



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201350449 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：102109889

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl.：

C03B27/03 (2006.01)

C03C3/085 (2006.01)

C03C3/093 (2006.01)

(30)優先權：2012/06/08

美國

61/657,279

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

美國

(72)發明人：巴雷夫克里斯汀 L BAREFOOT, KRISTEN L. (US)；布萊斯詹姆士喬瑟夫 PRICE, JAMES JOSEPH (US)；庫因塔約瑟馬里歐 QUINTAL, JOSE MARIO (US)；史蒂瓦特羅那度雷諾伊 STEWART, RONALD LEROY (US)；布羅可維大衛約翰 BROCKWAY, DAVID JOHN (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：4 共 46 頁

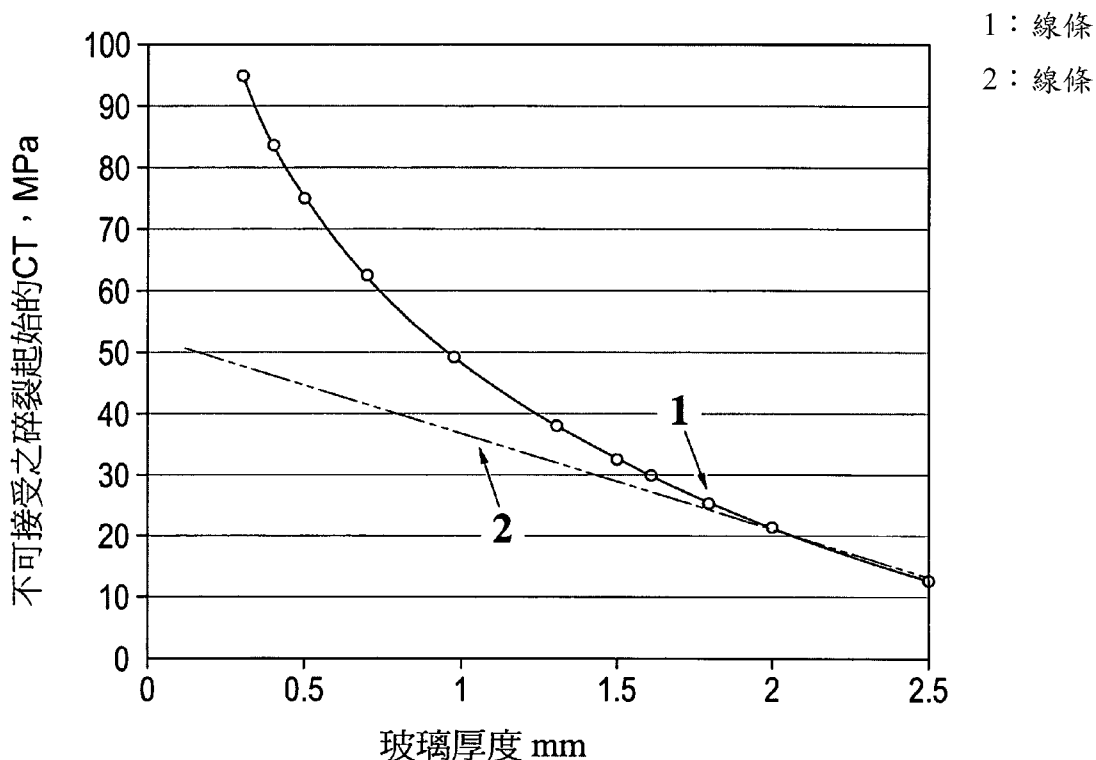
(54)名稱

強化玻璃物件及製造方法

STRENGTHENED GLASS ARTICLES AND METHODS OF MAKING

(57)摘要

本發明揭示一種具有中心張力之強化玻璃物件，該中心張力低於臨限值，在該臨限值以上玻璃顯示易碎行為。中心張力隨著玻璃之厚度而非線性地變化。玻璃物件可用作諸如蜂巢式電話、音樂播放機之便攜或行動電子裝置及包括膝上型電腦等之資訊終端(IT)裝置的蓋板或視窗。



第2圖



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201350449 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：102109889

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl.：

C03B27/03 (2006.01)

C03C3/085 (2006.01)

C03C3/093 (2006.01)

(30)優先權：2012/06/08

美國

61/657,279

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

美國

(72)發明人：巴雷夫克里斯汀 L BAREFOOT, KRISTEN L. (US)；布萊斯詹姆士喬瑟夫 PRICE, JAMES JOSEPH (US)；庫因塔約瑟馬里歐 QUINTAL, JOSE MARIO (US)；史蒂瓦特羅那度雷諾伊 STEWART, RONALD LEROY (US)；布羅可維大衛約翰 BROCKWAY, DAVID JOHN (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：4 共 46 頁

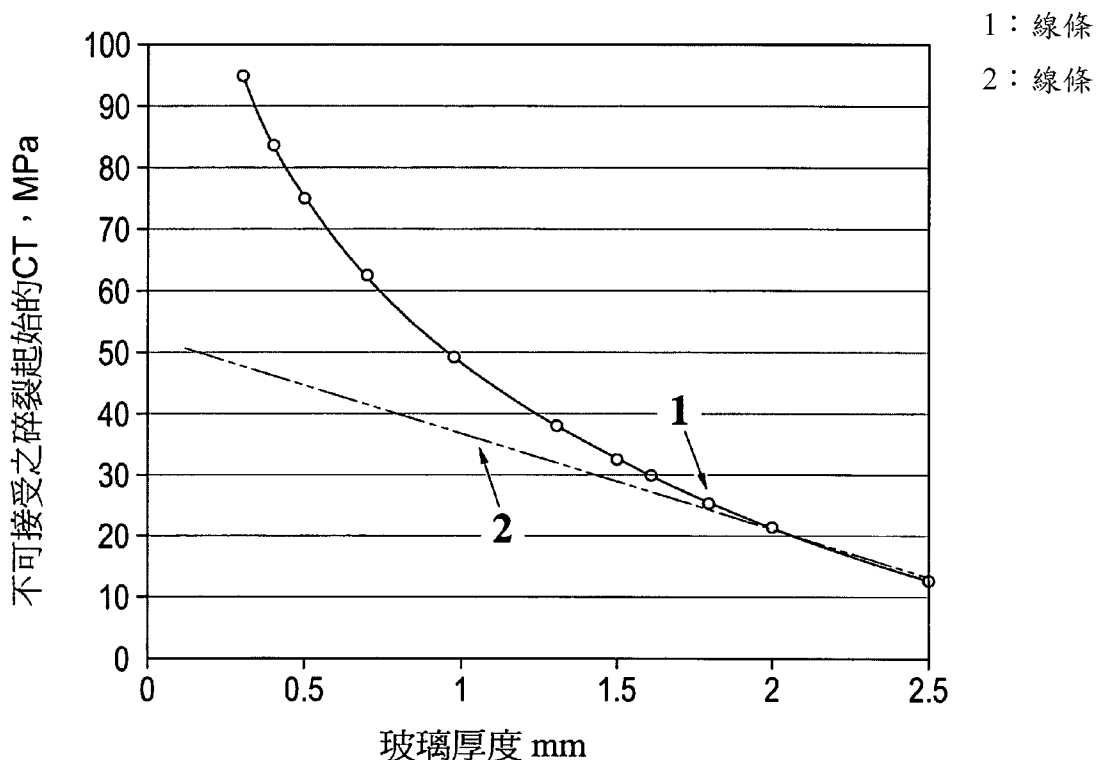
(54)名稱

強化玻璃物件及製造方法

STRENGTHENED GLASS ARTICLES AND METHODS OF MAKING

(57)摘要

本發明揭示一種具有中心張力之強化玻璃物件，該中心張力低於臨限值，在該臨限值以上玻璃顯示易碎行為。中心張力隨著玻璃之厚度而非線性地變化。玻璃物件可用作諸如蜂巢式電話、音樂播放機之便攜或行動電子裝置及包括膝上型電腦等之資訊終端(IT)裝置的蓋板或視窗。



第2圖

發明摘要

※ 申請案號：102109889

※ 申請日：2013 年 03 月 20 日

※IPC 分類：

C03B 27/03 (2006.01)

C03C 3/085 (2006.01)

3/093 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

強化玻璃物件及製造方法

STRENGTHENED GLASS ARTICLES AND METHODS OF MAKING

【中文】

本發明揭示一種具有中心張力之強化玻璃物件，該中心張力低於臨限值，在該臨限值以上玻璃顯示易碎行為。中心張力隨著玻璃之厚度而非線性地變化。玻璃物件可用作諸如蜂巢式電話、音樂播放機之便攜或行動電子裝置及包括膝上型電腦等之資訊終端（IT）裝置的蓋板或視窗。

【英文】

A strengthened glass article having a central tension that is below a threshold value above which the glass exhibits frangible behavior. The central tension varies non-linearly with the thickness of the glass. The glass article may be used as cover plates or windows for portable or mobile electronic devices such as cellular phones, music players, information terminal (IT) devices, including laptop computers, and the like.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖

【本代表圖之符號簡單說明】：

1 線條

發明摘要

※ 申請案號：102109889

※ 申請日：2013 年 03 月 20 日

※IPC 分類：

C03B 27/03 (2006.01)

C03C 3/085 (2006.01)

3/093 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

強化玻璃物件及製造方法

STRENGTHENED GLASS ARTICLES AND METHODS OF MAKING

【中文】

本發明揭示一種具有中心張力之強化玻璃物件，該中心張力低於臨限值，在該臨限值以上玻璃顯示易碎行為。中心張力隨著玻璃之厚度而非線性地變化。玻璃物件可用作諸如蜂巢式電話、音樂播放機之便攜或行動電子裝置及包括膝上型電腦等之資訊終端（IT）裝置的蓋板或視窗。

【英文】

A strengthened glass article having a central tension that is below a threshold value above which the glass exhibits frangible behavior. The central tension varies non-linearly with the thickness of the glass. The glass article may be used as cover plates or windows for portable or mobile electronic devices such as cellular phones, music players, information terminal (IT) devices, including laptop computers, and the like.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖

【本代表圖之符號簡單說明】：

1 線條

2 線 條

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

強化玻璃物件及製造方法

STRENGTHENED GLASS ARTICLES AND METHODS OF MAKING

【相關申請案之交叉引用】

【0001】 本申請案主張 2012 年 6 月 8 日提出申請的美國臨時申請案序號第 61/657,279 號之優先權，該案之全文以引用之方式併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本發明係關於強化玻璃物件及製造方法。

【先前技術】

【0003】 化學強化玻璃已經確定用於在諸如行動電話、媒體播放機及其他裝置之手持型裝置中，以及需要透明性、高強度及耐磨性之其他應用中。然而，此等玻璃潛在地易受易碎行為之影響，亦即，玻璃在與足夠之穿透力發生衝擊時有力地碎裂成為大量小碎塊。

【發明內容】

【0004】 本文提供並描述具有中心張力之強化玻璃，該中心張力低於臨限值，在該臨限值以上，玻璃顯示易碎行為。易碎行為之臨限中心張力隨著玻璃之厚度而非線性地變化。玻璃可用作諸如蜂巢式電話、音樂播放機之便攜或行動電子通信娛樂裝置及諸如膝上型電腦等之資訊終端 (IT) 裝置的蓋板或視窗。

