作為根據實施例之玻璃製品的離子交換時間之函數的作圖；

【0055】 第5圖為應力作為根據實施例之經離子交換玻璃製品的表面下深度之函數的作圖；

【0056】 第6圖為應力作為根據實施例之經離子交換玻璃製品的表面下深度之函數的作圖；以及

【0057】 第7圖為第6圖的一部分之詳細視圖。

【實施方式】

【0058】 現在將詳細參考根據各實施例之鹼金屬鋁矽酸鹽。鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有良好的可離子交換性，並且已經使用化學強化製程在鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃中獲得高強度和高韌性。鈉鋁矽酸鹽玻璃是高度可離子交換的玻璃，具有高的玻璃可成形性和品質。鋰鋁矽酸鹽玻璃是高度可離子交換的玻璃，具有高的玻璃品質。將 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 置換進入矽酸玻璃網絡增加了離子交換期間之單價陽離子的相互擴散性。藉由在熔融的鹽浴（如， $\text{KNO}_3$  或  $\text{NaNO}_3$ ）中之化學強化，可實現具有高強度、高韌性和高抗壓痕裂紋性之玻璃。透過化學強化實現的應力分佈可具有多種形狀，該等形狀增加了玻璃製品之下落效能、強度、韌性和其他屬性。

【0059】 因此，具有良好物理性質、化學耐久性和可離子交換性的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃已針對用作覆蓋玻璃而引起關注。特定而言，本文提供了具有較高破裂韌性和可快速離子交換性之含鋰鋁矽酸鹽玻璃。透過不同的離子交換製程，可實現更大的中心張力（CT）、壓縮深度（DOC）

和高壓縮應力(CS)。然而，在鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃中添加鋰可能降低玻璃的熔點、軟化點或液相線黏度。

【0060】 用於形成玻璃製品(例如玻璃片)之抽拉製程是理想的，因為它們允許形成具有少量缺陷之薄玻璃製品。先前認為玻璃成分需要具有相對高的液相線黏度—諸如大於1000 kP、大於1100 kP，或大於1200 kP之液相線黏度—才能由抽拉製程(例如，融合抽拉或狹槽抽拉)成形。然而，抽拉製程的可允許具有較低液相線黏度的玻璃用於抽拉製程。

【0061】 在本文所述的玻璃成分的實施例中，除非另有指明，否則構成組分(如， $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 等)的濃度以氧化物為基準以莫耳百分比(莫耳%)給定。下面獨立討論根據實施例的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃成分的組分。應當理解，一種組分的各種記載範圍中的任何一種可與任何其他組分的各種記載範圍中的任何一種單獨組合。如本文所用，數字中的尾數0旨在表示該數字的有效位數。舉例而言，數字「1.0」包括兩個有效位數，且數字「1.00」包括三個有效位數。

【0062】 本文揭示了鋰鋁矽酸鹽玻璃成分，其展現高破裂韌性( $K_{IC}$ )，同時亦展現賦能有效生產具有所述成分之玻璃製品的可製造程度。在某些實施例中，鋰鋁矽酸鹽玻璃成分的特徵在於以下至少一者：由人字形短棒法(*chevron short bar method*)測得之 $K_{IC}$ 破裂韌性值為至少0.75；及由雙重扭轉法(*double torsion*

method)測得之 $K_{IC}$ 破裂韌性值為至少0.8。不希望受任何特定理論的束縛，咸信本文所述的鋰鋁矽酸鹽玻璃的高破裂韌性至少部分是由於玻璃成分中含有高場強度組分(high field strength component)的濃度。

【0063】 在本文公開的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃成分的實施例中， $SiO_2$ 是最大的組分，且因此， $SiO_2$ 是由玻璃成分形成之玻璃網絡的主要組分。純 $SiO_2$ 具有相對低的CTE並且不含鹼。然而，純 $SiO_2$ 具有高熔點。因此，若玻璃成分中之 $SiO_2$ 的濃度過高，玻璃成分的可成形性可能會降低，因為較高濃度的 $SiO_2$ 會增加熔化玻璃的難度，這反過來又會對玻璃的可成形性產生不利影響。在實施例中，玻璃成分通常包含以下含量的 $SiO_2$ ：從大於或等於50.0莫耳%至小於或等於69.0莫耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的 $SiO_2$ ：大於或等於51.0莫耳%，如大於或等於52.0莫耳%、大於或等於53.0莫耳%、大於或等於54.0莫耳%、大於或等於55.0莫耳%、大於或等於56.0莫耳%、大於或等於57.0莫耳%、大於或等於58.0莫耳%、大於或等於59.0莫耳%、大於或等於60.0莫耳%、大於或等於61.0莫耳%、大於或等於62.0莫耳%、大於或等於63.0莫耳%、大於或等於64.0莫耳%、大於或等於65.0莫耳%、大於或等於66.0莫耳%、大於或等於67.0莫耳%，或大於或等於68.0莫耳%。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的 $SiO_2$ ：小於或等於68.0莫

耳%，如小於或等於 67.0 莫耳%、小於或等於 66.0 莫耳%、小於或等於 65.0 莫耳%、小於或等於 64.0 莫耳%、小於或等於 63.0 莫耳%、小於或等於 62.0 莫耳%、小於或等於 61.0 莫耳%、小於或等於 60.0 莫耳%、小於或等於 59.0 莫耳%、小於或等於 58.0 莫耳%、小於或等於 57.0 莫耳%、小於或等於 56.0 莫耳%、小於或等於 55.0 莫耳%、小於或等於 54.0 莫耳%、小於或等於 53.0 莫耳%、小於或等於 52.0 莫耳%，或小於或等於 51.0 莫耳%。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{SiO}_2$ ：從大於或等於 51.0 莫耳%至小於或等於 68.0 莫耳%，如從大於或等於 52.0 莫耳%至小於或等於 67.0 莫耳%、從大於或等於 53.0 莫耳%至小於或等於 66.0 莫耳%、從大於或等於 54.0 莫耳%至小於或等於 65.0 莫耳%、從大於或等於 55.0 莫耳%至小於或等於 64.0 莫耳%、從大於或等於 56.0 莫耳%至小於或等於 63.0 莫耳%、從大於或等於 57.0 莫耳%至小於或等於 62.0 莫耳%、從大於或等於 58.0 莫耳%至小於或等於 61.0 莫耳%，或從大於或等於 60.0 莫耳%至小於或等於 61.0 莫耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0064】 實施例之玻璃成分可進一步包含  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  可用作玻璃網絡形成劑，類似於  $\text{SiO}_2$ 。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  可增加玻璃成分的黏度，這是由於其在由玻璃成分形成的玻璃熔體中之四面體配位的緣故，當  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量過高時，

會降低玻璃成分之可成形性。然而，當  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的濃度與  $\text{SiO}_2$  的濃度和玻璃成分中之鹼金屬氧化物的濃度平衡時， $\text{Al}_2\text{O}_3$  可降低玻璃熔體的液相線溫度，從而增進液相線黏度並改善玻璃成分與某些成形製程（例如融合成形製程）的相容性。在實施例中，玻璃成分通常包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 12.5 莫耳 % 至小於或等於 25.0 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：大於或等於 13.0 莫耳 %，如大於或等於 13.5 莫耳 %、大於或等於 14.0 莫耳 %、大於或等於 14.5 莫耳 %、大於或等於 15.0 莫耳 %、大於或等於 15.5 莫耳 %、大於或等於 16.0 莫耳 %、大於或等於 16.5 莫耳 %、大於或等於 17.0 莫耳 %、大於或等於 17.5 莫耳 %、大於或等於 18.0 莫耳 %、大於或等於 18.5 莫耳 %、大於或等於 19.0 莫耳 %、大於或等於 19.5 莫耳 %、大於或等於 20.0 莫耳 %、大於或等於 20.5 莫耳 %、大於或等於 21.0 莫耳 %、大於或等於 21.5 莫耳 %、大於或等於 22.0 莫耳 %、大於或等於 22.5 莫耳 %、大於或等於 23.0 莫耳 %、大於或等於 23.5 莫耳 %、大於或等於 24.0 莫耳 %，或大於或等於 24.5 莫耳 %。在實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：小於或等於 24.5 莫耳 %，如小於或等於 24.0 莫耳 %、小於或等於 23.5 莫耳 %、小於或等於 23.0 莫耳 %、小於或等於 22.5 莫耳 %、小於或等於 22.0 莫耳 %、小於或等於 21.5 莫耳 %、小於或等於 21.0 莫耳 %、小於或等於 20.5 莫耳 %、

小於或等於 20.0 莫耳 %、小於或等於 19.5 莫耳 %、小於或等於 19.0 莫耳 %、小於或等於 18.5 莫耳 %、小於或等於 18.0 莫耳 %、小於或等於 17.5 莫耳 %、小於或等於 17.0 莫耳 %、小於或等於 16.5 莫耳 %、小於或等於 16.0 莫耳 %、小於或等於 15.5 莫耳 %、小於或等於 15.0 莫耳 %、小於或等於 14.5 莫耳 %、小於或等於 14.0 莫耳 %、小於或等於 13.5 莫耳 %，或小於或等於 13.0 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 13.0 莫耳 % 至小於或等於 24.5 莫耳 %，如從大於或等於 13.5 莫耳 % 至小於或等於 24.0 莫耳 %、從大於或等於 14.0 莫耳 % 至小於或等於 23.5 莫耳 %、從大於或等於 14.5 莫耳 % 至小於或等於 23.0 莫耳 %、從大於或等於 15.0 莫耳 % 至小於或等於 22.5 莫耳 %、從大於或等於 15.5 莫耳 % 至小於或等於 22.0 莫耳 %、從大於或等於 16.0 莫耳 % 至小於或等於 21.5 莫耳 %、從大於或等於 16.5 莫耳 % 至小於或等於 21.0 莫耳 %、從大於或等於 17.0 莫耳 % 至小於或等於 20.5 莫耳 %、從大於或等於 17.5 莫耳 % 至小於或等於 20.0 莫耳 %、從大於或等於 18.0 莫耳 % 至小於或等於 19.5 莫耳 %，或從大於或等於 18.5 莫耳 % 至小於或等於 19.0 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 14.0 莫耳 % 至小於或等於 24.0 莫耳 %。

【0065】 類似於  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，可將  $\text{B}_2\text{O}_3$  添加至玻璃成分作為網絡形成劑，從而降低玻璃成分的可熔性和可成形性。因此，可添加不會過度降低這些性質之含量的  $\text{B}_2\text{O}_3$ 。在實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 0 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$  至小於或等於 8.0 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳 %、大於或等於 1.5 莫耳 %、大於或等於 2.0 莫耳 %、大於或等於 2.5 莫耳 %、大於或等於 3.0 莫耳 %、大於或等於 3.5 莫耳 %、大於或等於 4.0 莫耳 %、大於或等於 4.5 莫耳 %、大於或等於 5.0 莫耳 %、大於或等於 5.5 莫耳 %、大於或等於 6.0 莫耳 %、大於或等於 6.5 莫耳 %、大於或等於 7.0 莫耳 %，或大於或等於 7.5 莫耳 %。在實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ：小於或等於 7.5 莫耳 %，如小於或等於 7.0 莫耳 %、小於或等於 6.5 莫耳 %、小於或等於 6.0 莫耳 %、小於或等於 5.5 莫耳 %、小於或等於 5.0 莫耳 %、小於或等於 4.5 莫耳 %、小於或等於 4.0 莫耳 %、小於或等於 3.5 莫耳 %、小於或等於 3.0 莫耳 %、小於或等於 2.5 莫耳 %、小於或等於 2.0 莫耳 %、小於或等於 1.5 莫耳 %、小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，又在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 7.5 莫耳 %，如大

於或等於 1.0 莫耳 % 至小於或等於 7.0 莫耳 %、大於或等於 1.5 莫耳 % 至小於或等於 6.5 莫耳 %、大於或等於 2.0 莫耳 % 至小於或等於 6.0 莫耳 %、大於或等於 2.5 莫耳 % 至小於或等於 5.5 莫耳 %、大於或等於 3.0 莫耳 % 至小於或等於 5.0 莫耳 %、大於或等於 3.5 莫耳 % 至小於或等於 4.5 莫耳 %，或大於或等於 5.0 莫耳 % 至小於或等於 7.0 莫耳 %，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。

【0066】 在玻璃成分中內含  $\text{Li}_2\text{O}$  允許對離子交換製程有更好的控制，且進而降低玻璃的軟化點，從而提高玻璃的可製造性。在實施例中，玻璃成分通常包含以下含量的  $\text{Li}_2\text{O}$ ：從大於 8.0 莫耳 % 至小於或等於 18.0 莫耳 %，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Li}_2\text{O}$ ：大於或等於 8.5 莫耳 %，如大於或等於 8.0 莫耳 %、大於或等於 8.5 莫耳 %、大於或等於 9.0 莫耳 %、大於或等於 9.5 莫耳 %、大於或等於 10.0 莫耳 %、大於或等於 10.5 莫耳 %、大於或等於 11.0 莫耳 %、大於或等於 11.5 莫耳 %、大於或等於 12.0 莫耳 %、大於或等於 12.5 莫耳 %、大於或等於 13.0 莫耳 %、大於或等於 13.5 莫耳 %、大於或等於 14.0 莫耳 %、大於或等於 14.5 莫耳 %、大於或等於 15.0 莫耳 %、大於或等於 15.5 莫耳 %、大於或等於 16.0 莫耳 %、大於或等於 16.5 莫耳 %、大於或等於 17.0 莫耳 %，或大於或等於 17.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Li}_2\text{O}$ ：小於或等於 17.5 莫耳 %，如小於或等於 17.0 莫耳 %、小

於或等於 16.5 莫耳 %、小於或等於 16.0 莫耳 %、小於或等於 15.5 莫耳 %、小於或等於 15.0 莫耳 %、小於或等於 14.5 莫耳 %、小於或等於 14.0 莫耳 %、小於或等於 13.5 莫耳 %、小於或等於 13.0 莫耳 %、小於或等於 12.5 莫耳 %、小於或等於 12.0 莫耳 %、小於或等於 11.5 莫耳 %、小於或等於 11.0 莫耳 %、小於或等於 10.5 莫耳 %、小於或等於 10.0 莫耳 %、小於或等於 9.5 莫耳 %、小於或等於 9.0 莫耳 %，或小於或等於 8.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，又在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Li}_2\text{O}$ ：從大於或等於 8.5 莫耳 % 至小於或等於 17.5 莫耳 %，如從大於或等於 9.0 莫耳 % 至小於或等於 17.0 莫耳 %、從大於或等於 9.5 莫耳 % 至小於或等於 16.5 莫耳 %、從大於或等於 10.0 莫耳 % 至小於或等於 16.0 莫耳 %、從大於或等於 10.5 莫耳 % 至小於或等於 15.5 莫耳 %、從大於或等於 11.0 莫耳 % 至小於或等於 15.0 莫耳 %、從大於或等於 11.5 莫耳 % 至小於或等於 14.5 莫耳 %、從大於或等於 12.0 莫耳 % 至小於或等於 14.0 莫耳 %，或從大於或等於 12.5 莫耳 % 至小於或等於 13.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Li}_2\text{O}$ ：從大於 8.0 莫耳 % 至小於或等於 16.0 莫耳 %。