【0005】 因此，本揭示案之一個態樣為提供一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有厚度 $t < 0.5 \text{ mm}$ ，且該強化玻璃物件包含：外部區域，外部區域自物件之表面延伸至物件內之層深度 DOL，其中外部區域在壓縮應力 CS

之下；及內部區域，其中內部區域在中心張力 CT 之下，且其中 $-15.7(\text{MPa/mm}) \cdot t(\text{mm}) + 52.5(\text{MPa}) < \text{CT}(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ ，其中 CT 以兆帕 (MPa) 來表示且 t 以毫米 (mm) 來表示。

【0006】 本揭示案之另一態樣為提供一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有厚度 $t < 0.5 \text{ mm}$ ，且該強化玻璃物件包含：外部區域，外部區域自物件之表面延伸至物件內之層深度 DOL，其中外部區域在壓縮應力 CS 之下；及內部區域，該內部區域在以兆帕 (MPa) 來表示之中心張力 CT 之下，其中 $\text{CT}(\text{MPa}) > -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa})$ 。強化玻璃物件在遭受到足以使強化玻璃物件破碎之點衝擊時為實質上非易碎的。

【0007】 本揭示案之又一態樣為提供一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有厚度 $t < 0.5 \text{ mm}$ ，且該強化玻璃物件包含：外部區域，該外部區域自物件之表面延伸至物件內之至少 $30 \mu\text{m}$ 的層深度 DOL，其中外部區域在至少 600 MPa 的壓縮應力 CS 之下；及內部區域，其中內部區域在中心張力 CT 之下，且其中 $-38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \leq \text{CT}(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ 。強化玻璃物件在遭受到足以使強化玻璃物件破碎之點衝擊時為實質上非易碎的並且具有小於 3 之易碎性指數。

【0008】 該等及其他態樣、優勢及顯著特徵自以下詳細描述、隨附圖式及附加申請專利範圍將顯而易見。

【圖式簡單說明】

【0009】 第 1a 圖為圖示強化玻璃物件的相片，該強化玻璃物件 1) 對碎裂顯示出易碎行為及 2) 對碎裂顯示出非易碎行為；

【0010】 第 1b 圖為圖示對碎裂顯示出非易碎行為之強化玻璃片的相片；

【0011】 第 1c 圖為圖示定位於柵格之中心的樣本受到衝擊後的相片，該柵格用以量測碎片射出且定位玻璃樣本及玻璃樣本上之衝擊點兩者；

【0012】 第 2 圖包括作為強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃物件之玻璃厚度之函數的臨限中心張力的繪圖；

【0013】 第 3 圖為強化玻璃物件之示意圖；及

【0014】 第 4 圖包括作為強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃物件之玻璃厚度之函數的臨限中心張力的繪圖。

【實施方式】

【0015】 在以下描述中，貫穿圖中所示之若干視圖，類似元件符號表示類似或相應部件。亦應理解，除非另外規定，否則諸如「頂部」、「底部」、「外面」、「內部」等之術語為方便用語且不應被理解為限制性術語。另外，每當將群組描述為包含元件群組及元件組合中之至少一者時，可理解為群組可包含任何數目之個別地或彼此組合地列舉的彼等元件、主要由彼等元件組成或由彼等元件組成。同樣地，每當將群組描述為由元件群組及元件組合中之至少一者組成時，可理解為群組可由任何數目之個別地或彼此組合地列舉的彼等元件組成。除非另外規定，否則值之範圍在列舉時包括該範圍之上限及下限兩者以及該上限與該下限之間的任何子範圍。

【0016】 大體而言，參看圖式應理解，圖解出於描述具體實施例之目的而不欲將本揭示案或附加之申請專利範圍限於此。圖式不一定係按照比例的，並且為了清楚及簡潔起見，可將圖式的某些特徵及某些視圖依比例或示意圖而誇張地展示。

【0017】 易碎行為（文中亦被稱為「易碎性」）指代玻璃物件之極端碎裂行為。易碎行為係發展物件內之過度的內部或中心張力 CT 之結果，從而導致物件經破裂後強勁或劇烈地碎裂。在經熱回火、層合或化學強化（例如，

藉由離子交換來強化)之玻璃物件中，在玻璃物件（例如，板或片）之表面或外部區域中的壓縮應力（CS）與玻璃板之中心中之張應力的平衡提供足夠之能量以引起來自物件之小玻璃碎塊及/或粒子之多個裂縫分歧與射出或「拋擲」時，可發生易碎行為。發生此射出之速度係玻璃物件內之剩餘能量的結果，該剩餘能量經儲存作為中心張力 CT。

【0018】 玻璃物件之易碎性係中心張力 CT 及壓縮應力 CS 之函數。詳言之，可自壓縮應力 CS 計算玻璃物件內之中心張力 CT。在給定最大 CS 值及壓縮應力層之經量測深度（文中亦被稱為「層深度」或「DOL」）的情況下，在表面附近（亦即，100 μm 之內）量測壓縮應力 CS。使用此項技術中所熟知之彼等手段來量測壓縮應力及層深度。此等手段包括（但不限於）表面應力量測(FSM)，其中該表面應力量測使用諸如由 Luceo 有限公司(日本東京)製造之 FSM-6000 等之市售器械，且量測壓縮應力及層深度之方法描述於名為「Standard Specification for Chemically Strengthened Flat Glass」之 ASTM 1422C-99 及名為「Standard Test Method for Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed, Heat-Strengthened, and Fully-Tempered Flat Glass」之 ASTM 1279.19779 中，該兩者之內容以引用之方式全部併入本文中。表面應力量測依賴於與玻璃之雙折射率相關之應力光學係數（SOC）的準確量測。SOC 又係藉由此項技術中所熟知之彼等方法來量測，諸如光纖及四點彎曲方法及大容量圓筒法，該等光纖及四點彎曲方法皆描述於名為「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」之 ASTM 標準 C770-98 (2008) 中，該文之內容以引用之方式全部併入本文中。CS 及中心張力 CT 之間的關係由以下運算式提供：

$$CT = (CS \cdot DOL) / (t - 2 DOL) \quad (1),$$

其中 t 為玻璃物件之厚度。除非另外規定，否則在本文中以兆帕（MPa）來表示中心張力 CT 及壓縮應力 CS，而以毫米（mm）來表示厚度 t 及層深度 DOL。可被設計至玻璃物件中或可提供至玻璃物件之壓縮層的深度 DOL 及壓縮應力 CS 的最大值受限於此易碎行為。因而，易碎行為係在各種玻璃物件之設計中所要考慮到的一個考慮因素。

【0019】 易碎行為具有以下特徵中之至少一者：強化玻璃物件（例如，板或片）至多個小碎塊（例如， $\leq 1\text{ mm}$ ）之破碎；玻璃物件之每一單位面積所形成之碎片的數目；來自玻璃物件中之初始裂縫之多個裂縫分歧；及距原始位置特定距離（例如，約 5 cm 或約 2 英寸）之至少一個碎片的猛烈射出；及前述破碎（大小及密度）、裂化及射出行為之任何組合。如本文所使用，術語「易碎行為」及「易碎性」指代無任何約束（諸如塗層、黏接層等）之強化玻璃物件之彼等猛烈的或劇烈的碎裂方式。儘管可將塗層、黏接層等與本文所述之強化玻璃物件共同使用，但此等外部約束並未用於確定玻璃物件之易碎性或易碎行為。

【0020】 第 1a 圖及第 1b 圖圖示與諸如（舉例而言）具有碳化矽尖端之壓頭的鋒利壓頭工具發生點衝擊時強化玻璃物件之易碎行為及非易碎/實質上非易碎行為的實例。用以確定易碎行為之點衝擊測試包括諸如上文所述之壓頭工具，以恰好足以釋放存在於強化玻璃物件內之內部儲存能量的力量來將該壓頭工具傳遞至玻璃物件之表面，使該壓頭工具掉落於玻璃表面上或對該壓頭工具加重以提供玻璃物件之碎裂效果所需的力量。亦即，點衝擊力足以在強化玻璃片之表面產生至少一個新的裂縫並使裂縫延伸穿過

壓縮應力 CS 區域（亦即，層深度）進入中心張力 CT 下的區域。可藉由調節壓頭工具之重量或壓頭工具掉落於玻璃物件之表面上的距離來調節足以產生此裂縫之點衝擊力。於強化玻璃片中產生或活化裂縫所需之衝擊能量取決於物件之壓縮應力 CS 及層深度 DOL，並因此取決於將該片強化之條件（亦即，用以藉由離子交換來強化玻璃之條件）。另外，每一經離子交換之玻璃板皆遭受到足以使裂縫擴展至板之內部區域中之鋒利鏢壓頭接觸，內部區域處於張應力之下。施加於玻璃板之力量恰好足以使得裂縫達到內部區域之起點，從而允許具有使裂縫源自內部區域中之張應力而非源自外表面上之鏢衝擊之力量的能量。爲了準確地量測碎片射出及可再現地定位玻璃物件及物件上之衝擊點兩者，可將每一樣本定位/放置於柵格上以便確保此再現性。第 1c 圖爲圖示定位於此種柵格之中心之樣本（衝擊之後）的相片。放置線 **a** 確保在衝擊之前玻璃樣本於中心 **c** 之正確放置及衝擊點在樣本間的一致定位。自中心 **c** 產生之同心圓 **b** 用以量測每一玻璃碎片之射出距離。

【0021】 第 1a 圖及第 1b 圖中所示之玻璃片爲 50 mm x 50 mm 之經離子交換的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃板，每一樣本具有 0.5 mm 之厚度。樣本中之每一者具有 66.7 莫耳%之 SiO_2 、10.5 莫耳%之 Al_2O_3 、0.64 莫耳%之 B_2O_3 、13.8 莫耳%之 Na_2O 、2.06 莫耳%之 K_2O 、5.50 莫耳%之 MgO 、0.46 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.34 莫耳%之 As_2O_3 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 ，或 66.4 莫耳%之 SiO_2 、10.3 莫耳%之 Al_2O_3 、0.60 莫耳%之 B_2O_3 、14.0 莫耳%之 Na_2O 、2.10 莫耳%之 K_2O 、5.76 莫耳%之 MgO 、0.58 莫耳%之 CaO 、0.01

莫耳%之 ZrO_2 、0.21 莫耳%之 SnO_2 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 之組合物。第 1a 圖及第 1b 圖中所示之玻璃板中之每一者經離子交換。

【0022】 參看第 1a 圖，可將玻璃板 **a** (第 1a 圖) 歸類為易碎的。詳言之，玻璃板 **a** 碎裂成為經射出之多個小碎塊，並顯示自初始裂縫之大程度的裂縫分歧以產生該等小碎塊。近似 50% 之碎片的大小小於 1 mm，且據估計約 8 至 10 個裂縫自初始裂縫出現分歧。亦將玻璃碎塊自玻璃板 **a** 射出約 5 cm，如第 1a 圖中所見。將顯示出上文所述之三個標準（亦即，多個裂縫分歧，射出及極端碎裂）中之任一者的玻璃物件歸類為易碎的。舉例而言，若玻璃單獨顯示出過度分歧而並未顯示如上所述之射出或極端碎裂，則將玻璃之特徵定為易碎的。

【0023】 將玻璃板 **b**、**c**、(第 1b 圖) 及 **d** (第 1a 圖) 歸類為非易碎的或實質上非易碎的。在該等樣本中之每一者中，玻璃片破碎成為少量之大碎塊。舉例而言，玻璃板 **b** (第 1b 圖) 已在無裂縫分歧之情況下破碎成兩個大碎塊；玻璃板 **c** (第 1b 圖) 已藉由來自初始裂縫之兩個裂縫分歧破碎成四個碎塊；且玻璃板 **d** (第 1a 圖) 已藉由來自初始裂縫之兩個裂縫分歧破碎成四個碎塊。基於缺乏經射出之碎片（亦即，無經強勁射出超出其原始位置 2 英寸的玻璃碎塊），無大小為 $\leq 1 \text{ mm}$ 之可見碎片及所觀測之裂縫分歧的最小數量，將樣本 **b**、**c** 及 **d** 歸類為非易碎的或實質上非易碎的。

【0024】 基於前文所述，易碎性指數（表 1）可經構造以量化玻璃、玻璃陶瓷及/或陶瓷物件在與另一物體衝擊時之易碎或非易碎行為之程度。範圍為自非易碎行為 1 至高度易碎行為 5 之指數已經指派以描述不同的易碎性

或非易碎性位準。使用指數，易碎性之特徵可表現為以下眾多參數：1）直徑（亦即，最大尺寸）小於 1 mm 之碎片之群體的百分比（表 1 中之「碎片大小」）；2）樣本之每一單位面積（在此情況下為 cm²）所形成之碎片的數目（表 1 中之「碎片密度」）；3）自受到衝擊時形成之初始裂縫出現分歧之裂縫的數目（表 1 中之「裂縫分歧」）；及受到衝擊時經射出超過其原始位置約 5 cm(或約 2 英寸)之碎片之群體的百分比(表 1 中之「射出」)。

表 1 用於確定易碎性程度及易碎性指數之標準。

易碎性程度	易碎性指數	碎片大小 (%≤ 1 mm)	碎片密度 (碎片/cm ²)	裂縫分歧	射出 (% ≥ 5 cm)
高	5	> 20	>7	> 9	>6
中	4	10 < n ≤ 20	5 < n ≤ 7	7 < n ≤ 9	4 < n ≤ 6
低	3	5 < n ≤ 10	3 < n ≤ 5	5 < n ≤ 7	2 < n ≤ 4
無	2	0 < n ≤ 5	1 < n ≤ 3	2 < n ≤ 5	0 < n ≤ 2
	1	0	n ≤ 1	n ≤ 2	0

【0025】 若玻璃物件滿足與特定指數值相關聯之標準中的至少一者，則向玻璃物件指派易碎性指數。或者，若玻璃物件滿足兩個特定易碎性位準之間的標準，則可為該物件指派易碎性指數範圍（例如，2-3 之易碎性指數）。可為玻璃物件指派如自表 1 中所列出之個別標準中確定之易碎性指數之最高值。在諸多實例中，不可能確定表 1 中所列出之標準中之每一者的值，諸如碎裂密度或經射出超過其原始位置 5 cm 之碎片的百分比。不同之標準因此而認為是易碎行為及易碎性指數之個別的替代性量度，使得將為屬於一個標準位準之玻璃物件指派相應之易碎性程度及易碎性指數。若

基於表 1 中所列出之四個標準中之任一者的易碎性指數為 3 或更大，則將玻璃物件歸類為易碎的。

【0026】 將前述易碎性指數應用於第 1a 圖及第 1b 圖所示之樣本，玻璃板 **a** 碎裂成為多個經射出之小碎塊並顯示自初始裂縫之大程度的裂縫分歧以產生該等小碎塊。近似 50%之碎片的大小小於 1 mm 且據估計約 8 至 10 個裂縫自初始裂縫出現分歧。基於表 1 中所列出之標準，玻璃板 **a** 之易碎性指數為 4-5，且將玻璃板 **a** 歸類為具有中高程度之易碎性。

【0027】 可認為具有小於 3 之易碎性指數（低易碎性）之玻璃物件為非易碎的或實質上非易碎的。玻璃板 **b**、**c** 及 **d** 各自缺乏直徑小於 1 mm 之碎片、來自受到衝擊時所形成之初始裂縫的多個分歧及經射出超過其原始位置 5 cm 之碎片。玻璃板 **b**、**c** 及 **d** 為非易碎的，且因此具有為 1 的易碎性指數（並非易碎的）。

【0028】 如先前所論述，第 1a 圖及第 1b 圖中之顯示出易碎行為之玻璃板 **a** 與顯示出非易碎行為之玻璃板 **b**、**c** 及 **d** 之間的所觀測之行為的差異可歸因於所測試之樣本間的中心張力 CT 的差異。此易碎行為之可能性為設計各種玻璃產品時的一個考慮，該等玻璃產品諸如用於攜帶型或行動電子裝置（諸如蜂巢式電話、娛樂裝置等）以及用於資訊終端（IT）裝置（諸如膝上型電腦）之顯示器的蓋板或視窗。此外，可經設計至玻璃物件中或提供至玻璃物件之壓縮層深度 DOL 及壓縮應力 CS 的最大值受限於此易碎行為。

【0029】 因此，爲了避免易碎性及成爲非易碎的或實質上非易碎的（亦即，玻璃板或玻璃物件將顯示易碎行爲之可能性爲 5%或更低），應對玻璃物件進行設計以具有達到或低於玻璃物件之臨界或臨限中心張力 CT 之中心張力 CT ，從而避免與另一物體發生衝擊時的易碎性，同時將壓縮應力 CS 及層深度 DOL 皆考慮在內。基於厚度大於或等於約 2 mm 之玻璃物件之易碎行爲的經驗觀測值，產生不可接受之易碎行爲之中心壓力的「臨界」或「臨限」量與玻璃厚度 t 之間的關係迄今爲止被認爲是線性的。臨限中心張力 CT （在本文中亦被稱爲「臨限 CT 」）的實例經標繪作爲第 2 圖中之厚度 t （線條 2）的函數，據信，不可接受之易碎行爲之起始（在本文中亦被稱爲「臨界」或「臨限」中心張力值）於臨限中心張力 CT 下發生。

【0030】 由第 2 圖中所示之線條 2 來表示的資料係基於針對一系列之化學強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本而實驗觀測出的行爲，該等化學強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本具有 66.7 莫耳%之 SiO_2 、10.5 莫耳%之 Al_2O_3 、0.64 莫耳%之 B_2O_3 、13.8 莫耳%之 Na_2O 、2.06 莫耳%之 K_2O 、5.50 莫耳%之 MgO 、0.46 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.34 莫耳%之 As_2O_3 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 ，或 66.4 莫耳%之 SiO_2 、10.3 莫耳%之 Al_2O_3 、0.60 莫耳%之 B_2O_3 、14.0 莫耳%之 Na_2O 、2.10 莫耳%之 K_2O 、5.76 莫耳%之 MgO 、0.58 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.21 莫耳%之 SnO_2 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 的組合物，該等化學強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本已藉由離子交換來強化。樣本中之每一者具有至少 2 mm 之厚度。由第 2 圖中之線條 2 來表示之資料指示玻璃之臨限中心張力 CT （如自方程式（1）及 CS 、 DOL 及 t 所確

定)與厚度 t 之間的關係為線性的(在本文中亦被稱為「線性臨限中心張力 CT_2 」或「 CT_2 」)且由下述方程式來描述：

$$CT_2(\text{MPa}) = -15.7(\text{MPa/mm}) \cdot t(\text{mm}) + 52.5(\text{MPa}) \quad (2)。$$

【0031】 方程式(2)係源自針對化學強化玻璃樣本而獲得之實驗壓縮應力及層資料深度，每一化學強化玻璃樣本具有至少 2 mm 之厚度。外推至較小厚度，方程式(2)提供本文所述之強化玻璃之 CT 的下限。歸因於源自針對厚度 $t \geq 2$ 之樣本而獲得之資料且以方程式(2)表達之中心張力及壓縮應力與層深度之間的關係，相對於厚度 t 之臨限 CT_2 的線性行為限制可能產生之壓縮應力及層深度的量。因而，某些應用(尤其是使用了較薄之玻璃片之彼等應用)的設計可撓性將有望基於此線性行為而受到限制。舉例而言，玻璃片將經強化以達成 CS 及 DOL 值，從而達成低於由方程式(2)預測並由第 2 圖中之線條 2 所圖示之臨限 CT_2 值的中心張力。

【0032】 如本文所述，據發現，在強化玻璃物件與(詳言之)厚度 t 小於 2 mm 之玻璃物件中產生易碎行為之中心張力 CT 的臨界或臨限量之間的關係為非線性的。因此，在第 3 圖中提供並示意性地圖示了如本文所述之標準所界定的強化玻璃物件，諸如實質上為非易碎(亦即，無易碎行為)之強化片或板。強化玻璃物件 300 具有厚度 t 及自第一表面 310 延伸至層深度 d_1 以深入至大部分強化玻璃物件 300 中的第一壓縮層 320。在第 3 圖中所示之實施例中，玻璃物件 300 亦具有自第二表面 312 延伸至第二層深度 d_2 之第二壓縮層 322。強化玻璃物件 300 亦具有自 d_1 延伸至 d_2 之中心區域 330。中心區域 330 處於張應力或中心張力(CT)之下，該張應力或中心張

力 (CT) 平衡或抵消層 320 及 322 之壓縮應力。第一壓縮層 320 及第二壓縮層 322 之深度 d_1 、 d_2 保護強化玻璃物件 300 免於對第一表面 310 及第二表面 312 之大幅衝擊所引入的裂紋傳播，而壓縮應力最小化裂紋穿透第一壓縮層 320 及第二壓縮層 322 之深度 d_1 、 d_2 之可能性。壓縮應力層 320、322 之深度 DOL 為自表面至點之深度，其中經量測之壓縮應力在張應力區（內部區域 330）之邊界處減少為零應力。中心張力 CT 與壓縮應力 CS 之間的關係由方程式 (1) 給出，該方程式 (1) 先前表示為：

$$CT = (CS \cdot DOL) / (t - 2 DOL) \quad (1)。$$

【0033】參看第 2 圖，不可接受之易碎行為之起始（文中亦被稱為臨界或臨限中心張力）實際上發生之臨限中心張力（臨限 CT）經標繪作為厚度 t 之函數並由第 2 圖中之線條 1 來表示。線條 1 係基於鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃之經實驗所觀測出的行為，該等鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有 66.7 莫耳%之 SiO_2 、10.5 莫耳%之 Al_2O_3 、0.64 莫耳%之 B_2O_3 、13.8 莫耳%之 Na_2O 、2.06 莫耳%之 K_2O 、5.50 莫耳%之 MgO 、0.46 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.34 莫耳%之 As_2O_3 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 ，或 66.4 莫耳%之 SiO_2 、10.3 莫耳%之 Al_2O_3 、0.60 莫耳%之 B_2O_3 、14.0 莫耳%之 Na_2O 、2.10 莫耳%之 K_2O 、5.76 莫耳%之 MgO 、0.58 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.21 莫耳%之 SnO_2 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 的組合物，該等鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃已經離子交換。線條 1 所表示之資料指示中心張力 CT（下文中亦被稱為「非線性臨限中心張力 CT_1 」或「 CT_1 」）與玻璃之厚度 t 之間的關係為實際上非線性的且由以下方程式所描述：

$$CT_1(\text{MPa}) \leq -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \quad (3)。$$