【0067】 根據實施例，玻璃成分也可包含除了  $\text{Li}_2\text{O}$  以外之鹼金屬氧化物，如  $\text{Na}_2\text{O}$ 。 $\text{Na}_2\text{O}$  有助於玻璃成分的

可離子交換性，並且也改善玻璃成分的可成形性，並從而改善玻璃成分的可製造性。然而，若將過多  $\text{Na}_2\text{O}$  添加至玻璃成分，CTE 可能會過低，且熔點可能會過高。在實施例中，玻璃成分通常包含以下含量的  $\text{Na}_2\text{O}$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$  至小於或等於 8.0 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$ ，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Na}_2\text{O}$ ：大於或等於 1.0 莫耳 %，如大於或等於 1.5 莫耳 %、大於或等於 2.0 莫耳 %、大於或等於 2.5 莫耳 %、大於或等於 3.0 莫耳 %、大於或等於 3.5 莫耳 %、大於或等於 4.0 莫耳 %、大於或等於 4.5 莫耳 %、大於或等於 5.0 莫耳 %、大於或等於 5.5 莫耳 %、大於或等於 6.0 莫耳 %、大於或等於 6.5 莫耳 %、大於或等於 7.0 莫耳 %，或大於或等於 7.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Na}_2\text{O}$ ：小於或等於 7.5 莫耳 %，如小於或等於 7.0 莫耳 %、小於或等於 6.5 莫耳 %、小於或等於 6.0 莫耳 %、小於或等於 5.5 莫耳 %、小於或等於 5.0 莫耳 %，或小於或等於 4.5 莫耳 %、小於或等於 4.0 莫耳 %、小於或等於 3.5 莫耳 %、小於或等於 3.0 莫耳 %、小於或等於 2.5 莫耳 %、小於或等於 2.0 莫耳 %、小於或等於 1.5 莫耳 %，或小於或等於 1.0 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，又在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Na}_2\text{O}$ ：從大於或等於 1.0 莫耳 % 至小於或等於 7.5 莫耳 %，如從大於或等於 1.5 莫耳 % 至小於或等於 7.0 莫耳 %、

從大於或等於 2.0 莫耳 % 至小於或等於 6.5 莫耳 %、從大於或等於 2.5 莫耳 % 至小於或等於 6.0 莫耳 %、從大於或等於 3.0 莫耳 % 至小於或等於 5.5 莫耳 %、從大於或等於 3.5 莫耳 % 至小於或等於 5.0 莫耳 %，或從大於或等於 4.0 莫耳 % 至小於或等於 4.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0068】 類似於  $\text{Na}_2\text{O}$ ， $\text{K}_2\text{O}$  也促進離子交換並增加壓縮應力層的  $\text{DOC}$ 。然而，添加  $\text{K}_2\text{O}$  可能導致  $\text{CTE}$  過低，且熔點可能過高。在某些實施例中，玻璃成分可包括  $\text{K}_2\text{O}$ 。在實施例中，玻璃成分實質上不含鉀。如本文所用，術語「實質上不含 (*substantially free*)」意指所述組分不作為批次材料之組分添加，即使所述組分可能作為污染物而以非常小的含量 (如少於 0.01 莫耳 %) 存在於最終玻璃中。在其他實施例中， $\text{K}_2\text{O}$  可以小於 1 莫耳 % 的含量存在於玻璃成分中。

【0069】  $\text{MgO}$  降低了玻璃的黏度，這提高了玻璃的可成形性和可製造性。玻璃成分中內含  $\text{MgO}$  也改善了玻璃成分的應變點和楊氏模數，且亦可改善玻璃的離子交換能力。然而，當將過多的  $\text{MgO}$  添加至玻璃成分時，玻璃成分的密度和  $\text{CTE}$  會不理想地增加。在實施例中，玻璃成分通常包含以下濃度的  $\text{MgO}$ ：從大於 0 莫耳 % 至小於或等於 17.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{MgO}$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳 %、大於或等

於 1.5 莫耳 %、大於或等於 2.0 莫耳 %、大於或等於 2.5 莫耳 %、大於或等於 3.0 莫耳 %、大於或等於 3.5 莫耳 %、大於或等於 4.0 莫耳 %、大於或等於 4.5 莫耳 %、大於或等於 5.0 莫耳 %、大於或等於 5.5 莫耳 %、大於或等於 6.0 莫耳 %、大於或等於 6.5 莫耳 %、大於或等於 7.0 莫耳 %、大於或等於 7.5 莫耳 %、大於或等於 8.0 莫耳 %、大於或等於 8.5 莫耳 %、大於或等於 9.0 莫耳 %、大於或等於 9.5 莫耳 %、大於或等於 10.0 莫耳 %、大於或等於 10.5 莫耳 %、大於或等於 11.0 莫耳 %、大於或等於 11.5 莫耳 %、大於或等於 12.0 莫耳 %、大於或等於 12.5 莫耳 %、大於或等於 13.0 莫耳 %、大於或等於 13.5 莫耳 %、大於或等於 14.0 莫耳 %、大於或等於 14.5 莫耳 %、大於或等於 15.0 莫耳 %、大於或等於 15.5 莫耳 %、大於或等於 16.0 莫耳 %、大於或等於 16.5 莫耳 %，或大於或等於 17.0 莫耳 %。

在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{MgO}$ ：小於或等於 17.0 莫耳 %，如小於或等於 16.5 莫耳 %、小於或等於 16.0 莫耳 %、小於或等於 15.5 莫耳 %、小於或等於 15.0 莫耳 %、小於或等於 14.5 莫耳 %、小於或等於 14.0 莫耳 %、小於或等於 13.5 莫耳 %、小於或等於 13.0 莫耳 %、小於或等於 12.5 莫耳 %、小於或等於 12.0 莫耳 %、小於或等於 11.5 莫耳 %、小於或等於 11.0 莫耳 %、小於或等於 10.5 莫耳 %、小於或等於 10.0 莫耳 %、小於或等於 9.5 莫耳 %、小於或等於 9.0 莫耳 %、小於或等於 8.5 莫耳 %、小於或等於 8.0 莫耳 %、小於或等於 7.5 莫耳 %、小

於或等於 7.0 莫耳 %、小於或等於 6.5 莫耳 %、小於或等於 6.0 莫耳 %、小於或等於 5.5 莫耳 %、小於或等於 5.0 莫耳 %、小於或等於 4.5 莫耳 %、小於或等於 4.0 莫耳 %、小於或等於 3.5 莫耳 %、小於或等於 3.0 莫耳 %、小於或等於 2.5 莫耳 %、小於或等於 2.0 莫耳 %、小於或等於 1.5 莫耳 %、小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的 MgO：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 17.0 莫耳 %，如從大於或等於 1.0 莫耳 % 至小於或等於 16.5 莫耳 %、從大於或等於 1.5 莫耳 % 至小於或等於 16.0 莫耳 %、從大於或等於 2.0 莫耳 % 至小於或等於 15.5 莫耳 %、從大於或等於 2.5 莫耳 % 至小於或等於 15.0 莫耳 %、從大於或等於 3.0 莫耳 % 至小於或等於 14.5 莫耳 %、從大於或等於 3.5 莫耳 % 至小於或等於 14.0 莫耳 %、從大於或等於 4.0 莫耳 % 至小於或等於 13.5 莫耳 %、從大於或等於 4.5 莫耳 % 至小於或等於 13.0 莫耳 %、從大於或等於 5.0 莫耳 % 至小於或等於 12.5 莫耳 %、從大於或等於 5.5 莫耳 % 至小於或等於 12.0 莫耳 %、從大於或等於 6.0 莫耳 % 至小於或等於 11.5 莫耳 %、從大於或等於 6.5 莫耳 % 至小於或等於 11.0 莫耳 %、從大於或等於 7.0 莫耳 % 至小於或等於 10.5 莫耳 %、從大於或等於 7.5 莫耳 % 至小於或等於 10.0 莫耳 %、從大於或等於 8.0 莫耳 % 至小於或等於 9.5 莫耳 %，或從大於或等於 8.5 莫耳 % 至小於或等於 9.0 莫耳 %。

耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{MgO}$ ：從大於 0.5 莫耳% 至小於或等於 17.5 莫耳%，或從大於 0 莫耳% 至小於或等於 12.0 莫耳%。

【0070】  $\text{CaO}$  降低了玻璃的黏度，這提高了可成形性、應變點和楊氏模數，且可改善離子交換能力。然而，當將過多的  $\text{CaO}$  添加至玻璃成分時，玻璃成分的密度和 CTE 會增加。在實施例中，玻璃成分通常包含以下濃度的  $\text{CaO}$ ：從大於 0 莫耳% 至小於或等於 4.0 莫耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{CaO}$ ：大於或等於 0.5 莫耳%，如大於或等於 1.0 莫耳%、大於或等於 1.5 莫耳%、大於或等於 2.0 莫耳%、大於或等於 2.5 莫耳%、大於或等於 3.0 莫耳%，或大於或等於 3.5 莫耳%。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{CaO}$ ：小於或等於 3.5 莫耳%，如小於或等於 3.0 莫耳%、小於或等於 2.5 莫耳%、小於或等於 2.0 莫耳%、小於或等於 1.5 莫耳%、小於或等於 1.0 莫耳%，或小於或等於 0.5 莫耳%。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{CaO}$ ：從大於或等於 0.5 莫耳% 至小於或等於 3.5 莫耳%，如從大於或等於 1.0 莫耳% 至小於或等於 3.0 莫耳%，或從大於或等於 1.5 莫耳% 至小於或等於 2.5 莫耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0071】  $\text{La}_2\text{O}_3$  提升了玻璃的韌性，且亦增加玻璃的楊氏模數和硬度。然而，當將過多的  $\text{La}_2\text{O}_3$  添加至玻璃成分時，玻璃變得易於失透，且玻璃的可製造性降低。在實施例中，玻璃成分通常包含以下濃度的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 2.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳 %、大於或等於 1.5 莫耳 %，或大於或等於 2.0 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ：小於或等於 2.0 莫耳 %，如小於或等於 1.5 莫耳 %、小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 2.0 莫耳 %，如從大於或等於 1.0 莫耳 % 至小於或等於 1.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分不含或實質上不含  $\text{La}_2\text{O}_3$ 。

【0072】  $\text{Y}_2\text{O}_3$  亦提升了玻璃的韌性，並增加玻璃的楊氏模數和硬度。然而，當將過多的  $\text{Y}_2\text{O}_3$  添加至玻璃成分時，玻璃變得易於失透，且玻璃的可製造性降低。在實施例中，玻璃成分包含  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ，例如濃度為從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 2.0 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳

%，或大於或等於 1.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $Y_2O_3$ ：小於或等於 1.5 莫耳 %，如小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $Y_2O_3$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 1.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分不含或實質上不含  $Y_2O_3$ 。

【0073】  $TiO_2$  也有助於提升玻璃的韌性，同時亦同步軟化玻璃。然而，當將過多的  $TiO_2$  添加至玻璃成分時，玻璃變得易於失透，並呈現不想要的著色。在實施例中，玻璃成分包含  $TiO_2$ ，如濃度為從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 2.0 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $TiO_2$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳 %，或大於或等於 1.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $TiO_2$ ：小於或等於 1.5 莫耳 %，如小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $TiO_2$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 1.5 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分不含或實質上不含  $TiO_2$ 。

【0074】  $ZrO_2$  有助於玻璃的韌性。然而，當將過多的  $ZrO_2$  添加至玻璃成分時，可能在玻璃中形成不理想的氧化鋯雜質，這至少部分肇因於  $ZrO_2$  在玻璃中之低溶解

度。在實施例中，玻璃成分包含  $\text{ZrO}_2$ ，如濃度為從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 2.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{ZrO}_2$ ：大於或等於 0.5 莫耳 %，如大於或等於 1.0 莫耳 %、大於或等於 1.5 莫耳 %，或大於或等於 2.0 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{ZrO}_2$ ：小於或等於 2.0 莫耳 %，如小於或等於 1.5 莫耳 %、小於或等於 1.0 莫耳 %，或小於或等於 0.5 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下含量的  $\text{ZrO}_2$ ：從大於或等於 0.5 莫耳 % 至小於或等於 2.0 莫耳 %，如從大於或等於 1.0 莫耳 % 至小於或等於 1.5 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分不含或實質上不含  $\text{ZrO}_2$ 。

【0075】  $\text{SrO}$  降低了本文揭示之玻璃成分的液相線溫度。在實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{SrO}$ ：從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 1.0 莫耳 %，如從大於或等於 0.2 莫耳 % 至小於或等於 0.8 莫耳 %，或從大於或等於 0.4 莫耳 % 至小於或等於 0.6 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{SrO}$ ：大於或等於 0.2 莫耳 %，如大於或等於 0.4 莫耳 %、大於或等於 0.6 莫耳 %，或大於或等於 0.8 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分可包含以下含量的  $\text{SrO}$ ：小於或等於 0.8 莫耳 %，如小於或等於 0.6 莫耳 %、小於

或等於 0.4 莫耳 %，或小於或等於 0.2 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分可不含或實質上不含  $\text{SrO}$ 。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。

【0076】 在實施例中，玻璃成分可不含或實質上不含  $\text{P}_2\text{O}_5$ 。在玻璃成分中含有  $\text{P}_2\text{O}_5$  可能不理想地降低玻璃成分的可熔性和可成形性，從而有損玻璃成分的可製造性。欲進行離子交換強化之玻璃成分可包括  $\text{P}_2\text{O}_5$ ，以增進離子交換處理的速度，如藉由減少產生期望壓縮應力或壓縮深度所需之離子交換處理時間。在本文所述之玻璃成分中包括  $\text{P}_2\text{O}_5$  來實現期望的離子交換表現是不必要的。基於這個理由，可從玻璃成分排除  $\text{P}_2\text{O}_5$ ，以避免對玻璃成分的可製造性產生負面影響，同時維持期望的離子交換表現。在某些實施例中，玻璃成分可包括  $\text{P}_2\text{O}_5$ ，如含量大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 5 莫耳 %。