【0034】 方程式(3)係源自經離子交換之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本的壓縮應力 CS 及層深度 DOL 的實驗量測，每一鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本具有小於約 1.4 mm 之厚度。據觀測，玻璃物件具有大於線性中心張力 CT_2 之非線性臨限中心張力 CT_1 ，該線性中心張力 CT_2 由方程式(2)所表示之 CT 及 t 之間的先前所預期之線性關係來界定。因此藉由以下方程式來描述不可接受之易碎行為被最小化或不存在之中心張力 CT_1 的非預期之範圍：

$$-15.7(\text{MPa/mm}) \cdot t(\text{mm}) + 52.5(\text{MPa}) \leq CT_1(\text{MPa}) \leq -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \quad (4)。$$

【0035】 鑒於先前針對具有類似或完全相同之組合物之較厚的強化玻璃樣本而觀測到之行爲，由第 2 圖之線條 1 及方程式(3)例示之容許最大 CT_1 與玻璃物件厚度之間的非線性關係爲非預期的。若 CT 與厚度之間的關係爲線性的 (CT_2)，如第 2 圖之線條 2 所演示及方程式(2)所表達，範圍爲自約 0.2 mm 至 2 mm 之部分厚度的 CT 臨限易碎性將小於自方程式(3)所確定之彼 CT 臨限易碎性，並將對應地限制 CS 及 DOL 中之至少一者。亦必須減少壓縮層深度(DOL)及低厚度處之壓縮應力 CS 的最大值。如由第 2 圖所示之線性行爲所指示，在該等範圍內之 CS 及 DOL 的此等減少將限制某些應用之設計可撓性。

【0036】 臨限 CT (由第 2 圖之線條 2 所表達之 CT_2) 之先前所預期的線性行爲並未對易碎性 t (第 2 圖之線條 1) 之實際臨限 CT 限值 (CT_1) 的非

線性關係作為厚度之函數提供建議。為了進一步說明該非預期之結果，表 2 列出本文所述之來自第 2 圖之線條 1 之使用方程式 (3) 所計算的實際非線性臨限中心張力 CT_1 、來自第 2 圖之線條 2 之使用方程式 (2) 所計算的線性臨限中心張力 CT_2 及針對玻璃所選之厚度使用方程式 (2) 及 (3) 所計算之臨限 CT 值之間的差異 ($CT_1 - CT_2$)。

表 2

t (mm)	CT_1 $-38.7 \ln(t) + 48.2$ (MPa)	CT_2 $-15.7 t + 52.5$ (MPa)	$(CT_1 - CT_2)$ $(-38.7 \ln(t) + 48.2) - (-15.7 t + 52.5)$ (MPa)
1.5	32.5	28.9	3.6
1.25	37.6	32.9	4.7
1.0	48.2	36.8	11.4
0.75	59.3	40.7	18.6
0.5	75.0	44.7	30.4
0.45	79.1	45.4	33.7
0.40	83.7	46.2	37.5
0.35	88.8	47	41.8
0.3	94.8	47.8	47.0
0.25	101.8	48.6	53.2
0.20	110.5	49.4	61.1
0.16	119	50	69
0.11	134	50.8	83.2

【0037】 如自表 2 所列出之值中可見，由 (方程式 (2)) 所預測之預期的臨限 CT_2 與由非線性關係 (方程式 (3)) 所預測之實際臨限 CT_1 之間的差異 ($CT_1 - CT_2$) 隨著減少之厚度 t 而增加。因為 CT 與厚度 t 、層深度 DOL 及壓縮應力 CS (方程式 (1)) 相關，本文所述之由非線性關係 (CT_1 ，方程式 (3)) 所預測之較大臨限 CT 值提供較大範圍之 CS 及 DOL 值，該較大範圍之 CS 及 DOL 值可用以設計及製備顯示出非易碎行為 (亦即，具有

小於 3 之易碎性指數) 的強化玻璃片。結果，可在某些厚度下製作並強化非易碎之強化玻璃物件以便具有大於先前認為可能之臨限中心張力 CT 。

【0038】 在一個實施例中，如上文所述，強化玻璃物件 300 為實質上非易碎的或無易碎行為。亦即，強化玻璃物件 300 具有如文中表 1 所述之小於 3 的易碎性指數。當與足以引起強化玻璃 300 碎裂之力發生衝擊時，直徑（亦即，最大尺寸）小於或等於 1 mm 之碎片之群體的百分比 n_1 （表 1 中之「碎片大小」）小於或等於 5%（亦即， $0\% \leq n_1 \leq 5\%$ ）；樣本之每一單位面積（在此實例中為 cm^2 ）所形成之碎片的數目 n_2 （表 1 中之「碎片密度」）小於或等於 3 碎片/ cm^2 ；自受到衝擊時形成之初始裂縫出現分歧之裂縫的數目 n_3 （表 1 中之「裂縫分歧」）小於或等於 5（亦即 $0 \leq n_3 \leq 5$ ）；且受到衝擊時經射出超過其原始位置約 5 cm（或約 2 英寸）之碎片之群體的百分比 n_4 （表 1 中之「射出」）小於或等於 2%（亦即， $0\% \leq n_4 \leq 2\%$ ）。

【0039】 第 1 圖之線條 2 所示之資料並未對易碎性之臨限 CT 限值 CT_1 的非線性行為作為厚度之函數提供建議。如自表 2 所列出之值中可見，由方程式 (2) 所預測之臨限 CT 與由非線性關係（方程式 3）所預測之臨限 CT 之間的差異隨著減少之厚度 t 而增加。

【0040】 據進一步發現，為了避免易碎性，玻璃物件可經設計以在較低厚度處具有中心張力 CT ，該等較低厚度實際上在非線性中心張力臨限之上，先前認為該非線性中心張力臨限產生不可接受之易碎行為（亦即，對較低厚度而言，玻璃可具有在經標繪作為第 2 圖中之厚度 t （線條 2）之函數的中心張力之上的中心張力）。參看第 4 圖，臨限中心張力經標繪作為

厚度 t 之函數並由線條 3 來表示，在該臨限中心張力下，不可接受之易碎行為之起始實際上發生於具有 0.75 mm 或低於 0.75 mm 之厚度的玻璃物件中。線條 3 係基於針對鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃而經實驗所觀測出的行為，該等鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有以下組合物：1) 自約 60 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 、自約 6 莫耳%至約 14 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 15 莫耳%之 B_2O_3 、自 0 莫耳%至約 15 莫耳%之 Li_2O 、自 0 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 10 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 8 莫耳%之 MgO 、自 0 莫耳%至約 10 莫耳%之 CaO 、自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 ZrO_2 、自 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 SnO_2 、自 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 CeO_2 、低於約 50 ppm 之 As_2O_3 及低於約 50 ppm 之 Sb_2O_3 ，其中 $12 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 20 \text{ 莫耳}\%$ 且 $0 \text{ 莫耳}\% \leq \text{MgO} + \text{CaO} \leq 10 \text{ 莫耳}\%$ ；2) 自約 61 莫耳%至約 75 莫耳%之 SiO_2 、自約 7 莫耳%至約 15 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 12 莫耳%之 B_2O_3 、自約 9 莫耳%至約 21 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 4 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 7 莫耳%之 MgO 及 0 莫耳%至約 3 莫耳%之 CaO ；或 3) 至少約 50 莫耳%之 SiO_2 、至少約 11 莫耳%之 Na_2O 、自約 7 莫耳%至約 26 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 9 莫耳%之 B_2O_3 、自 0 莫耳%至約 2.5 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 8.5 莫耳%之 MgO 及自 0 莫耳%至約 1.5 莫耳%之 CaO 。

【0041】 由線條 3 所表示之資料指示玻璃之中心張力 CT 與厚度 t 之間的關係（至少對於低於 0.75 mm 之厚度而言）在第 2 圖中之線條 1 ($CT_1(\text{MPa}) \leq -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa})$) 之上並由以下方程式來描述：

$$CT_3(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm}) \quad (5)。$$

【0042】 方程式(5)源自經離子交換之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本之壓縮應力 CS 及層深度 DOL 的實驗性量測，每一經離子交換之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃樣本具有等於或小於約 0.75 mm 的厚度。據觀測，玻璃物件具有非線性臨限中心張力 CT_3 ，該非線性臨限中心張力 CT_3 大於由方程式(1)所表示之 CT 與 t 之間的先前所預期之線性關係來界定之線性中心張力 CT_2 ，且對小於 0.75 mm 之厚度而言，該非線性臨限中心張力 CT_3 大於由方程式(3)所表示之非線性中心張力 CT_1 。因此藉由以下方程式來描述不可接受之易碎行為被最小化或不存在（玻璃板或玻璃物件將顯示易碎行為之可能性為 5% 或更小）之中心張力 CT_3 的非預期之總範圍：

$$-15.7(\text{MPa/mm}) \cdot t(\text{mm}) + 52.5(\text{MPa}) < CT_3(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm}) \quad (6)。$$

藉由以下方程式來描述不可接受之易碎行為被最小化或不存在（玻璃板或玻璃物件將顯示易碎行為之可能性為 5% 或更小）之在 CT_1 之上的中心張力 CT_3 的非預期之範圍：

$$-38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \leq CT_3(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm}) \quad (7)。$$

【0043】 鑒於針對較厚之強化玻璃樣本而先前觀測到之行爲，由第 4 圖之線條 3 及方程式(5)所例示之容許最大 CT_3 與玻璃物件厚度之間的關係

爲非預期的。爲了進一步說明此非預期之結果，表 3 包括在厚度低至 0.3 mm 之樣本上量測的實際非線性臨限中心張力 CT₃。

表 3

t (mm)	CT ₁ -38.7 ln(t) + 48.2 (MPa)	CT ₃ 57 - 9.0·ln(t) + 49.3·ln ² (t) (MPa)
0.75	59.3	64
0.7	62	67
0.5	75.0	87
0.45	79.1	95.6
0.4	83.7	106.6
0.35	88.8	120.8
0.3	94.8	132
0.25	101.8	164.2
0.2	110.5	199.2
0.16	119	250
0.11	134	312

【0044】 表 3 以 0.75 mm 及低於 0.75 mm 之減少的厚度 t 來反映臨限 CT₁（方程式（3））與臨限 CT₃（方程式（5））之間的差異。由於 CT 與厚度 t、層深度 DOL 及壓縮應力 CS（方程式（1））相關，本文所述之由非線性關係（CT₃，方程式（5））所預測之較大臨限 CT 值提供較大範圍之 CS 及 DOL 值，該較大範圍之 CS 及 DOL 值可用以設計及製備具有如方程式（3）中所預期之小於 3 之易碎性指數（亦即，非易碎或實質上非易碎行爲具有 5%或更低之玻璃板或玻璃物件將顯示易碎行爲之可能性）的強化玻璃片。結果，可在某些厚度下製作並強化非易碎之強化玻璃物件以便具有大於先前認爲可能之臨限中心張力 CT。

【0045】 在一個實施例中，如上文所述，依照方程式（5）而製造之強化玻璃物件（亦即，強化玻璃物件 300）為非易碎的、實質上非易碎的或無易碎行為。亦即，強化玻璃物件 300 具有如文中表 1 所述之小於 3 的易碎性指數。當與足以引起強化玻璃 300 碎裂之力發生衝擊時，直徑（亦即，最大尺寸）小於或等於 1 mm 之碎片之群體的百分比 n_1 （表 1 中之「碎片大小」）小於或等於 5%（亦即， $0\% \leq n_1 \leq 5\%$ ）；樣本之每單位面積（在此實施例中為 cm^2 ）所形成之碎片的數目 n_2 （表 1 中之「碎片密度」）小於或等於 3 碎片/ cm^2 ；在受到衝擊時形成之初始裂縫出現分歧之裂縫的數目 n_3 （表 1 中之「裂縫分歧」）小於或等於 5（亦即 $0 \leq n_3 \leq 5$ ）；且受到衝擊時經射出超過其原始位置約 5 cm（或約 2 英寸）之碎片之群體的百分比 n_4 （表 1 中之「射出」）小於或等於 2%（亦即， $0\% \leq n_4 \leq 2\%$ ）。

【0046】 本文所述之強化玻璃物件可包含諸多組合物。在一個實施例中，強化玻璃物件包含鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。在一個特定實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有以下組合物：66.7 莫耳%之 SiO_2 、10.5 莫耳%之 Al_2O_3 、0.64 莫耳%之 B_2O_3 、13.8 莫耳%之 Na_2O 、2.06 莫耳%之 K_2O 、5.50 莫耳%之 MgO 、0.46 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.34 莫耳%之 As_2O_3 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 。在另一特定實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有以下組合物：66.4 莫耳%之 SiO_2 、10.3 莫耳%之 Al_2O_3 、0.60 莫耳%之 B_2O_3 、14.0 莫耳%之 Na_2O 、2.10 莫耳%之 K_2O 、5.76 莫耳%之 MgO 、0.58 莫耳%之 CaO 、0.01 莫耳%之 ZrO_2 、0.21 莫耳%之 SnO_2 及 0.007 莫耳%之 Fe_2O_3 。

【0047】 在一個實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 64 莫耳%至約 68 莫耳%之 SiO_2 、自約 12 莫耳%至約 16 莫耳%之 Na_2O 、自約 8 莫耳%至約 12 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 3 莫耳%之 B_2O_3 、自約 2 莫耳%至約 5 莫耳%之 K_2O 、自約 4 莫耳%至約 6 莫耳%之 MgO 及自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 CaO ，其中 $66 \text{ 莫耳}\% \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \leq 69 \text{ 莫耳}\%$ ； $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} > 10 \text{ 莫耳}\%$ ； $5 \text{ 莫耳}\% \leq \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} \leq 8 \text{ 莫耳}\%$ ； $(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) - \text{Al}_2\text{O}_3 \geq 2 \text{ 莫耳}\%$ ； $2 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 6 \text{ 莫耳}\%$ 且 $4 \text{ 莫耳}\% \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 10 \text{ 莫耳}\%$ 。玻璃描述於 Adam J. Ellison 等人在 2007 年 7 月 27 日申請之名為「Down-Drawable, Chemically Strengthened Glass for Cover Plate」的美國專利第 7,666,511 號中，該案主張 2007 年 5 月 18 日申請之美國臨時專利申請案第 60/930,808 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0048】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：氧化鋁及三氧化二硼中之至少一者，以及鹼金屬氧化物及鹼土金屬氧化物中之至少一者，其中 $-15 \text{ 莫耳}\% \leq (\text{R}_2\text{O} + \text{R}'\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2) - \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4 \text{ 莫耳}\%$ ，其中 R 為 Li、Na、K、Rb 及 Cs 中之一者，而 R' 為 Mg、Ca、Sr 及 Ba 中之一者。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 62 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 、自 0 莫耳%至約 18 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 10 莫耳%之 B_2O_3 、自 0mol%至約 15 莫耳%之 Li_2O 、自 0 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 18 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 17 莫耳%之 MgO 、自 0 莫耳%至約 18 莫耳%之 CaO 及自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 ZrO_2 。玻璃描述於

Matthew J. Dejneka 等人在 2008 年 11 月 25 日申請之名為「Glasses Having Improved Toughness And Scratch Resistance」的美國專利申請案第 12/277,573 號中，該案主張 2008 年 11 月 29 日申請之美國臨時專利申請案第 61/004,677 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0049】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 60 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 、自約 6 莫耳%至約 14 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 15 莫耳%之 B_2O_3 、自 0 莫耳%至約 15 莫耳%之 Li_2O 、自 0 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 10 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 8 莫耳%之 MgO 、自 0 莫耳%至約 10 莫耳%之 CaO 、自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 ZrO_2 、自 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 SnO_2 、自 0 莫耳%至約 1 莫耳%之 CeO_2 、低於約 50 ppm 之 As_2O_3 及低於約 50 ppm 之 Sb_2O_3 ，其中 $12 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 20 \text{ 莫耳}\%$ 且 $0 \text{ 莫耳}\% \leq \text{MgO} + \text{CaO} \leq 10 \text{ 莫耳}\%$ 。在某些實施例中，玻璃包含 60-72 莫耳%之 SiO_2 、6-14 莫耳%之 Al_2O_3 、0-15 莫耳%之 B_2O_3 、0-1 莫耳%之 Li_2O 、0-20 莫耳%之 Na_2O 、0-10 莫耳%之 K_2O 、0-2.5 莫耳%之 CaO 、0-5 莫耳%之 ZrO_2 、0-1 莫耳%之 SnO_2 及 0-1 莫耳%之 CeO_2 ，其中 $12 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 20 \text{ 莫耳}\%$ ，及低於 50 ppm 之 As_2O_3 。玻璃描述於 Sinue Gomez 等人在 2009 年 2 月 25 日申請之名為「Fining Agents for Silicate Glasses」的美國專利第 8,158,543 號及 Sinue Gomez 等人在 2012 年 6 月 13 日申請之名為「silicate Glasses Having Low Seed Concentration」的美國專利申請案第 61/067,130 號中，該兩個申請案主張 2008 年 2 月 26

日申請之美國臨時專利申請案第 61/067,130 號之優先權，該等申請案之內容以引用之方式全部併入本文中。

在另一實施例中，鹼性矽酸鹽玻璃包含

【0050】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含 SiO_2 及 Na_2O ，其中玻璃具有溫度 $T_{35\text{kp}}$ ，在該溫度 $T_{35\text{kp}}$ 下玻璃具有 35 千泊 (kpoise) 之黏度，其中鋯石分解形成 ZrO_2 及 SiO_2 之溫度 $T_{\text{breakdown}}$ 高於 $T_{35\text{kp}}$ 。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 61 莫耳%至約 75 莫耳%之 SiO_2 、自約 7 莫耳%至約 15 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 12 莫耳%之 B_2O_3 、自約 9 莫耳%至約 21 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 4 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 7 莫耳%之 MgO 及 0 莫耳%至約 3 莫耳%之 CaO 。玻璃描述於 Matthew J. Dejneka 等人在 2010 年 8 月 10 日申請之名為「Zircon Compatible Glasses for Down Draw」的美國專利申請案第 12/856,840 號中，該案主張 2009 年 8 月 29 日申請之美國臨時專利申請案第 61/235,762 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0051】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含至少 50 莫耳%之 SiO_2 及由鹼金屬氧化物及鹼土金屬氧化物組成之群中選出的至少一個改質劑，其中 $[(\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%) + \text{B}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%)) / (\sum \text{alkali metal modifiers} (\text{mol}\%))] > 1$ 。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自 50 莫耳%至約 72 莫耳%之 SiO_2 、自約 9 莫耳%至約 17 莫耳%之 Al_2O_3 、自約 2 莫耳%至約 12 莫耳%之 B_2O_3 、自約 8 莫耳%至約 16 莫耳%之 Na_2O 及自 0 莫耳%至約 4 莫耳%之 K_2O 。玻璃描述於 Kristen L. Barefoot 等人在 2010 年 8 月 18 日申請之

名為「Crack And Scratch Resistant Glass and Enclosures Made Therefrom」的美國專利申請案第 12/858,490 號中，該案主張 2009 年 8 月 21 日申請之美國臨時專利申請案第 61/235,767 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0052】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含 SiO_2 、 Al_2O_3 、 P_2O_5 及至少一個鹼金屬氧化物 (R_2O)，其中 $0.75 \leq [(\text{P}_2\text{O}_5(\text{莫耳}\%) + \text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%))/\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)] \leq 1.2$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ 。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 40 莫耳%至約 70 莫耳%之 SiO_2 、自 0 莫耳%至約 28 莫耳%之 B_2O_3 、自 0 莫耳%至約 28 莫耳%之 Al_2O_3 、自約 1 莫耳%至約 14 莫耳%之 P_2O_5 及自約 12 莫耳%至約 16 莫耳%之 R_2O ，並且，在某些實施例中，包含自約 40 莫耳%至約 64 莫耳%之 SiO_2 、自 0 莫耳%至約 8 莫耳%之 B_2O_3 、自約 16 莫耳%至約 28 莫耳%之 Al_2O_3 、自約 2 莫耳%至約 12%之 P_2O_5 及自約 12 莫耳%至約 16 莫耳%之 R_2O 。玻璃描述於 Dana C. Bookbinder 等人在 2011 年 11 月 28 日申請之名為「Ion Exchangeable Glass with Deep Compressive Layer and High Damage Threshold」的美國專利申請案第 13/305,271 號中，該案主張 2010 年 11 月 30 日申請之美國臨時專利申請案第 61/417,941 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0053】 在其他實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 4 莫耳%之 P_2O_5 ，其中 $(\text{M}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%)/\text{R}_x\text{O}(\text{莫耳}\%)) < 1$ ，其中 $\text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ ，且其中 R_xO 為存在於鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃中之單價或雙價陽離子氧化物的總和。在一些實施例中，單價或雙價陽離子氧化物係選自由 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、