【0077】 在實施例中，玻璃成分可視情況包含一或多種澄清劑。在某些實施例中，澄清劑可包括，例如， $\text{SnO}_2$ 。在這樣的實施例中，玻璃成分中可存在以下含量的  $\text{SnO}_2$ ：小於或等於 0.2 莫耳 %，如從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 0.1 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在其他實施例中，玻璃成分中可存在以下含量的  $\text{SnO}_2$ ：從大於或等於 0 莫耳 % 至小於或等於 0.2 莫耳 %，或大於或等於 0.1 莫耳 % 至小於或等於 0.2 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分可不含或實質上不含  $\text{SnO}_2$ 。

【0078】 在實施例中，玻璃成分玻璃成分可實質上不含砷和銻中的一種或兩種。在其他實施例中，玻璃成分可不含砷和銻中的一種或兩種。

【0079】 除了上述各個組分之外，根據本文揭示之實施例的玻璃成分的特徵可在於其中含有高場強度組分的濃度。這些高場強度組分有助於玻璃的韌性，且亦提高玻璃的硬度。如本文所用，術語「高場強度組分(high field strength component)」意指包括  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$  及  $\text{Y}_2\text{O}_3$  之群組。若玻璃中之高場強度組分的濃度過低，則玻璃的韌性會不理想地降低，且可能無法實現期望的破裂韌性。另外，當玻璃中之高場強度組分的濃度過高時，玻璃的可製造性可能會不理想地降低。在實施例中，玻璃成分可包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ ：從大於 23.0 莫耳% 至小於 50.0 莫耳%，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分可包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ ：大於或等於 23.5 莫耳%，如大於或等於 24.0 莫耳%、大於或等於 25.0 莫耳%、大於或等於 26.0 莫耳%、大於或等於 27.0 莫耳%、大於或等於 28.0 莫耳%、大於或等於 29.0 莫耳%、大於或等於 30.0 莫耳%、大於或等於 31.0 莫耳%、大於或等於 32.0 莫耳%、大於或等於 33.0 莫耳%、大於或等於 34.0 莫耳%、大於或等於 35.0 莫耳%、大於或等於 36.0 莫耳%、大於或等於 37.0 莫耳%、大於或等

於 38.0 莫耳 %、大於或等於 39.0 莫耳 %、大於或等於 40.0 莫耳 %、大於或等於 41.0 莫耳 %、大於或等於 42.0 莫耳 %、大於或等於 43.0 莫耳 %、大於或等於 44.0 莫耳 %、大於或等於 45.0 莫耳 %、大於或等於 46.0 莫耳 %、大於或等於 47.0 莫耳 %、大於或等於 48.0 莫耳 %，或大於或等於 49.0 莫耳 %。在某些實施例中，玻璃成分可包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ ：小於或等於 49.5 莫耳 %，如小於或等於 49.0 莫耳 %、小於或等於 48.0 莫耳 %、小於或等於 47.0 莫耳 %、小於或等於 46.0 莫耳 %、小於或等於 45.0 莫耳 %、小於或等於 44.0 莫耳 %、小於或等於 43.0 莫耳 %、小於或等於 42.0 莫耳 %、小於或等於 41.0 莫耳 %、小於或等於 40.0 莫耳 %、小於或等於 39.0 莫耳 %、小於或等於 38.0 莫耳 %、小於或等於 37.0 莫耳 %、小於或等於 36.0 莫耳 %、小於或等於 35.0 莫耳 %、小於或等於 34.0 莫耳 %、小於或等於 33.0 莫耳 %、小於或等於 32.0 莫耳 %、小於或等於 31.0 莫耳 %、小於或等於 30.0 莫耳 %、小於或等於 29.0 莫耳 %、小於或等於 28.0 莫耳 %、小於或等於 27.0 莫耳 %、小於或等於 26.0 莫耳 %、小於或等於 25.0 莫耳 %，或小於或等於 24.0 莫耳 %。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃成分包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ ：從大於或

等於 23.5 莫耳 % 至小於或等於 49.5 莫耳 %，如從大於或等於 24.0 莫耳 % 至小於或等於 49.0 莫耳 %、從大於或等於 25.0 莫耳 % 至小於或等於 48.0 莫耳 %、從大於或等於 26.0 莫耳 % 至小於或等於 47.0 莫耳 %、從大於或等於 27.0 莫耳 % 至小於或等於 46.0 莫耳 %、從大於或等於 28.0 莫耳 % 至小於或等於 45.0 莫耳 %、從大於或等於 29.0 莫耳 % 至小於或等於 44.0 莫耳 %、從大於或等於 30.0 莫耳 % 至小於或等於 43.0 莫耳 %、從大於或等於 31.0 莫耳 % 至小於或等於 42.0 莫耳 %、從大於或等於 32.0 莫耳 % 至小於或等於 41.0 莫耳 %、從大於或等於 33.0 莫耳 % 至小於或等於 40.0 莫耳 %、從大於或等於 34.0 莫耳 % 至小於或等於 39.0 莫耳 %、從大於或等於 35.0 莫耳 % 至小於或等於 38.0 莫耳 %，或從大於或等於 36.0 莫耳 % 至小於或等於 37.0 莫耳 %，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃成分包含以下濃度的  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ ：從大於或等於 25.0 莫耳 % 至小於或等於 46.0 莫耳 %。

【0080】 在實施例中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  的關係為從大於或等於 0.90 至小於 1.30，其中各組分濃度以莫耳 % 計。此關係維持了玻璃成分的可熔性，使得能改善可製造性。在這樣的關係中，玻璃成分的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  濃度與改善玻璃的可製造性之組分相平衡。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  是玻璃的韌性之最強貢獻者之一，但也會降低玻璃的可製造性。藉由使  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的影響與  $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$ （其中各者可改

善玻璃的可製造性)的整體含量達成平衡，玻璃成分提供了高破裂韌性和理想的可製造性。在某些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  的比值大於或等於 0.95，如大於或等於 1.00、大於或等於 1.05、大於或等於 1.10、大於或等於 1.15、大於或等於 1.20，或大於或等於 1.25。在某些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  的比值小於或等於 1.25，如小於或等於 1.20、小於或等於 1.15、小於或等於 1.10、小於或等於 1.05、小於或等於 1.00，或小於或等於 0.95。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  的比值從大於或等於 0.95 至小於或等於 1.25，如從大於或等於 1.00 至小於或等於 1.20，或從大於或等於 1.05 至小於或等於 1.15，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  的比值從大於 0.90 至小於或等於 1.00。

【0081】在實施例中，本文描述之玻璃的特徵亦可在於下式 I 的值：

$$\begin{aligned} \text{式 I} = & 5.631 + 0.148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \\ & + 0.142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0.062 \cdot \text{CaO} - 0.188 \cdot \text{K}_2\text{O} \\ & + 0.030 \cdot \text{MgO} - 0.099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0.043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0.188 \\ & \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0.020 \cdot \text{ZnO} - 0.062 \cdot \text{SrO} + 0.200 \cdot \text{ZrO}_2, \end{aligned}$$

其中各組分的含量以莫耳%計。式 I 的值與破裂韌性正相

關。在實施例中，本文描述之呈現出理想破裂韌性之玻璃具有大於或等於 6.5 的式 I 值，如大於或等於 7.0、大於或等於 7.5、大於或等於 8.0、大於或等於 8.5，或大於或等於 9.0。在實施例中，玻璃可具有大於或等於 6.5 至小於或等於 9.5 的式 I 值，如大於或等於 7.0 至小於或等於 9.0、大於或等於 7.5 至小於或等於 8.5、等於 8.0，或由些端點中的任何一個形成的任何和所有子範圍。

【0082】 現在將討論上文揭示之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃成分的物理性質。可藉由修飾鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃成分之組分含量來實現這些物理性質，將參照實例而更詳細地討論之。

【0083】 根據實施例之玻璃成分具有高破裂韌性。不希望受任何特定理論的束縛，高破裂韌性可賦予玻璃成分改善的掉落表現。破裂韌性指的是  $K_{Ic}$  值，且由人字形缺口短棒或雙重扭轉法測量。用於測量  $K_{Ic}$  值之人字形缺口短棒 (chevron notched short bar; CNSB) 法揭示於 Reddy, K.P.R. 等人之「Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens」, J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988), 除了  $Y^*_m$  是使用 Bubsey, R.T. 等人之「Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for

Chevron-Notched Short Bar and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements」, NASA Technical Memorandum 83796, pp. 1-30 (1992年10月)中的等式5計算之外。用於測量 $K_{Ic}$ 值之雙重扭轉法和夾具描述於Shyam, A. 及 Lara-Curzio, E. 之「The double-torsion testing technique for determination of fracture toughness and slow crack growth of materials: A review」, J. Mater. Sci., 41, pp. 4093-4104, (2006)。通常，雙重扭轉測量方法產生之 $K_{Ic}$ 值會略高於人字形缺口短棒法。此外， $K_{Ic}$ 值是在未經強化的玻璃製品上測量，例如在離子交換玻璃製品之前測量 $K_{Ic}$ 值。

【0084】 在某些實施例中，玻璃成分呈現出由CNSB法測量之以下 $K_{Ic}$ 值：至少0.75，如至少0.76、至少0.77、至少0.78、至少0.79、至少0.80、至少0.81、至少0.82、至少0.83、至少0.84、至少0.85、至少0.86、至少0.87、至少0.88、至少0.89、至少0.90、至少0.91、至少0.92、至少0.93、至少0.94、至少0.95，或至少0.96。在實施例中，玻璃成分呈現出由CNSB法測量之以下 $K_{Ic}$ 值：從大於或等於0.75至小於或等於1.00，如從大於或等於0.76至小於或等於0.99、從大於或等於0.77至小於或等於0.98、從大於或等於0.78至小於或等於0.97、從大於或等於0.79至小於或等

於 0.96、從大於或等於 0.80 至小於或等於 0.95、從大於或等於 0.81 至小於或等於 0.94、從大於或等於 0.82 至小於或等於 0.93、從大於或等於 0.83 至小於或等於 0.92、從大於或等於 0.84 至小於或等於 0.91、從大於或等於 0.85 至小於或等於 0.90、從大於或等於 0.86 至小於或等於 0.89，或從大於或等於 0.87 至小於或等於 0.88，及在  
前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0085】 在某些實施例中，玻璃成分呈現出由雙重扭轉法測量之以下  $K_{1c}$  值：至少 0.80，如至少 0.81、至少 0.82、至少 0.83、至少 0.84、至少 0.85、至少 0.86、至少 0.87、至少 0.88、至少 0.89、至少 0.90、至少 0.91、至少 0.92、至少 0.93、至少 0.94、至少 0.95、至少 0.96、至少 0.97、至少 0.98、至少 0.99、至少 1.00、至少 1.01、至少 1.02、至少 1.03、至少 1.04、至少 1.05、至少 1.06、至少 1.07、至少 1.08、至少 1.09、至少 1.10、至少 1.11、至少 1.12、至少 1.13、至少 1.14，或至少 1.15。在實施例中，玻璃成分呈現出由雙重扭轉法測量之以下  $K_{1c}$  值：從大於或等於 0.80 至小於或等於 1.20，如從大於或等於 0.81 至小於或等於 1.19、從大於或等於 0.82 至小於或等於 1.18、從大於或等於 0.83 至小於或等於 1.17、從大於或等於 0.84 至小於或等於 1.16、從大於或等於 0.85 至小於或等於 1.15、從大於或等於 0.86 至小於或等於 1.14、從大於或等於 0.87 至小於或等於 1.13、從大於或等於 0.88 至小於或等於

1.12、從大於或等於0.89至小於或等於1.11、從大於或等於0.90至小於或等於1.10、從大於或等於0.91至小於或等於1.09、從大於或等於0.92至小於或等於1.08、從大於或等於0.93至小於或等於1.07、從大於或等於0.94至小於或等於1.06、從大於或等於0.95至小於或等於1.05、從大於或等於0.96至小於或等於1.04、從大於或等於0.97至小於或等於1.03、從大於或等於0.98至小於或等於1.02、從大於或等於0.99至小於或等於1.01，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0086】 在實施例中，液相線黏度為小於或等於1000 kP，如小於或等於800 kP、小於或等於600 kP、小於或等於400 kP、小於或等於200 kP、小於或等於100 kP，或小於或等於75 kP。在其他實施例中，液相線黏度為大於或等於20 kP，如大於或等於40 kP、大於或等於60 kP、大於或等於80 kP、大於或等於100 kP、大於或等於120 kP、大於或等於140 kP，或大於或等於160 kP。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，又在其他實施例中，液相線黏度為從大於或等於20 kP至小於或等於1000 kP，如大於或等於40 kP至小於或等於900 kP、大於或等於60 kP至小於或等於800 kP，或大於或等於80 kP至小於或等於700 kP，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。由以下方法測定液相線黏度。首先，根據標題為「Standard Practice for Measurement of Liquidus

Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method」之 ASTM C829-81 (2015) 測量玻璃的液相線溫度。接著根據標題為「Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point」之 ASTM C965-96 (2012) 測量液相線溫度下之玻璃的黏度。

【0087】 將鋰添加至玻璃成分也影響了玻璃成分的楊氏模數(E)、剪切模數(G)及卜瓦松比值(Poisson's ratio)( $\nu$ )。在實施例中，玻璃成分的楊氏模數(E)可從大於或等於75 GPa至小於或等於100 GPa，如從大於或等於76 GPa至小於或等於99 GPa、從大於或等於77 GPa至小於或等於98 GPa、從大於或等於78 GPa至小於或等於97 GPa、從大於或等於79 GPa至小於或等於96 GPa、從大於或等於80 GPa至小於或等於95 GPa、從大於或等於81 GPa至小於或等於94 GPa、從大於或等於82 GPa至小於或等於93 GPa、從大於或等於83 GPa至小於或等於92 GPa、從大於或等於84 GPa至小於或等於91 GPa、從大於或等於85 GPa至小於或等於90 GPa、從大於或等於86 GPa至小於或等於89 GPa，或從大於或等於87 GPa至小於或等於88 GPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。此揭示內容中記載之楊氏模數值是指藉由在標題為「Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic

Parts」之ASTM E2001-13中所述之一般類型的共振超音波頻譜(resonant ultrasonic spectroscopy)技術所測量之值。

【0088】 根據某些實施例，玻璃成分可具有以下剪切模數(G)：從大於或等於30 GPa至小於或等於40 GPa，如從大於或等於31 GPa至小於或等於39 GPa、從大於或等於32 GPa至小於或等於38 GPa、從大於或等於33 GPa至小於或等於37 GPa，或從大於或等於34 GPa至小於或等於36 GPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。此揭示內容中記載之剪切模數值是指藉由在標題為「Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts」之ASTM E2001-13中所述之一般類型的共振超音波頻譜技術所測量之值。

【0089】 根據某些實施例，玻璃成分可具有以下卜瓦松比值( $\nu$ )：從大於或等於0.20至小於或等於0.26，如從大於或等於0.21至小於或等於0.25、從大於或等於0.22至小於或等於0.24、約0.23，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。此揭示內容中記載之卜瓦松比值是指藉由在標題為「Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts」之ASTM

E 2 0 0 1 - 1 3 中 所 述 之 一 般 類 型 的 共 振 超 音 波 頻 譜 技 術 所 測 量 之 值 。

【0090】 可藉由任何合適的方法由上述成分成形根據實施例之玻璃製品，所述方法如狹槽成形、浮式成形、輥壓製程、融合成形製程等等。

【0091】 玻璃成分及由其製造之製品的特徵可在於其可被成形的方式。舉例而言，玻璃成分之特徵可在於可浮式成形(即，由浮式製程成形)、可向下抽拉，且特別是可融合成形或可狹槽抽拉(即，由諸如融合抽拉製程或狹槽抽拉製程等向下抽拉製程所成形)。

【0092】 本文所述之玻璃製品的一些實施例可由向下抽拉製程成形。向下抽拉製程產生具有均勻厚度之玻璃製品，其具有相對原始的表面。由於玻璃製品的平均彎曲強度受表面缺陷的數量和尺寸控制，因此具有最小接觸的原始表面具有較高的初始強度。另外，向下抽拉之玻璃製品具有非常平坦、光滑的表面，可在其最終應用中使用而無需昂貴的研磨和拋光。

【0093】 玻璃製品的一些實施例可被描述為可融合成形(即，可使用融合抽拉製程成形)。融合製程使用抽拉槽，所述抽拉槽具有通道用於接收熔融的玻璃原料。通道具有堰部，所述堰部沿著通道兩側之通道長度在頂部開口。當熔融的材料充滿通道時，熔融的玻璃溢出堰部。由於重力，熔融的玻璃作為兩個流動的玻璃膜沿著抽拉槽的外表面流下。抽拉槽的這些外表面向下且向內延伸，使得

它們在抽拉槽下方的邊緣處接合。兩個流動的玻璃膜在此邊緣處接合以融合並形成單一流動的玻璃製品。融合抽拉方法提供的優點在於，因為流過通道之兩個玻璃膜融合在一起，所得之玻璃製品的任何外表面都不與設備的任何部分接觸。因此，融合抽拉之玻璃製品的表面性質不受這種接觸的影響。

【0094】 本文所述玻璃製品的一些實施例可由狹槽抽拉製程成形。狹槽抽拉製程不同於融合抽拉方法。在狹槽抽拉製程中，將熔融的原料玻璃供應至抽拉槽。抽拉槽的底部具有開口狹槽，開口狹槽具有在狹槽的長度上延伸之噴嘴。熔融的玻璃流過狹槽/噴嘴，並作為連續的玻璃製品向下抽拉並進入退火區域。

【0095】 在一或多個實施例中，本文描述之玻璃製品可呈現非晶微結構，並且可實質上不含晶體或微晶。換言之，在一些實施例中，玻璃製品排除了玻璃-陶瓷材料。

【0096】 如上文所提及，在實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃成分可經強化，如藉由離子交換，使得玻璃對例如，但不限於，供顯示器蓋所用之玻璃等應用具有抗損壞性。請參見第1圖，玻璃具有從玻璃的表面延伸至壓縮深度(DOC)之處於壓縮應力下的第一區域(如，第1圖中之第一和第二壓縮層120、122)，及處於拉伸應力或中心張力(CT)下之第二區域(如，第1圖中之中央區域130)，所述第二區域從DOC延伸進入玻璃的中央或內部區域。如本文所用，DOC是指玻璃製品內的應力從壓縮變成拉伸

之深度。在DOC處，應力從正（壓縮）應力跨到負（拉伸）應力，且因此呈現零應力值。

【0097】 根據本領域通常使用的慣例，壓縮或壓縮應力表示為負（ $< 0$ ）應力，而張力或拉伸應力表示為正（ $> 0$ ）應力。然而，貫穿本說明書，CS被表示為正值或絕對值——即，如本文所記載， $CS = |CS|$ 。壓縮應力（CS）在玻璃的表面處具有最大值，且CS根據函數隨著與表面的距離d變化。請再次參見第1圖，第一區段120從第一表面110延伸達深度 $d_1$ ，且第二區段122從第二表面112延伸達深度 $d_2$ 。這些區段一起界定了玻璃100的壓縮或CS。使用諸如Orihara Industrial Co., Ltd.（日本）製造之FSM-6000等市售之儀器，藉由表面應力計（FSM）來測量壓縮應力（包括表面CS）。表面應力測量依賴於應力光學係數（stress optical coefficient；SOC）的精確測量，應力光學係數與玻璃的雙折射有關。因而依據標題為「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」之ASTM標準C770-16（其內容藉由全文引用併入本文）中描述之程序C（玻璃盤法）來測量SOC。

【0098】 在某些實施例中，玻璃製品的CS為從大於或等於400 MPa至小於或等於800 MPa，如從大於或等於425 MPa至小於或等於775 MPa、從大於或等於450 MPa至小於或等於750 MPa、從大於或等於475 MPa至小於或等於725 MPa、從大於或等於500 MPa至小於

或等於 700 MPa、從大於或等於 525 MPa 至小於或等於 675 MPa、從大於或等於 550 MPa 至小於或等於 650 MPa，或從大於或等於 575 MPa 至小於或等於 625 MPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0099】 在一或多個實施例中， $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  離子被交換進入玻璃製品內，且  $\text{Na}^+$  離子擴散至玻璃製品內之深度比  $\text{K}^+$  離子更深。 $\text{K}^+$  離子的滲透深度（「鉀 DOL」）不同於 DOC，因為鉀 DOL 代表離子交換製程導致之鉀滲透的深度。就本文所述之製品而言，鉀 DOL 通常小於 DOC。使用表面應力計（如由 Orihara Industrial Co., Ltd.（日本）製造之市售 FSM-6000 表面應力計）來測量鉀 DOL，所述表面應力計依賴應力光學係數（SOC）的精確測量，如參照 CS 測量描述於上文。第一和第二壓縮層 120、122 中之各層的鉀 DOL 為從大於或等於 5  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ ，如從大於或等於 6  $\mu\text{m}$  至小於或等於 25  $\mu\text{m}$ 、從大於或等於 7  $\mu\text{m}$  至小於或等於 20  $\mu\text{m}$ 、從大於或等於 8  $\mu\text{m}$  至小於或等於 15  $\mu\text{m}$ ，或從大於或等於 9  $\mu\text{m}$  至小於或等於 10  $\mu\text{m}$ ，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在其他實施例中，第一和第二壓縮層 120、122 中之各層的鉀 DOL 為從大於或等於 6  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ ，如從大於或等於 10  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ 、從大於或等於 15  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ 、從大於或等於 20  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ ，或從大於或等於 25  $\mu\text{m}$  至小於或等於 30  $\mu\text{m}$ ，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

又在其他實施例中，第一和第二壓縮層**120**、**122**中之各層的鉀DOL為從大於或等於5  $\mu\text{m}$ 至小於或等於25  $\mu\text{m}$ ，如從大於或等於5  $\mu\text{m}$ 至小於或等於20  $\mu\text{m}$ 、從大於或等於5  $\mu\text{m}$ 至小於或等於15  $\mu\text{m}$ ，或從大於或等於5  $\mu\text{m}$ 至小於或等於10  $\mu\text{m}$ ，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0100】藉由儲存在玻璃的中央區域(**130**)中之張力來平衡兩個主表面(第1圖中之**110**、**112**)的壓縮應力。使用本領域已知的散射光偏光鏡(SCALP)技術來測量最大中心張力(CT)和DOC值。折射近場(Refracted near-field; RNF)法或SCALP可用於測量應力分佈。當利用RNF法來測量應力分佈時，SCALP所提供之最大CT值被用於RNF法中。具體而言，由RNF所測得之應力分佈與由SCALP測量法提供之最大CT值達成力平衡和校準。RNF法描述於名稱為「Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample」之美國專利第8,854,623號中，其以全文引用方式併入本文。具體而言，RNF法包括：將玻璃製品放置在參考塊附近；產生偏振切換光束，該光束在正交偏振之間以1 Hz和50 Hz之間的速率切換；測量偏振切換光束中的功率量，並產生偏振切換參考訊號，其中每個正交偏振中之測得功率量在彼此的50%以內。所述方法還包括：將偏振切換光束通過玻璃樣品和參考塊傳輸到玻璃樣品中的不同深度，然後使用中繼光學系統(relay

optical system) 將透射的偏振切換光束中繼到訊號光電偵測器，而訊號光電偵測器產生偏振切換偵測器訊號。所述方法亦包括：將偵測器訊號除以參考訊號以形成常態化的偵測器訊號，並從常態化的偵測器訊號確定玻璃樣品的分佈特徵。

【0101】 在實施例中，玻璃製品可具有大於或等於 60 MPa 的最大 CT，如大於或等於 70 MPa、大於或等於 80 MPa、大於或等於 90 MPa、大於或等於 100 MPa、大於或等於 110 MPa、大於或等於 120 MPa、大於或等於 130 MPa、大於或等於 140 MPa，或大於或等於 150 MPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃製品可具有小於或等於 200 MPa 的最大 CT，如小於或等於 190 MPa、小於或等於 180 MPa、小於或等於 170 MPa、小於或等於 160 MPa、小於或等於 150 MPa、小於或等於 140 MPa、小於或等於 130 MPa、小於或等於 120 MPa、小於或等於 110 MPa、小於或等於 100 MPa、小於或等於 90 MPa、小於或等於 85 MPa，或小於或等於 80 MPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。應理解的是，在實施例中，任何上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃製品可具有從大於或等於 60 MPa 至小於或等於 200 MPa 的最大 CT，如從大於或等於 70 MPa 至小於或等於 190 MPa、從大於或等於 80 MPa 至小於或等於 180 MPa、從大於或等於 90 MPa 至小於或等於 170 MPa、

從大於或等於 100 MPa 至小於或等於 160 MPa、從大於或等於 110 MPa 至小於或等於 150 MPa，或從大於或等於 120 MPa 至小於或等於 140 MPa，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。

【0102】 如上所述，使用本領域已知的散射光偏光鏡 (scattered light polariscope; SCALP) 技術來測量 DOC。在本文的一些實施例中，DOC 作為玻璃製品的厚度 (t) 的一部分而被提供。在實施例中，玻璃製品可具有以下壓縮深度 (DOC)：從大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.25t，如從大於或等於 0.18t 至小於或等於 0.22t，或從大於或等於 0.19t 至小於或等於 0.21t，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在其他實施例中，玻璃製品可具有以下 DOC：從大於或等於 0.16 至小於或等於 0.2t，如從大於或等於 0.17t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.18t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.19t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.20t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.21t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.22t 至小於或等於 0.25t、從大於或等於 0.23t 至小於或等於 0.25t，或從大於或等於 0.24t 至小於或等於 0.25t，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。又在其他實施例中，玻璃製品可具有以下 DOC：從大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.24t，如從大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.23t、從大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.22t、從大於或等於 0.15t 至小於

或等於 0.21 t、從大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.20 t、從大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.19 t、從大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.18 t、從大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.17 t，或從大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.16 t，及在前述值之間的所有範圍和子範圍。在某些實施例中，玻璃製品可具有至少 0.20 t 的 DOC。

【0103】 可藉由使玻璃暴露於離子交換溶液，而於玻璃中形成壓縮應力層。在實施例中，離子交換溶液可以是熔融的硝酸鹽。在某些實施例中，離子交換溶液可為熔融  $\text{KNO}_3$ 、熔融  $\text{NaNO}_3$  或其組合。在某些實施例中，離子交換溶液可包含少於約 95 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ ，如少於約 90 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ 、少於約 80 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ 、少於約 70 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ 、少於約 60 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ ，或少於約 50 % 的熔融  $\text{KNO}_3$ 。在某些實施例中，離子交換溶液可包含至少約 5 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ ，如至少約 10 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、至少約 20 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、至少約 30 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ ，或至少約 40 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 。在其他實施例中，離子交換溶液可包含約 95 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 5 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 94 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 6 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 93 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 7 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 80 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 20 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 75 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 25 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 70 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 30 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ 、約 65 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 35 % 的熔融  $\text{NaNO}_3$ ，或約 60 % 的熔融  $\text{KNO}_3$  及約 40 %

的熔融  $\text{NaNO}_3$ ，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。在實施例中，可將其他鈉鹽和鉀鹽用於離子交換溶液中，例如亞硝酸鈉或亞硝酸鉀、磷酸鈉或磷酸鉀，或硫酸鈉或硫酸鉀。在某些實施例中，離子交換溶液可包含鋰鹽，如  $\text{LiNO}_3$ 。

【0104】可藉由以下方式使玻璃成分暴露於離子交換溶液：將由玻璃成分製成之玻璃製品浸入離子交換溶液的浴中、將離子交換溶液噴灑在由玻璃成分製成之玻璃製品上，或者以其它物理方式將離子交換溶液施加至由玻璃成分製成之玻璃製品。根據實施例，在對玻璃成分暴露時，離子交換溶液可處於以下溫度：從大於或等於  $400^\circ\text{C}$  至小於或等於  $500^\circ\text{C}$ ，如從大於或等於  $410^\circ\text{C}$  至小於或等於  $490^\circ\text{C}$ 、從大於或等於  $420^\circ\text{C}$  至小於或等於  $480^\circ\text{C}$ 、從大於或等於  $430^\circ\text{C}$  至小於或等於  $470^\circ\text{C}$ ，或從大於或等於  $440^\circ\text{C}$  至小於或等於  $460^\circ\text{C}$ ，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。在實施例中，可將玻璃成分暴露於離子交換溶液持續達：從大於或等於 4 小時至小於或等於 48 小時，如從大於或等於 8 小時至小於或等於 44 小時、從大於或等於 12 小時至小於或等於 40 小時、從大於或等於 16 小時至小於或等於 36 小時、從大於或等於 20 小時至小於或等於 32 小時，或從大於或等於 24 小時至小於或等於 28 小時，及在所述值之間的所有範圍和子範圍。