Rb₂O、Cs₂O、MgO、CaO、SrO、BaO 及 ZnO 組成之群。在一些實施例中，玻璃包含 0 莫耳%之 B₂O₃。玻璃描述於 Timothy M. Gross 在 2012 年 11 月 15 日申請之名為「Ion Exchangeable Glass with High Crack Initiation Threshold」的美國專利申請案第 13/677,805 號中，該案主張 2011 年 11 月 16 日申請之美國臨時專利申請案第 61/560,434 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0054】 在又一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含至少約 50 莫耳%之 SiO₂ 及至少約 11 莫耳%之 Na₂O，且壓縮應力為至少約 900 MPa。在一些實施例中，玻璃進一步包含 Al₂O₃ 及 B₂O₃、K₂O、MgO 及 ZnO 中之至少一者，其中 $-340 + 27.1 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 28.7 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 + 15.6 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 61.4 \cdot \text{K}_2\text{O} + 8.1 \cdot (\text{MgO} + \text{ZnO}) \geq 0$ 莫耳%。在特定實施例中，玻璃包含：自約 7 莫耳%至約 26 莫耳%之 Al₂O₃、自 0 莫耳%至約 9 莫耳%之 B₂O₃、自約 11 莫耳%至約 25 莫耳%之 Na₂O、自 0 莫耳%至約 2.5 莫耳%之 K₂O、自 0 莫耳%至約 8.5 莫耳%之 MgO 及自 0 莫耳%至約 1.5 莫耳%之 CaO。玻璃描述於 Matthew J. Dejneka 等人在 2011 年 6 月 26 日申請之名為「Ion Exchangeable Glass with High Compressive Stress」的美國專利申請案第 13/533,298 號中，該案主張 2011 年 7 月 1 日申請之美國臨時專利申請案第 61/503,734 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0055】 在其他實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：至少約 50 莫耳%之 SiO₂；至少約 10 莫耳%之 R₂O，其中 R₂O 包含 Na₂O、Al₂O₃，其中 $-0.5 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3(\text{莫耳}\%) - \text{R}_2\text{O}(\text{莫耳}\%) \leq 2 \text{ 莫耳}\%$ ；及 B₂O₃，且其中 B₂O₃(莫

耳%) - (R_2O (莫耳%) - Al_2O_3 (莫耳%)) ≥ 4.5 莫耳%。在特定實施例中，玻璃包含：至少約 50 莫耳%之 SiO_2 、自約 12 莫耳%至約 22 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 4.5 莫耳%至約 10 莫耳%之 B_2O_3 ；自約 10 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O ；自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 K_2O ；至少約 0.1 莫耳%之 MgO 、 ZnO 或以上各者之組合，其中 $0 \text{ 莫耳}\% \leq MgO \leq 6$ 且 $0 \leq ZnO \leq 6$ 莫耳%，及，視情況， CaO 、 BaO 及 SrO 中之至少一者，其中 $0 \text{ 莫耳}\% \leq CaO + SrO + BaO \leq 2$ 莫耳%。玻璃描述於 Matthew J. Dejneka 等人在 2012 年 5 月 31 日申請之名為「Ion Exchangeable Glass with High Damage Resistance」的美國專利申請案第 61/653,485 號中，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0056】 在其他實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：至少約 50 莫耳%之 SiO_2 ；至少約 10 莫耳%之 R_2O ，其中 R_2O 包含 Na_2O ； Al_2O_3 ，其中 Al_2O_3 (莫耳%) $< R_2O$ (莫耳%)；及 B_2O_3 ，且其中 B_2O_3 (莫耳%) - (R_2O (莫耳%) - Al_2O_3 (莫耳%)) ≥ 3 莫耳%。在某些實施例中，玻璃包含：至少約 50 莫耳%之 SiO_2 、自約 9 莫耳%至約 22 莫耳%之 Al_2O_3 ；自約 3 莫耳%至約 10 莫耳%之 B_2O_3 ；自約 9 莫耳%至約 20 莫耳%之 Na_2O ；自 0 莫耳%至約 5 莫耳%之 K_2O ；至少約 0.1 莫耳%之 MgO 、 ZnO 或以上各者之組合，其中 $0 \leq MgO \leq 6$ 莫耳%且 $0 \leq ZnO \leq 6$ 莫耳%；及，視情況， CaO 、 BaO 及 SrO 中之至少一者，其中 $0 \text{ 莫耳}\% \leq CaO + SrO + BaO \leq 2$ 莫耳%。在某些實施例中，玻璃具有鉛石分解溫度，該鉛石分解溫度等於玻璃具有範圍為自約 30 千泊至約 40 千泊之黏度的溫度。玻璃描述於 Matthew J. Dejneka 等人在 2012 年 5 月 31 日申請之名為「Zircon Compatible, Ion Exchangeable Glass with High

Damage Resistance」的美國臨時專利申請案第 61/653,489 號中，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0057】 在一些實施例中，上文所述之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃實質上無（亦即，含有 0 莫耳%之）鋰、硼、鋇、鋇、鉍、銻及砷中之至少一者。

【0058】 在一些實施例中，上文所述之鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃可藉由此項技術中所熟知的製程（諸如槽拉伸、融合拉伸、重新拉伸等）而向下拉伸，並具有至少 130 千泊之液相黏度。

【0059】 在一個實施例中，藉由離子交換來化學地強化本文所述的玻璃物件，諸如玻璃物件 300。在此過程中，玻璃之表面層中之離子藉由具有同價或氧化態之較大離子取代（或與該等較大離子交換）。在玻璃物件包含、主要由或由鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成之彼等實施例中，玻璃之表面層中之離子及該等較大之離子為單價鹼金屬陽離子，諸如 Li^+ （當存在於玻璃中時）、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 及 Cs^+ 。或者，表面層中之單價陽離子可由不同於鹼金屬陽離子之單價陽離子（諸如 Ag^+ 等）來替換。

【0060】 離子交換製程通常藉由將玻璃物件浸沒於含有待與玻璃中之較小離子交換之較大離子的熔融鹽浴中來執行。熟習此項技術者應瞭解，用於離子交換製程的參數（包括（但不限於）熔體成分及熔體溫度、浸沒時間、玻璃在一或多個鹽浴中的浸沒次數、多個鹽浴的使用次數及諸如退火、洗滌等之附加步驟之數目）通常由玻璃之組合物及作為強化操作之結果之玻璃的所需層深度及壓縮應力來確定。以實例說明，含鹼金屬玻璃之離子

交換可由在至少一個熔融浴中之浸沒來達成，該至少一個熔融浴含有諸如（但不限於）硝酸鹽、硫酸鹽及較大鹼金屬離子之氯化物的鹽。熔融鹽浴之溫度的範圍通常為自約 380°C 至約 450°C，而浸沒時間之範圍為自約 15 分鐘至約 16 小時。然而，亦可使用不同於上文所述之溫度及浸沒時間。此等離子交換處理通常導致強化鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有範圍為自約 10 μm 至至少 50 μm 之層深度、範圍為自約 200 MPa 至約 800 MPa 之壓縮應力及低於約 200 MPa 之中心張力。

【0061】 於先前在上文中已經引用之美國專利申請案及臨時專利申請案中提供離子交換製程之非限制性實例。此外，將玻璃浸沒於多個離子交換浴中且在浸沒之間具有洗滌及/或退火步驟之離子交換製程的非限制性實例描述於 Douglas C. Allan 等人申請之名為「Glass with Compressive Surface for Consumer Applications」之美國專利申請案第 12/500,650 號及 Christopher M. Lee 等人在 2009 年 7 月 28 日申請之名為「Dual Stage Ion Exchange for Chemical Strengthening of Glass」的美國專利第 8,312,739 號中，美國專利申請案第 12/500,650 號主張 2008 年 7 月 11 日申請之美國臨時專利申請案第 61/079,995 號之優先權，在該美國專利申請案中，玻璃藉由在具有不同濃度之鹽浴中進行之多個連續離子交換處理中的浸沒來強化；而美國專利第 8,312,739 號主張 2008 年 7 月 29 日申請之美國臨時專利申請案第 61/084,398 號之優先權，在該美國專利中，玻璃藉由以流出物離子來稀釋之第一浴中的離子交換以及隨後在流出物離子的濃度小於第一浴之流出物離子的第二

浴中進行之浸沒來強化。美國臨時專利申請案第 61/079,995 號及第 61/084,398 號之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0062】 在一個實施例中，玻璃可藉由此項技術中所熟知的製程（諸如槽拉伸、融合拉伸、重新拉伸等）而向下拉伸，並具有至少 130 千泊之液相黏度。

【0063】 在一些實施例中，強化玻璃物件具有最多約 2 mm 之厚度，並且，在特定實施例中，厚度之範圍為自約 0.1 mm 至約 2 mm。在另一實施例中，玻璃物件之厚度的範圍為自約 0.1 mm 至約 0.7 mm、自約 0.5 mm 至約 0.75 mm，或在另一實施例中，該厚度範圍為自約 0.9 mm 至約 2 mm。

【0064】 在進一步之實施例中，在較低厚度處（舉例而言，小於 0.5 mm 之厚度處），強化玻璃物件亦可為實質上非易碎的。在另一實施例中，強化玻璃物件可包括定義如下的厚度： $0.3 \leq t < 0.5$ mm。在又一實施例中，強化玻璃物件之厚度可在 0.3 mm 至 0.45 mm 之間。

【0065】 此外，強化玻璃物件之外部區域可具有至少 30 μ m 之層深度及至少 600 MPa 之壓縮應力。在進一步之實施例中，層深度可為至少約 40 μ m 或至少約 52 μ m。另外，強化玻璃物件之外部區域可包含大於 700 MPa 或在約 700 MPa 至 800 MPa 之間的壓縮應力。

【0066】 亦提供製造強化玻璃物件之方法，該強化玻璃物件為實質上非易碎的，或無易碎行為（亦即，具有如本文所述之小於 3 的易碎性指數）。首先提供具有厚度 t 之玻璃物件。在一個實施例中，玻璃物件為鹼金屬鋁矽

酸鹽玻璃，諸如上文所述之彼等鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。在玻璃物件之外部區域中形成壓縮應力 CS 以強化玻璃物件。壓縮應力 CS 足以在玻璃物件之中心區域中產生中心張力 CT 以使得 $CT(\text{MPa}) \leq -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa})$ 。在一個實施例中，壓縮應力 CS 足以在玻璃物件之中心區域中產生中心張力 CT 以使得 $-15.7 t + 52.5 \leq CT \leq -38.7 \ln(t) + 48.2$ 。在另一實施例中，玻璃物件為鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃，諸如上文所述之彼等鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。在玻璃物件之外部區域中產生壓縮應力 CS 以強化玻璃物件。壓縮應力 CS 足以在玻璃物件之中心區域中產生中心張力 CT 以使得 $CT(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm}) - 38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa})$ 。在另一實施例中，壓縮應力 CS 足以在玻璃物件之中心區域中產生中心張力 CT 以使得 $-15.7 t + 52.5 \leq CT \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ or $-38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \leq CT(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ 。

【0067】 在一個實施例中，藉由化學地強化玻璃物件（舉例而言，藉由本文先前所述之離子交換製程）來產生壓縮應力，在該等離子交換製程中玻璃物件之外部區域中的複數個第一金屬離子與複數個第二金屬離子交換，以使得外部區域包含複數個第二金屬離子。第一金屬離子中之每一者具有第一離子半徑，且第二鹼金屬離子中之每一者具有第二離子半徑。第二離子半徑大於第一離子半徑，且外部區域中之較大第二鹼金屬離子的存在於外部區域中產生壓縮應力。