【0105】可於能提供如美國專利申請公開號第 2016/0102011 號（其以全文引用方式併入本文）所揭示

之改善的壓縮應力分佈之製程條件下，在離子交換溶液中進行離子交換製程。在某些實施例中，可選擇離子交換製程，以在玻璃製品中形成拋物線應力分佈，如美國專利申請公開號第2016/0102014號(其以全文引用方式併入本文)中描述的那些應力分佈。

【0106】 在進行離子交換製程之後，應理解到，玻璃製品的表面處之成分可能與剛形成之玻璃製品(即，進行離子交換製程之前的玻璃製品)的成分不同。這是由於剛形成之玻璃中的一種類型的鹼金屬離子(例如 $\text{Li}^+$ 或 $\text{Na}^+$ )分別被較大的鹼金屬離子(例如 $\text{Na}^+$ 或 $\text{K}^+$ )取代。然而，在實施例中，於玻璃製品的深度之中心處或附近之玻璃成分仍將具有剛形成之玻璃製品的成分。

【0107】 本文揭示之玻璃製品可併入另一製品，如具有顯示器(或顯示製品)之製品(如，消費性電子產品，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統等等)、建築製品、運輸製品(如，汽車、火車、航空器、航海器等等)、家電製品或需要一些透明度、耐刮性、耐磨性或前述之組合的任何製品。併入本文揭示之任何玻璃製品之示例性製品繪示於第2A及2B圖中。具體而言，第2A及2B圖繪示消費性電子裝置200，其包括外殼202，外殼202具有正面204、背面206及側面208；電子部件(未示出)至少部分地位在外殼內部或完全位於外殼內部，並包括至少一控制器、記憶體及顯示器210，顯示器210位在外殼的正面處或附近；及覆蓋基板212位於外殼的正面處或上方，致使

其位於顯示器上方。在某些實施例中，覆蓋基板 212 可包括本文揭示之任何玻璃製品。

### 實例

【0108】 將藉由以下實例來進一步闡明實施例。應該理解，這些實例不限於上述實施例。

【0109】 藉由常規玻璃成形方法製備具有下表 1 中列出之組分的玻璃成分。在表 1 中，所有組分均以莫耳 % 計，且根據本說明書所揭示之方法測量玻璃成分的  $K_{Ic}$  破裂韌性、卜瓦松比值 ( $\nu$ )、楊氏模數 ( $E$ ) 和剪切模數 ( $G$ )。表 1 亦報導就各實例之式 I 的值。

表 1

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | A     | B     | C     | D     | E     | F     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 20.20 | 20.10 | 18.93 | 18.70 | 15.63 | 15.91 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 5.26  | 5.30  |
| CaO                                                                                                                 | 0.07  | 3.95  | 0.03  | 0.03  | 1.54  | 1.51  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.04  | 0.04  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 6.87  | 5.89  | 0.03  | 0.03  | 2.48  | 2.44  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 3.49  | 3.49  | 4.34  | 5.60  | 2.89  | 2.85  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 60.15 | 57.38 | 63.87 | 64.09 | 63.82 | 63.11 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.03  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.05  | 0.05  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 8.00  | 8.00  | 12.74 | 11.50 | 8.29  | 8.78  |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 1.03  | 1.02  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.91  | 0.86  | 0.90  | 0.92  | 0.87  | 0.88  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 35.08 | 33.99 | 31.70 | 30.23 | 26.40 | 27.13 |
| 式 I                                                                                                                 | 8.06  | 7.78  | 7.45  | 7.35  | 8.03  | 8.06  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              |       |       | 0.788 | 0.777 | 0.794 | 0.829 |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               |       |       | 0.219 | 0.219 | 0.224 | 0.226 |
| E (GPa)                                                                                                             |       |       | 84.33 | 83.44 | 79.92 | 80.27 |
| G (GPa)                                                                                                             |       |       | 34.59 | 34.24 | 32.66 | 32.73 |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | G     | H     | I     | J     | K     | L     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 18.51 | 19.24 | 18.58 | 18.57 | 19.09 | 20.00 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| CaO                                                                                                                 | 0.03  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.03  | 0.03  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| MgO                                                                                                                 | 0.02  | 0.03  | 2.94  | 5.87  | 0.02  | 0.02  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 6.87  | 6.79  | 3.89  | 0.93  | 4.41  | 4.36  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 64.53 | 64.00 | 64.50 | 64.61 | 63.58 | 62.84 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.03  | 0.03  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 9.95  | 9.84  | 9.95  | 9.91  | 12.77 | 12.67 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.91  | 0.87  | 0.90  | 0.90  | 0.90  | 0.85  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 28.48 | 29.11 | 31.47 | 34.34 | 31.88 | 32.69 |
| 式 I                                                                                                                 | 7.26  | 7.38  | 7.65  | 8.03  | 7.47  | 7.61  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              | 0.787 | 0.794 | 0.822 | 0.863 |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.213 | 0.217 | 0.221 | 0.226 |       |       |
| E (GPa)                                                                                                             | 82.68 | 83.58 | 86.68 | 90.26 |       |       |
| G (GPa)                                                                                                             | 34.11 | 34.31 | 35.48 | 36.79 |       |       |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | M     | N     | O     | P     | Q     | R     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 19.00 | 19.01 | 24.52 | 23.84 | 23.26 | 22.68 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| CaO                                                                                                                 | 0.03  | 0.04  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| MgO                                                                                                                 | 1.03  | 2.04  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 3.40  | 2.41  | 3.38  | 4.87  | 6.36  | 7.90  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 63.81 | 63.77 | 54.28 | 54.32 | 54.32 | 54.44 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.03  | 0.03  | 0.01  | 0.02  | 0.02  | 0.01  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 12.65 | 12.65 | 17.71 | 16.85 | 15.94 | 14.86 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.90  | 0.90  | 0.86  | 0.91  | 0.96  | 1.00  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 32.68 | 33.70 | 42.26 | 40.72 | 39.23 | 37.57 |
| 式 I                                                                                                                 | 7.59  | 7.72  | 8.16  | 7.95  | 7.76  | 7.57  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               |       |       |       |       |       |       |
| E (GPa)                                                                                                             |       |       |       |       |       |       |
| G (GPa)                                                                                                             |       |       |       |       |       |       |

表 1 ( 續 )

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | S     | T     | U     | V     | W     | X     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 16.51 | 17.03 | 17.48 | 18.17 | 18.44 | 18.93 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 5.44  | 5.42  | 5.42  | 5.41  | 5.35  | 5.35  |
| CaO                                                                                                                 | 1.54  | 1.54  | 1.53  | 1.56  | 1.53  | 1.53  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 2.53  | 2.57  | 2.53  | 2.63  | 2.53  | 2.53  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 2.87  | 2.88  | 2.88  | 2.87  | 2.86  | 2.85  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 61.68 | 60.66 | 59.77 | 58.49 | 57.90 | 56.97 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.06  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 9.34  | 9.81  | 10.30 | 10.78 | 11.29 | 11.75 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.89  | 0.90  | 0.90  | 0.90  | 0.90  | 0.91  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 28.38 | 29.41 | 30.31 | 31.57 | 32.26 | 33.21 |
| 式 I                                                                                                                 | 8.14  | 8.19  | 8.24  | 8.32  | 8.33  | 8.38  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              | 0.798 | 0.826 | 0.788 | 0.785 | 0.817 | 0.817 |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.222 | 0.227 | 0.23  | 0.226 | 0.23  | 0.23  |
| E (GPa)                                                                                                             | 80.61 | 81.16 | 81.99 | 81.51 | 82.40 | 83.09 |
| G (GPa)                                                                                                             | 33.00 | 33.07 | 33.35 | 33.21 | 33.49 | 33.76 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                    | Y     | Z     | AA    | AB    | AC    | AD    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                                                                    | 23.97 | 19.99 | 23.98 | 23.97 | 22.17 | 22.15 |
| $\text{B}_2\text{O}_3$                                                                     | 1.98  | 1.94  | 1.97  | 2.02  | 2.00  | 1.95  |
| CaO                                                                                        | 0.05  | 0.04  | 0.06  | 0.06  | 0.05  | 0.06  |
| $\text{K}_2\text{O}$                                                                       | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                        | 5.84  | 1.97  | 9.73  | 11.65 | 7.96  | 9.80  |
| $\text{Na}_2\text{O}$                                                                      | 1.86  | 1.88  | 1.87  | 1.86  | 1.86  | 1.87  |
| $\text{SiO}_2$                                                                             | 50.32 | 58.20 | 50.35 | 50.33 | 53.89 | 54.05 |
| $\text{SnO}_2$                                                                             | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| $\text{La}_2\text{O}_3$                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Li}_2\text{O}$                                                                      | 15.93 | 15.94 | 11.97 | 10.06 | 12.01 | 10.06 |
| $\text{ZrO}_2$                                                                             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$                                                                     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$               | 0.99  | 0.99  | 0.98  | 0.98  | 0.98  | 0.98  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$ | 45.74 | 37.90 | 45.68 | 45.67 | 42.14 | 42.01 |
| 式 I                                                                                        | 8.76  | 8.05  | 9.05  | 9.19  | 8.73  | 8.86  |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (CNSB)                                                              |       |       |       |       |       |       |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (雙重扭轉)                                                              | 1.150 | 1.000 | 1.020 | 1.010 | 1.010 | 1.040 |
| 卜瓦松比值                                                                                      | 0.238 | 0.226 | 0.243 | 0.244 | 0.235 | 0.24  |
| E (GPa)                                                                                    | 92.19 | 85.64 | 95.22 | 96.67 | 91.84 | 93.70 |
| G (GPa)                                                                                    | 37.21 | 34.93 | 38.31 | 38.86 | 37.21 | 37.76 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                    | AE    | AF    | AG    | AH    | AI    | AJ    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                                                                    | 20.16 | 20.07 | 18.04 | 18.09 | 23.95 | 23.97 |
| $\text{B}_2\text{O}_3$                                                                     | 1.99  | 2.04  | 1.94  | 2.00  | 3.93  | 3.92  |
| CaO                                                                                        | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.05  | 0.06  | 0.06  |
| $\text{K}_2\text{O}$                                                                       | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                        | 5.92  | 7.78  | 3.90  | 5.90  | 7.82  | 9.74  |
| $\text{Na}_2\text{O}$                                                                      | 1.88  | 1.88  | 1.89  | 1.89  | 1.95  | 1.95  |
| $\text{SiO}_2$                                                                             | 57.95 | 58.08 | 62.18 | 61.92 | 50.28 | 50.43 |
| $\text{SnO}_2$                                                                             | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| $\text{La}_2\text{O}_3$                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Li}_2\text{O}$                                                                      | 11.99 | 10.04 | 11.96 | 10.08 | 11.95 | 9.87  |
| $\text{ZrO}_2$                                                                             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$                                                                     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$               | 0.98  | 0.98  | 0.98  | 0.99  | 0.91  | 0.90  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$ | 38.07 | 37.88 | 33.90 | 34.07 | 43.71 | 43.59 |
| 式 I                                                                                        | 8.37  | 8.50  | 7.99  | 8.14  | 9.26  | 9.41  |
| $K_{\text{IC}}$ (CNSB)                                                                     |       |       |       |       |       |       |
| $K_{\text{IC}}$ (雙重扭轉)                                                                     | 0.990 | 1.020 | 0.980 | 0.980 | 0.970 | 1.030 |
| 卜瓦松比值                                                                                      | 0.233 | 0.235 | 0.226 | 0.225 | 0.242 | 0.244 |
| E (GPa)                                                                                    | 88.88 | 90.47 | 85.99 | 86.88 | 92.12 | 93.84 |
| G (GPa)                                                                                    | 36.03 | 36.65 | 35.07 | 35.48 | 37.07 | 37.69 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                    | AK    | AL    | AM    | AN    | AO    | AP    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                                                                    | 21.96 | 22.10 | 19.96 | 20.32 | 18.07 | 18.02 |
| $\text{B}_2\text{O}_3$                                                                     | 3.91  | 3.92  | 3.84  | 3.97  | 3.84  | 3.90  |
| CaO                                                                                        | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.05  | 0.04  | 0.04  |
| $\text{K}_2\text{O}$                                                                       | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                        | 5.89  | 7.87  | 3.91  | 6.05  | 1.98  | 3.92  |
| $\text{Na}_2\text{O}$                                                                      | 1.97  | 1.96  | 1.96  | 1.95  | 1.96  | 1.95  |
| $\text{SiO}_2$                                                                             | 54.20 | 54.08 | 58.27 | 57.65 | 62.14 | 62.22 |
| $\text{SnO}_2$                                                                             | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| $\text{La}_2\text{O}_3$                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Li}_2\text{O}$                                                                      | 11.96 | 9.95  | 11.93 | 9.95  | 11.90 | 9.89  |
| $\text{ZrO}_2$                                                                             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$                                                                     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$               | 0.90  | 0.90  | 0.89  | 0.88  | 0.88  | 0.87  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$ | 39.82 | 39.92 | 35.81 | 36.32 | 31.95 | 31.82 |
| 式 I                                                                                        | 8.90  | 9.07  | 8.54  | 8.76  | 8.20  | 8.35  |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (CNSB)                                                              |       |       |       |       |       |       |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (雙重扭轉)                                                              | 0.990 | 1.010 | 1.020 | 1.030 | 0.970 | 0.830 |
| 卜瓦松比值                                                                                      | 0.237 | 0.241 | 0.231 | 0.232 | 0.22  | 0.227 |
| E (GPa)                                                                                    | 88.95 | 90.88 | 85.71 | 87.37 | 82.27 | 84.13 |
| G (GPa)                                                                                    | 35.97 | 36.59 | 34.79 | 35.48 | 33.69 | 34.24 |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | AQ    | AR    | AS    | AT    | AU    | AV    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 15.92 | 21.65 | 21.98 | 20.06 | 19.53 | 18.05 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 3.91  | 5.80  | 5.84  | 5.87  | 5.87  | 5.84  |
| CaO                                                                                                                 | 0.04  | 0.05  | 0.06  | 0.05  | 0.05  | 0.04  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 1.97  | 7.62  | 9.75  | 5.89  | 7.51  | 3.93  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 1.86  | 1.85  | 1.83  | 1.85  | 1.86  | 1.86  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 66.11 | 50.99 | 50.46 | 54.21 | 55.08 | 58.23 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 10.10 | 11.94 | 9.98  | 11.98 | 10.01 | 11.95 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.87  | 0.99  | 0.98  | 0.98  | 0.99  | 0.98  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 27.99 | 41.21 | 41.71 | 37.93 | 37.05 | 33.92 |
| 式 I                                                                                                                 | 7.98  | 9.19  | 9.39  | 8.91  | 8.96  | 8.55  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              | 0.828 | 0.834 | 0.882 | 0.828 | 0.957 | 0.847 |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.221 | 0.234 | 0.247 | 0.239 | 0.245 | 0.235 |
| E (GPa)                                                                                                             | 81.03 | 88.47 | 91.15 | 85.92 | 87.92 | 83.16 |
| G (GPa)                                                                                                             | 33.14 | 35.83 | 36.52 | 34.66 | 35.35 | 33.69 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | AW    | AX    | AY    | AZ    | BA    | BB    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 18.08 | 16.00 | 15.99 | 14.01 | 22.10 | 22.25 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 5.81  | 5.71  | 5.72  | 5.80  | 7.82  | 8.01  |
| CaO                                                                                                                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.05  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 5.87  | 1.97  | 3.89  | 1.95  | 5.88  | 7.92  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 1.85  | 1.84  | 1.85  | 1.85  | 1.82  | 1.85  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 58.30 | 62.44 | 62.53 | 66.29 | 50.33 | 49.82 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 9.94  | 11.90 | 9.90  | 10.01 | 11.94 | 10.03 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.98  | 0.98  | 0.98  | 0.99  | 0.89  | 0.89  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 33.90 | 29.87 | 29.78 | 25.97 | 39.92 | 40.20 |
| 式 I                                                                                                                 | 8.69  | 8.17  | 8.31  | 7.97  | 9.49  | 9.68  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              | 0.844 | 0.790 | 0.786 |       |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.232 | 0.226 | 0.224 | 0.216 | 0.245 | 0.246 |
| E (GPa)                                                                                                             | 84.47 | 79.58 | 81.03 | 77.03 | 86.26 | 87.64 |
| G (GPa)                                                                                                             | 34.31 | 32.45 | 33.07 | 31.69 | 34.66 | 35.14 |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | BC    | BD    | BE    | BF    | BG    | BH    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 20.10 | 19.69 | 18.05 | 18.10 | 16.07 | 14.00 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 7.75  | 7.89  | 7.63  | 7.71  | 7.65  | 3.84  |
| CaO                                                                                                                 | 0.04  | 0.05  | 0.04  | 0.04  | 0.03  | 0.03  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 3.92  | 5.72  | 1.96  | 3.94  | 1.98  | 1.95  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 1.84  | 1.86  | 1.85  | 1.87  | 1.85  | 1.87  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 54.39 | 54.78 | 58.48 | 58.27 | 62.42 | 68.22 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 11.90 | 9.95  | 11.95 | 10.01 | 9.95  | 10.04 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.88  | 0.89  | 0.87  | 0.87  | 0.86  | 0.99  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 35.92 | 35.36 | 31.96 | 32.05 | 28.00 | 25.98 |
| 式 I                                                                                                                 | 9.13  | 9.22  | 8.74  | 8.90  | 8.54  | 7.68  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.236 | 0.242 | 0.23  | 0.244 | 0.218 | 0.228 |
| E (GPa)                                                                                                             | 82.61 | 84.68 | 79.17 | 81.44 | 79.17 | 77.72 |
| G (GPa)                                                                                                             | 33.42 | 34.11 | 32.18 | 32.73 | 32.52 | 31.63 |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | BI    | BJ    | BK    | BL    | BM    | BN    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 19.43 | 18.66 | 19.22 | 18.04 | 18.11 | 18.15 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 7.91  | 7.97  | 8.03  | 6.05  | 5.99  | 6.01  |
| CaO                                                                                                                 | 0.07  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.05  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| MgO                                                                                                                 | 4.35  | 3.93  | 3.94  | 4.41  | 4.94  | 5.44  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 1.90  | 1.91  | 1.91  | 1.92  | 1.92  | 1.93  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 54.52 | 55.69 | 55.27 | 58.09 | 57.98 | 57.92 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.04  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.06  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 11.70 | 11.71 | 11.51 | 11.36 | 10.92 | 10.4  |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.92  | 0.94  | 0.90  | 0.98  | 0.98  | 0.98  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 35.48 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 式 I                                                                                                                 | 9.06  | 8.95  | 9.05  | 8.61  | 8.65  | 8.69  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              |       | 0.816 |       |       |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               |       |       |       |       |       |       |
| E (GPa)                                                                                                             |       | 81.58 | 81.72 | 82.89 | 82.96 | 83.78 |
| G (GPa)                                                                                                             |       | 32.93 | 32.93 | 33.55 | 33.69 | 33.90 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                    | BO    | BP    | BQ    | BR    | BS    | BT    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$                                                                    | 17.58 | 17.1  | 16.61 | 18.86 | 19.37 | 17.80 |
| $\text{B}_2\text{O}_3$                                                                     | 5.92  | 5.91  | 5.94  | 5.98  | 5.88  | 6.00  |
| CaO                                                                                        | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 2.33  | 2.36  | 0.57  |
| $\text{K}_2\text{O}$                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.20  |
| MgO                                                                                        | 3.95  | 3.93  | 3.95  | 2.95  | 3.48  | 4.40  |
| $\text{Na}_2\text{O}$                                                                      | 1.91  | 1.92  | 1.92  | 1.9   | 1.89  | 1.70  |
| $\text{SiO}_2$                                                                             | 59.17 | 60.12 | 61.06 | 56.61 | 55.69 | 58.54 |
| $\text{SnO}_2$                                                                             | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.03  | 0.03  | 0.09  |
| $\text{La}_2\text{O}_3$                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Li}_2\text{O}$                                                                      | 11.34 | 10.89 | 10.4  | 11.3  | 11.26 | 10.70 |
| $\text{ZrO}_2$                                                                             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$                                                                     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$               | 0.98  | 0.98  | 0.98  | 0.86  | 0.86  | 0.00  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$ | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 式 I                                                                                        | 8.51  | 8.46  | 8.41  | 8.54  | 8.62  | 8.55  |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (CNSB)                                                              |       |       |       |       |       |       |
| $\text{K}_{\text{IC}}$ (雙重扭轉)                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                      |       |       |       |       |       |       |
| E (GPa)                                                                                    | 81.99 | 81.23 | 81.30 |       |       |       |
| G (GPa)                                                                                    | 33.28 | 33.14 | 33.07 |       |       |       |