【0068】 第一金屬離子及第二金屬離子中之至少一者較佳地為鹼金屬之離子。第一離子可為鋰、鈉、鉀及銣之離子。第二金屬離子可為鈉、鉀、銣及銫之離子，附加條件是第二鹼金屬離子具有比第一鹼金屬離子之離子半徑更大的離子半徑。

【0069】 可將強化玻璃物件（諸如第 3 圖所示之玻璃物件 300）300 用作諸如（但不限於）可攜式通信娛樂裝置（諸如電話、音樂播放機、視訊播放機等）之顯示器或觸控螢幕應用的保護性蓋板（如本文所用，術語「蓋板」包括窗口等），及用作資訊相關終端（IT）（例如，可攜式或膝上型電腦）裝置之顯示幕，以及在其它應用中使用。

【0070】 儘管已出於說明之目的而對典型實施例加以陳述，但前述描述不應被視為是本揭示案或附隨申請專利範圍之範疇的限制。舉例而言，可將不同於離子交換之製程用以強化玻璃，並且可將強化玻璃之不同手段組合使用以達成玻璃內之壓縮應力。在一個替代性實施例中，諸如銀等之金屬離子可替代或結合鹼金屬離子而用於離子交換製程中。因此，熟習此項技術者可想到各種修改、適應及替代物而不脫離本揭示案或附加申請專利範圍之精神及範疇。

【符號說明】

- | | | | |
|-----|--------|-----|-------|
| 1 | 線條 | 2 | 線條 |
| 300 | 強化玻璃物件 | 310 | 第一表面 |
| 312 | 第二表面 | 320 | 第一壓縮層 |
| 322 | 第二壓縮層 | 330 | 中心區域 |

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有一厚度 $t < 0.5$ mm 並且包含：

一外部區域，該外部區域自該物件之一表面延伸至該物件內之一層深度 DOL，其中該外部區域在一壓縮應力 CS 之下；及

一內部區域，其中該內部區域在一中心張力 CT 之下，且其中 $-15.7(\text{MPa/mm}) \cdot t(\text{mm}) + 52.5(\text{MPa}) < \text{CT}(\text{MPa}) \leq$

$57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ 。

2. 如請求項 1 之強化玻璃物件，其中當遭受到足以使該強化玻璃物件破碎之一點衝擊時，該強化玻璃物件為實質上非易碎的。

3. 如請求項 1 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件在遭受到足以使該強化玻璃物件破碎之一點衝擊時具有小於 3 之一易碎性指數。

4. 如請求項 3 之強化玻璃物件，其中當該強化玻璃物件因該點衝擊而破碎時，該強化玻璃物件顯示 $0\% \leq n_1 \leq 5\%$ 之碎片大小 n_1 ($\% \leq 1 \text{ mm}$)、 $0 \text{ 碎片/cm}^2 \leq n_2 \leq 3$ 之碎片密度 n_2 (碎

片/cm²)、 $0 \leq n_3 \leq 5$ 之裂縫分歧 n_3 及 $0\% \leq n_4 \leq 2\%$ 之射出 n_4 (≥ 5 cm) 中之至少一者或以上之組合。

5. 如請求項 1 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少 30 μm 之一層深度及至少 600 MPa 之一壓縮應力。

6. 如請求項 5 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少約 700 MPa 之一壓縮應力。

7. 如請求項 5 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少約 52 μm 之一層深度。

8. 如請求項 1 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t < 0.5$ mm。

9. 如請求項 8 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t \leq 0.45$ mm。

10. 如請求項 1 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件包含一鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。

11. 一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有一厚度 $t < 0.5$ mm 並且包含：

一外部區域，該外部區域自該物件之一表面延伸至該物

件內之一層深度 DOL，其中該外部區域在一壓縮應力 CS 之下；及

一內部區域，該內部區域在一中心張力 CT 之下，其中 $CT \text{ (MPa)} > -38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa})$ ，且其中當遭受到足以使該強化玻璃物件破碎之一點衝擊時，該強化玻璃物件為實質上非易碎的。

12. 如請求項 11 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少 30 μm 之一層深度及至少 600 MPa 之一壓縮應力。

13. 如請求項 12 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少 700 MPa 之一壓縮應力。

14. 如請求項 12 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少約 52 μm 之一層深度。

15. 如請求項 11 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t < 0.5 \text{ mm}$ 。

16. 如請求項 15 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t \leq 0.45 \text{ mm}$ 。

17. 如請求項 11 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件包含一鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。

18. 一種強化玻璃物件，該強化玻璃物件具有一厚度 $t < 0.5$ mm 並且包含：

一外部區域，該外部區域自該物件之一表面延伸至該物件內之至少 $30\text{ }\mu\text{m}$ 之一層深度 DOL，其中該外部區域在至少 600 MPa 之一壓縮應力 CS 之下；及

一內部區域，其中該內部區域在一中心張力 CT 之下，且其中 $-38.7(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 48.2(\text{MPa}) \leq \text{CT}(\text{MPa}) \leq 57(\text{MPa}) - 9.0(\text{MPa/mm}) \cdot \ln(t)(\text{mm}) + 49.3(\text{MPa/mm}) \cdot \ln^2(t)(\text{mm})$ ，

其中當遭受到足以使該強化玻璃物件破碎之一點衝擊時，該強化玻璃物件為實質上非易碎的並具有小於 3 之一易碎性指數。

19. 如請求項 18 之強化玻璃物件，其中當該強化玻璃物件因該點衝擊而破碎時，該強化玻璃物件顯示 $0\% \leq n_1 \leq 5\%$ 之碎片大小 n_1 ($\% \leq 1\text{ mm}$)、 $0\text{ 碎片}/\text{cm}^2 \leq n_2 \leq 3\text{ 碎片}/\text{cm}^2$ 之碎片密度 n_2 ($\text{碎片}/\text{cm}^2$)、 $0 \leq n_3 \leq 5$ 之裂縫分歧 n_3 及 $0\% \leq n_4 \leq 2\%$ 之射出 n_4 ($\% \geq 5\text{ cm}$) 中之至少一者或以上各者之組合。

20. 如請求項 18 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少 700 MPa 之一壓縮應力。

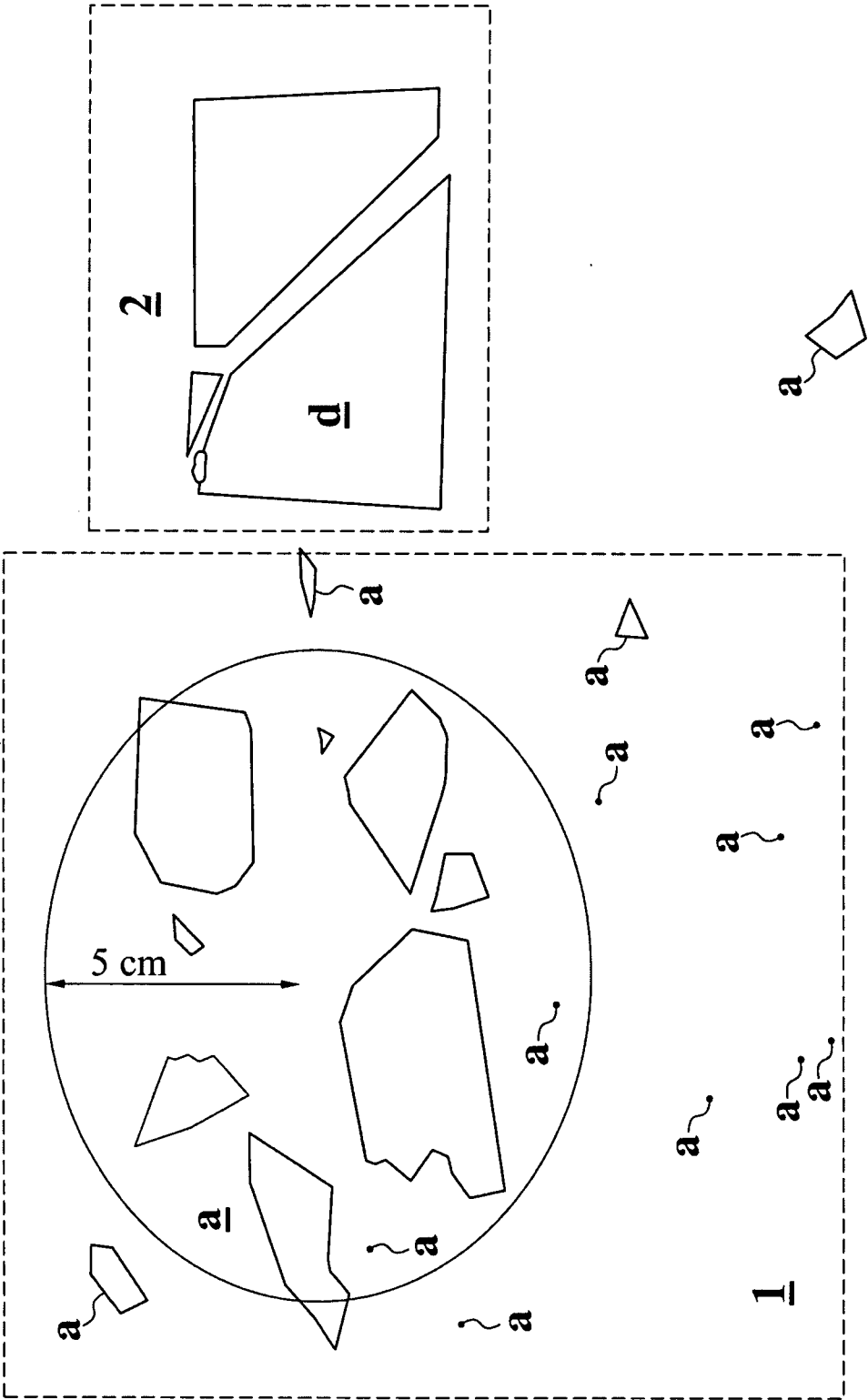
21. 如請求項 18 之強化玻璃物件，其中該外層包含至少約 52 μm 之一層深度。

22. 如請求項 18 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t < 0.5 \text{ mm}$ 。