表 1 （ 續 ）

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | BU    | BV    | BW    | BX    | BY    | BZ    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 18.10 | 17.93 | 17.10 | 16.01 | 18.02 | 17.94 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 6.25  | 6.26  | 6.25  | 6.25  | 6.25  | 6.25  |
| CaO                                                                                                                 | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.04  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 4.06  | 3.01  | 4.07  | 4.00  | 3.01  | 2.01  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 2.02  | 2.01  | 2.00  | 2.02  | 2.01  | 2.00  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 57.28 | 57.54 | 57.31 | 57.49 | 57.43 | 57.56 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.06  | 0.06  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 11.21 | 11.21 | 12.19 | 12.20 | 12.20 | 12.20 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| TiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.97  | 1.92  | 0.97  | 1.92  | 0.97  | 1.93  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.96  | 0.91  | 1.07  | 1.14  | 0.96  | 0.00  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 式 I                                                                                                                 | 8.63  | 8.58  | 8.44  | 8.28  | 8.55  | 8.51  |
| K <sub>1C</sub> (CNSB)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| K <sub>1C</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.234 | 0.229 | 0.231 |       | 0.232 | 0.227 |
| E (GPa)                                                                                                             | 82.70 | 81.80 | 82.10 |       | 81.70 | 80.70 |
| G (GPa)                                                                                                             | 33.50 | 33.30 | 33.30 |       | 33.20 | 32.90 |

表 1 (續)

| 組分(莫耳%)                                                                                                             | CA    | CB    | CC    | CD    | CE    | CF    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 18.17 | 18.16 | 17.20 | 16.13 | 18.03 | 18.16 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 6.20  | 6.16  | 6.01  | 6.08  | 6.10  | 6.20  |
| CaO                                                                                                                 | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.04  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                    | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| MgO                                                                                                                 | 4.10  | 3.04  | 4.09  | 4.06  | 2.99  | 2.06  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                   | 2.01  | 2.01  | 2.01  | 2.03  | 2.02  | 2.02  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                    | 57.37 | 57.46 | 57.71 | 57.65 | 57.86 | 57.49 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                   | 11.05 | 11.04 | 11.88 | 11.92 | 11.92 | 11.96 |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| SrO                                                                                                                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                       | 0.98  | 2.01  | 0.99  | 2.01  | 0.98  | 2.01  |
| (Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                            | 0.94  | 0.89  | 1.05  | 1.12  | 0.94  | 0.00  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO+La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZrO <sub>2</sub> | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 式 I                                                                                                                 | 8.64  | 8.61  | 8.44  | 8.28  | 8.54  | 8.54  |
| K <sub>IC</sub> (CNSB)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| K <sub>IC</sub> (雙重扭轉)                                                                                              |       |       |       |       |       |       |
| 卜瓦松比值                                                                                                               | 0.232 | 0.231 | 0.232 | 0.236 | 0.234 | 0.233 |
| E (GPa)                                                                                                             | 84.50 | 85.50 | 84.10 | 85.80 | 84.70 | 84.90 |
| G (GPa)                                                                                                             | 34.30 | 34.80 | 34.10 | 34.70 | 34.30 | 34.40 |

【0110】 用樣品 W 的成分形成厚度為 0.8 mm 之玻璃製品。在含有 95 重量 % 的 KNO<sub>3</sub> 和 5 重量 % 的 NaNO<sub>3</sub> 之浴中，於 430 °C 的浴溫度下，使玻璃製品進行離子交換達 8 小時、10 小時、12 小時及 12.5 小時。為了討論起見，這些經強化的玻璃製品將被稱為玻璃製品 W。如本文所述進行測量所得之壓縮應力 (CS) 和鉀層深度 (鉀 DOL) 繪示於第 3 圖。亦如本文所述使用 SCALP 測量中心張力 (CT)，並計算由離子交換導致的重量增加，結果繪示在第 4 圖中。

【0111】 用樣品 B I 的成分形成厚度為 0.8 mm 之玻璃製品。在含有 95 重量 % 的 KNO<sub>3</sub> 和 5 重量 % 的 NaNO<sub>3</sub> 之浴

中，於  $450^{\circ}\text{C}$  的浴溫度下，使玻璃製品進行離子交換達 16 小時。為了討論起見，這些經強化的玻璃製品將被稱為玻璃製品 B I。如本文所述，以 S C A L P 測量玻璃製品 B I 的應力分佈，並繪示於第 5 圖中。亦以 S C A L P 測量上文所述經離子交換達 12.5 小時之玻璃製品 W 的應力分佈，並繪示於第 5 圖中。在第 5 圖中，將壓縮應力顯示為負值，與上文描述之慣例相反。

【0112】 用以下成分形成厚度為 0.8 mm 之對照玻璃製品：70.94 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$ 、1.86 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、12.83 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、2.36 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$ 、8.22 莫耳 % 的  $\text{Li}_2\text{O}$ 、2.87 莫耳 % 的  $\text{MgO}$ 、0.83 莫耳 % 的  $\text{ZnO}$  及 0.06 莫耳 % 的  $\text{SnO}_2$ 。在含有 93.5 重量 % 的  $\text{KNO}_3$  和 6.5 重量 % 的  $\text{NaNO}_3$  之浴中，於  $430^{\circ}\text{C}$  的浴溫度下，使玻璃製品進行離子交換達 4.5 小時。為了討論起見，這些經強化的玻璃製品將被稱為對照製品 1。如本文所述，以 S C A L P 測量對照製品 1 的應力分佈。對照製品 1、經離子交換達 12 小時之玻璃製品 W 和經離子交換達 16 小時之玻璃製品 B I 的測得應力分佈繪示於第 6 及 7 圖，其中第 7 圖繪示  $0\text{ }\mu\text{m}$  至  $200\text{ }\mu\text{m}$  深度區域中的增強細節。如第 3 至 7 圖所示，本文所述之玻璃成分能進行離子交換以產生期望的應力分佈。

【0113】 除非另有說明，否則本說明書中描述的所有組成成分、關係和比值均以莫耳 % 提供。本說明書中揭示的

所有範圍包括廣泛揭示之範圍所涵蓋的任何和所有範圍和子範圍，無論是否在揭示範圍之前或之後明確說明。

【0114】對於本領域技術人員顯而易見的是，在不脫離所主張標的的精神和範圍的情況下，可以對本文描述的實施例進行各種修飾和變化。因此，本說明書旨在涵蓋本文描述的各種實施例之修飾和變化，只要這些修飾和變化落入隨附請求項及其均等範圍內。

【符號說明】

【0115】

100 玻璃

110 第一表面

112 第二表面

120 第一區段

122 第二區段

130 中央區域

$d_1$  深度

$d_2$  深度

200 消費性電子裝置

202 外殼

204 正面

206 背面

208 側面

210 顯示器

212 覆蓋基板

【生物材料寄存】

【 0 1 1 6 】      國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 1 7 】      國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種玻璃製品，包含：

50 莫耳%至 69 莫耳%的  $\text{SiO}_2$ ；

12.5 莫耳%至 25 莫耳%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；

大於或等於 2.0 莫耳%至 8 莫耳%的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ；

大於 0 莫耳%至 4 莫耳%的  $\text{CaO}$ ；

大於 0 莫耳%至 17.5 莫耳%的  $\text{MgO}$ ；

0.5 莫耳%至 8 莫耳%的  $\text{Na}_2\text{O}$ ；

0 莫耳%至 2.5 莫耳%的  $\text{La}_2\text{O}_3$ ；及

大於 8 莫耳%至 18 莫耳%的  $\text{Li}_2\text{O}$ ；

其中：

$(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  係大於或等於 1，

其中各組分的值以莫耳%計；且

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$  係

從大於 23 莫耳%至小於 50 莫耳%。

【請求項2】 如請求項1所述之玻璃製品，包含以下至少一者：

0 莫耳%至 2 莫耳%的  $\text{TiO}_2$ ，

0 莫耳%至 2.5 莫耳%的  $\text{ZrO}_2$ ，

0 莫耳%至 1 莫耳%的  $\text{SrO}$ ，及

0 莫耳%至 2 莫耳%的  $\text{Y}_2\text{O}_3$ 。

【請求項3】 如請求項1或2所述之玻璃製品，其中該

玻璃製品實質上不含  $P_2O_5$ 。

【請求項4】 如請求項1或2所述之玻璃製品，包含大於或等於2.5莫耳%至8莫耳%的  $B_2O_3$ 。

【請求項5】 如請求項1或2所述之玻璃製品，其中該玻璃製品之特徵在於以下至少一者：

由人字形短棒法(*chevron short bar method*)測得之  $K_{Ic}$  值為至少0.75；及

由雙重扭轉法(*double torsion method*)測得之  $K_{Ic}$  值為至少0.8。

【請求項6】 一種玻璃製品，包含：

該玻璃製品的一中心處之一成分包含：

50莫耳%至69莫耳%的  $SiO_2$ ；

12.5莫耳%至25莫耳%的  $Al_2O_3$ ；

大於或等於2.0莫耳%至8莫耳%的  $B_2O_3$ ；

大於0莫耳%至4莫耳%的  $CaO$ ；

大於0莫耳%至17.5莫耳%的  $MgO$ ；

0.5莫耳%至8莫耳%的  $Na_2O$ ；

0莫耳%至2.5莫耳%的  $La_2O_3$ ；及

大於8莫耳%至18莫耳%的  $Li_2O$ ；其中：

$(Li_2O + Na_2O + MgO) / Al_2O_3$  係大於或等於1，

其中各組分的值以莫耳%計；

$Al_2O_3 + MgO + Li_2O + ZrO_2 + La_2O_3 + Y_2O_3$

係從大於 23 莫耳%至小於 50 莫耳%，

一壓縮應力區域，從該玻璃製品之一表面延伸至一壓縮深度。

【請求項7】 如請求項6所述之玻璃製品，其中該玻璃製品包含至少 400 MPa 之一壓縮應力。

【請求項8】 如請求項6或7所述之玻璃製品，其中該壓縮深度為該玻璃製品的厚度之至少 20%。

【請求項9】 如請求項6或7所述之玻璃製品，其中該玻璃製品包含小於 85 MPa 之一最大中心張力。

【請求項10】 一種玻璃製品，包含：

$\text{SiO}_2$ ；

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ；

$\text{Li}_2\text{O}$ ；及

大於或等於 2.0 莫耳%至 8 莫耳%的  $\text{B}_2\text{O}_3$ ；

其中該玻璃之特徵在於以下至少一者：

由人字形短棒法(*chevron short bar method*)

測得之  $K_{Ic}$  值為至少 0.75；及

由雙重扭轉法(*double torsion method*)測得

之  $K_{Ic}$  值為至少 0.8；

其中  $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  係大於或等於 1，其中各組分的值以莫耳%計。

【請求項11】 如請求項10所述之玻璃製品，進一步包含

以下至少一者： $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  及  $\text{B}_2\text{O}_3$ 。

【請求項12】如請求項1、2、6、7、10或11所述之玻璃製品，其中 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 係大於或等於1.25。

【請求項13】如請求項10或11所述之玻璃製品，其中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ 係從大於23莫耳%至小於50莫耳%。

【請求項14】如請求項1、2、6、7、10或11所述之玻璃製品，其中 $5.631 + 0.148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0.142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0.062 \cdot \text{CaO} - 0.188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0.030 \cdot \text{MgO} - 0.099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0.043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0.188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0.020 \cdot \text{ZnO} - 0.062 \cdot \text{SrO} + 0.200 \cdot \text{ZrO}_2 \geq 6.5$ ，其中各組分的值以莫耳%計。

【請求項15】一種消費性電子產品，包含：

一外殼，具有一正面、一背面及側面；

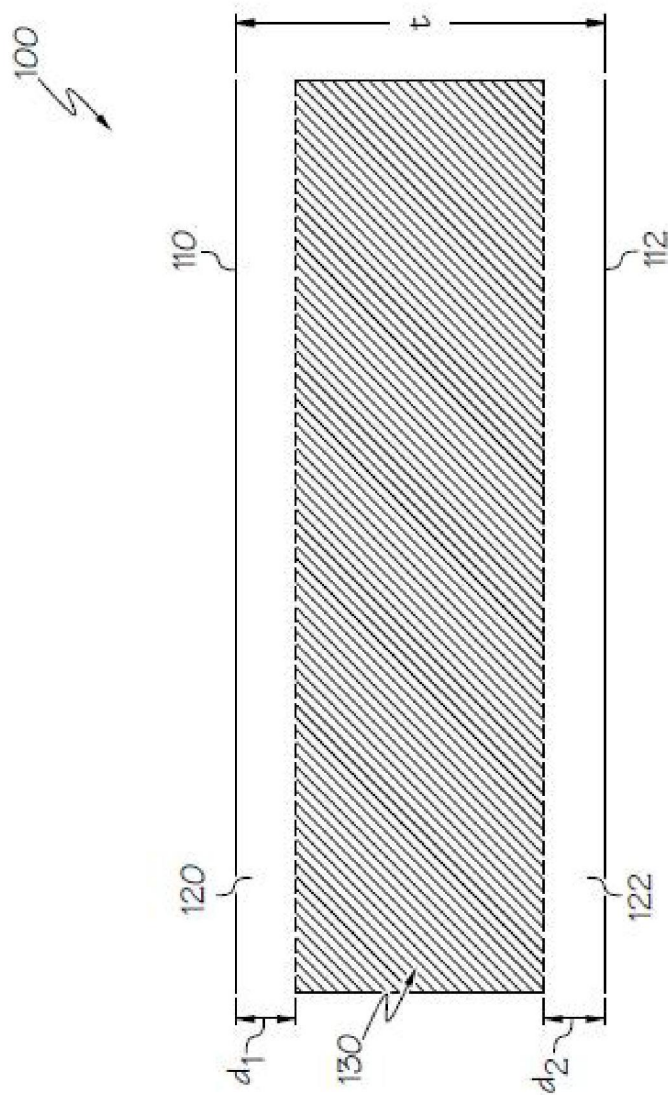
電子部件，至少部分地提供在該外殼內，該等電子部件包括至少一控制器、一記憶體及一顯示器，該顯示器被提供於該外殼之該正面處或鄰近該外殼之該正面；及

一覆蓋玻璃，設置於該顯示器上方，

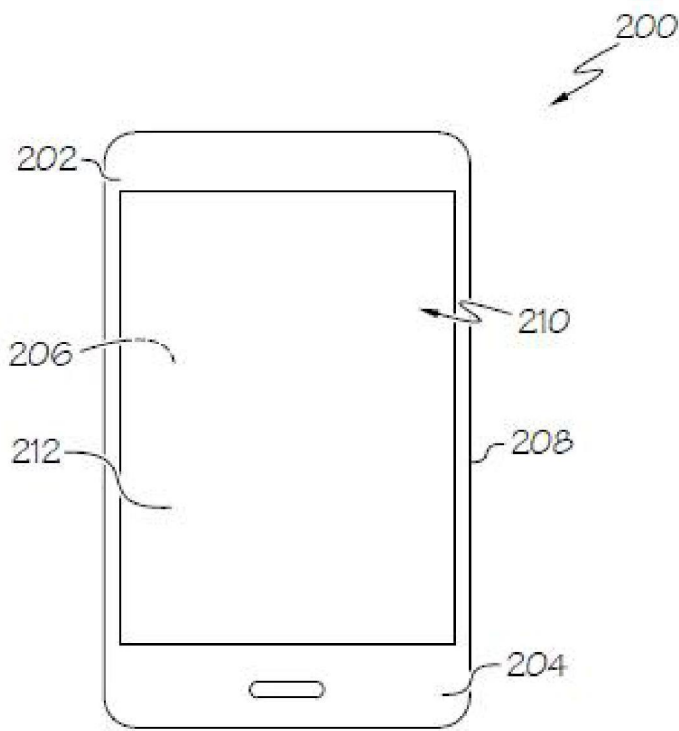
其中該外殼之一部分或該覆蓋玻璃之一部分中之至

少一者包含如請求項 1 至 14 中任一項所述之玻璃製品。

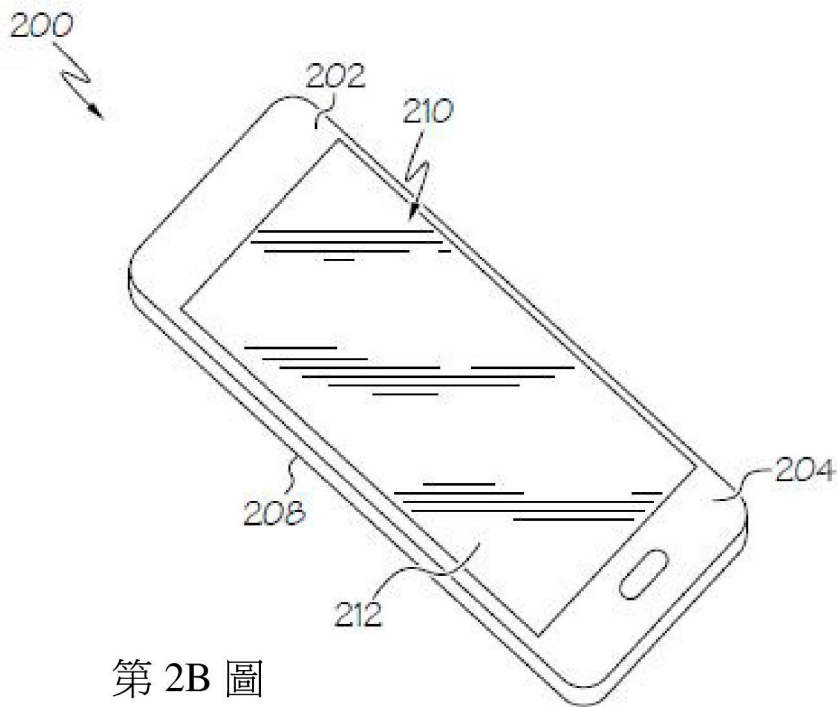
【發明圖式】



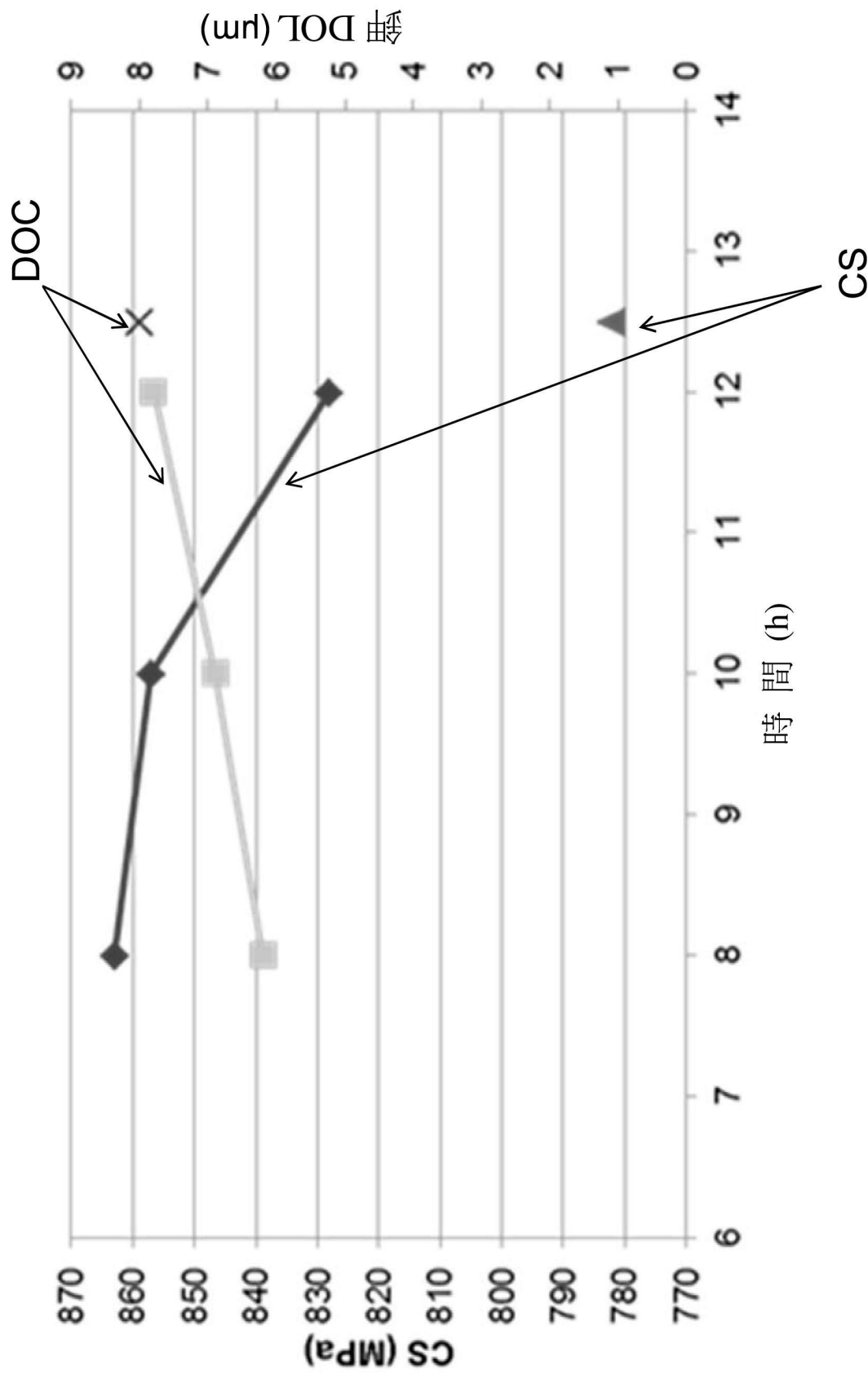
第 1 圖



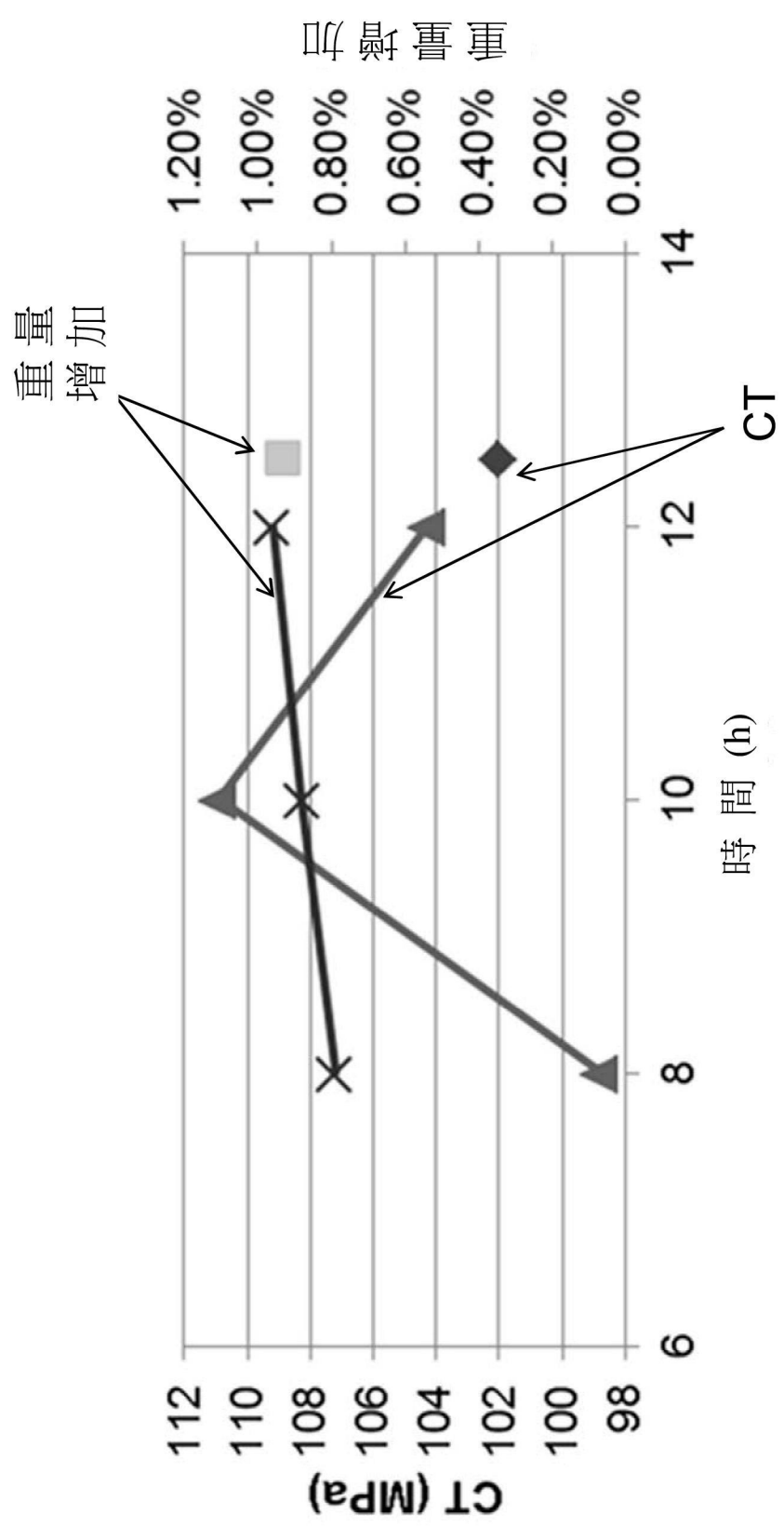
第 2A 圖



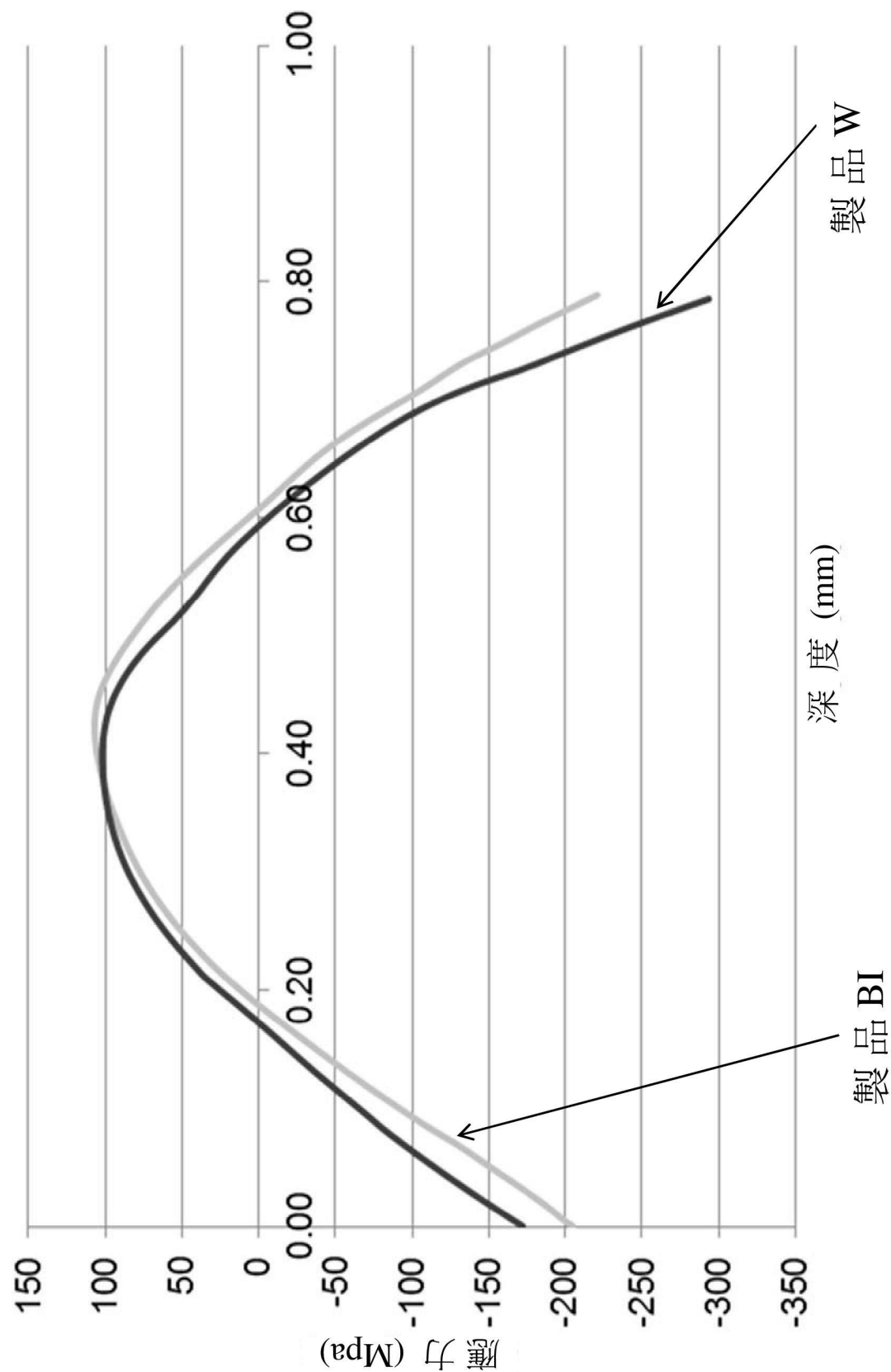
第 2B 圖



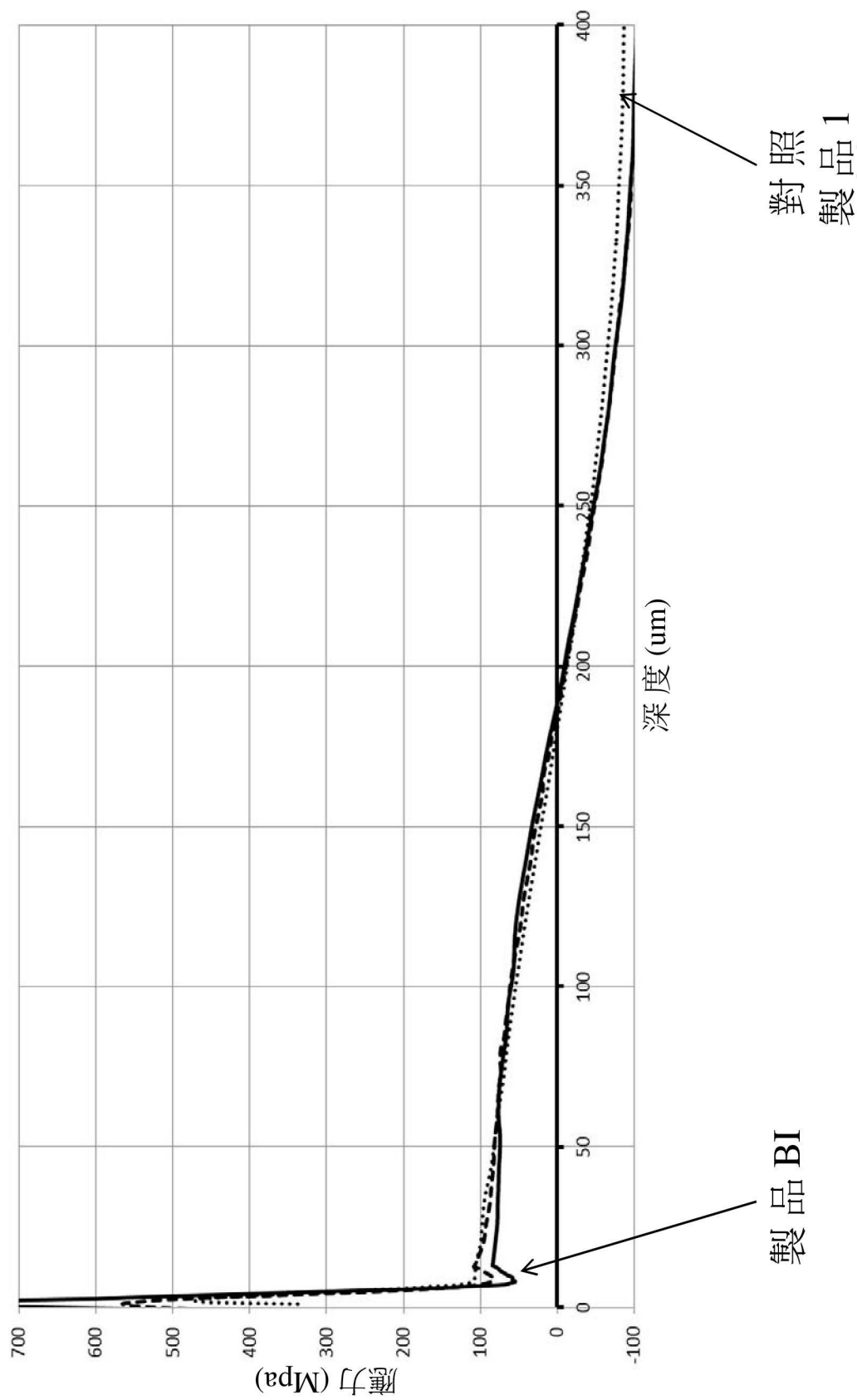
第3圖



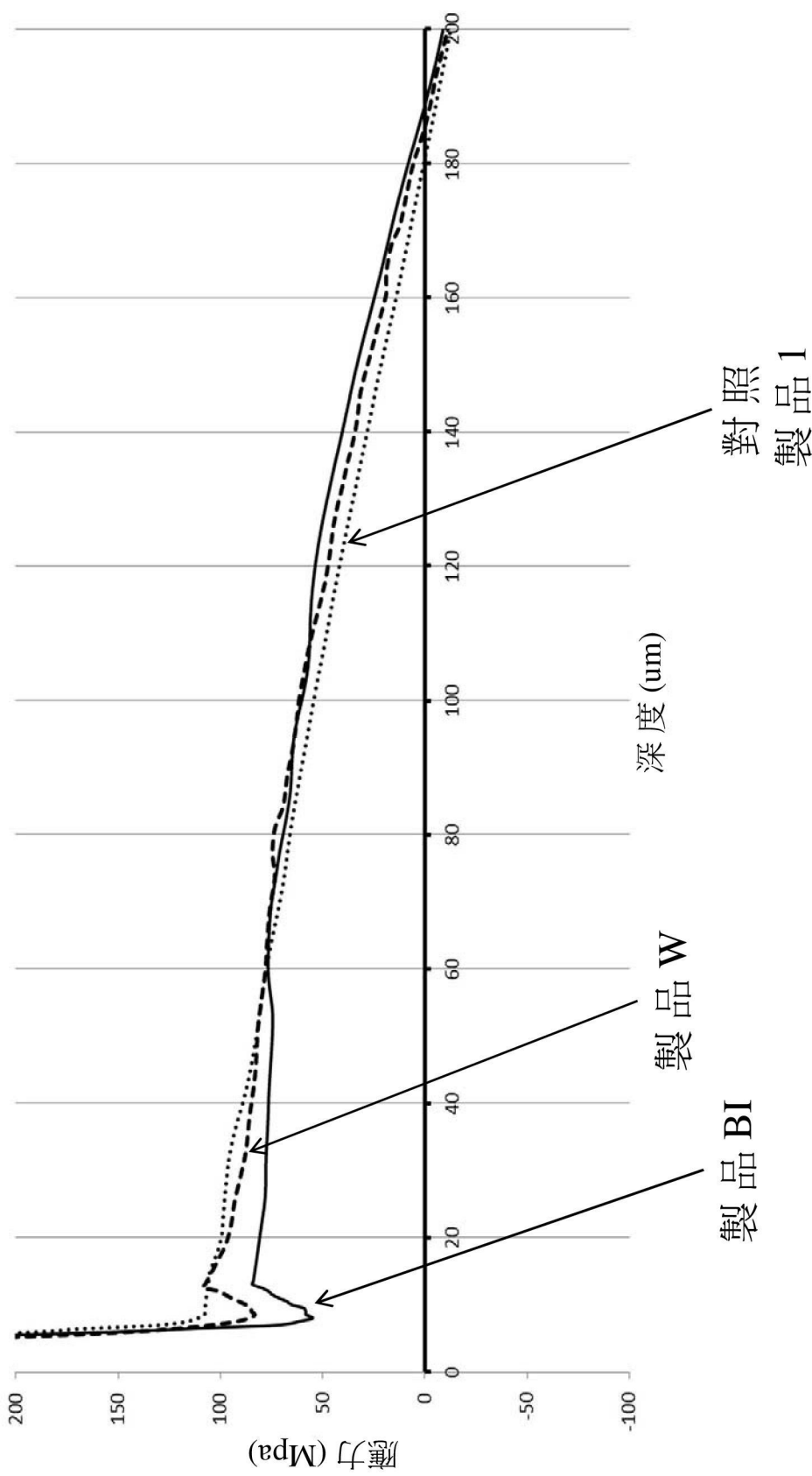
第4圖



第 5 圖



第 6 圖



第7圖