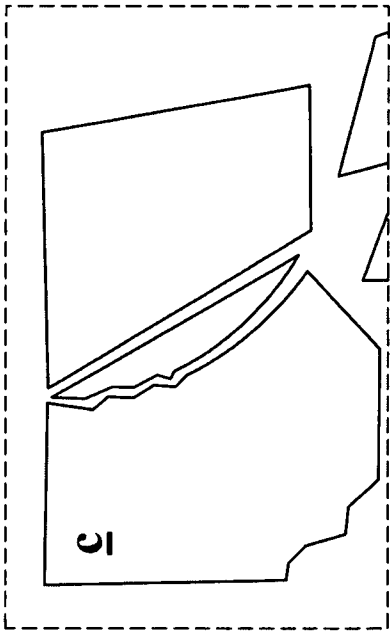
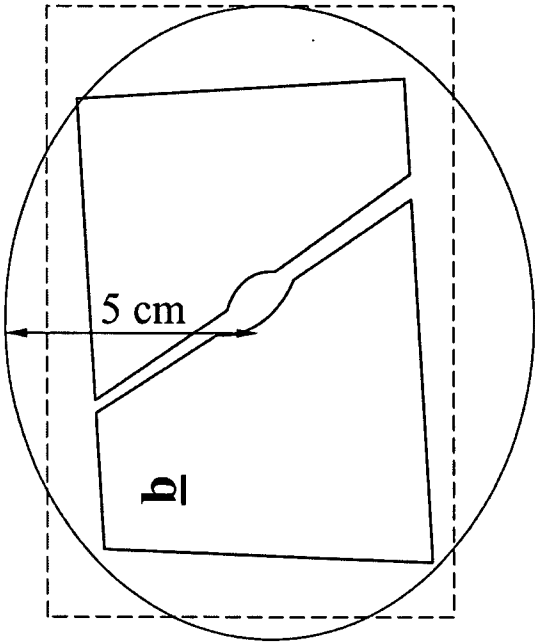
23. 如請求項 22 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件之該厚度為 $0.3 \leq t \leq 0.45 \text{ mm}$ 。

24. 如請求項 18 之強化玻璃物件，其中該強化玻璃物件包含一鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。

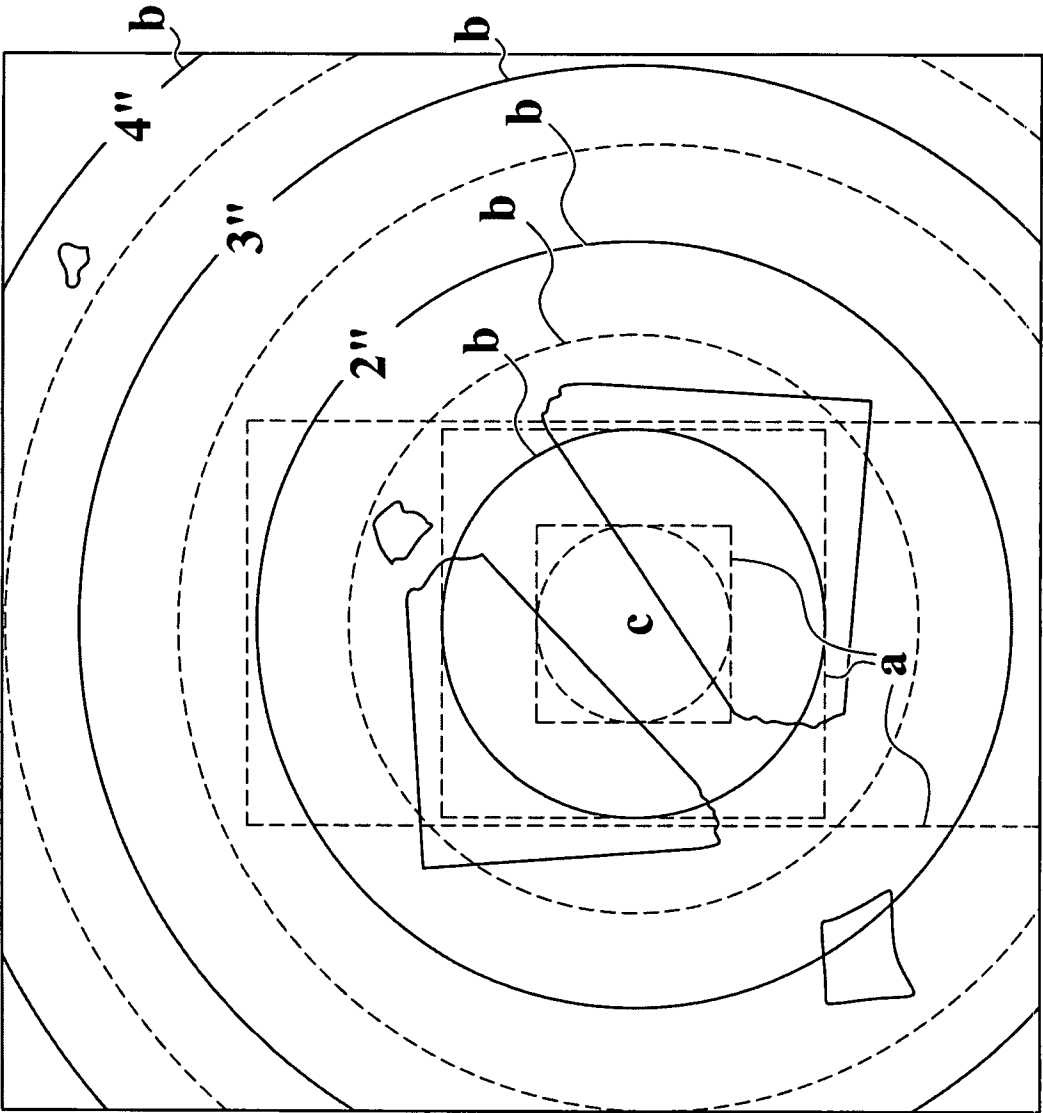
圖式



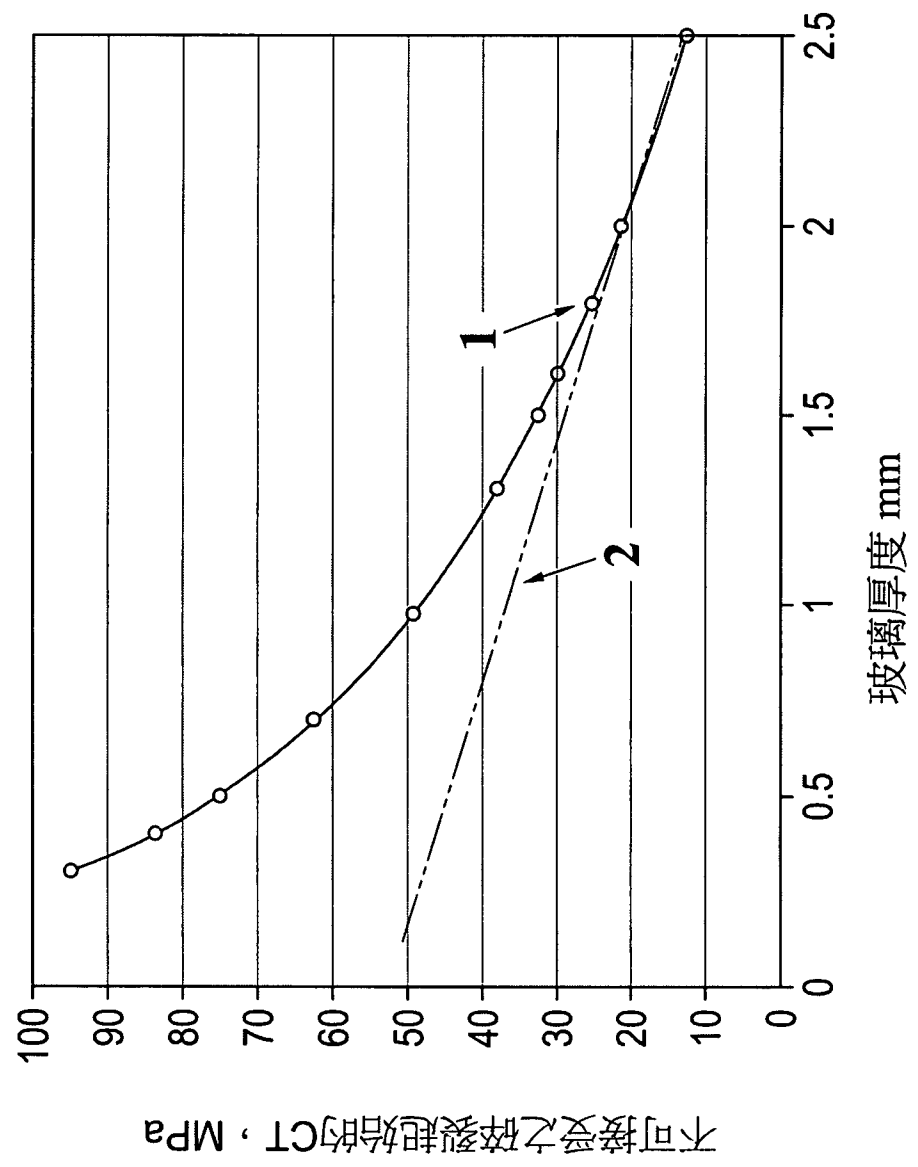
第1a圖



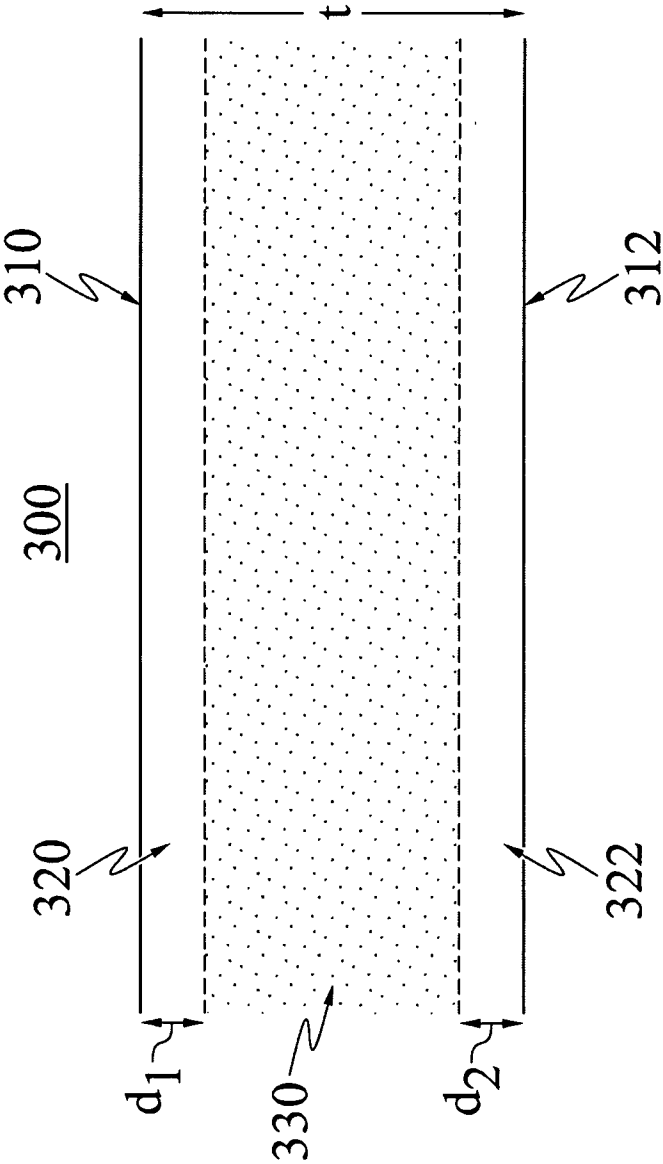
第1b圖



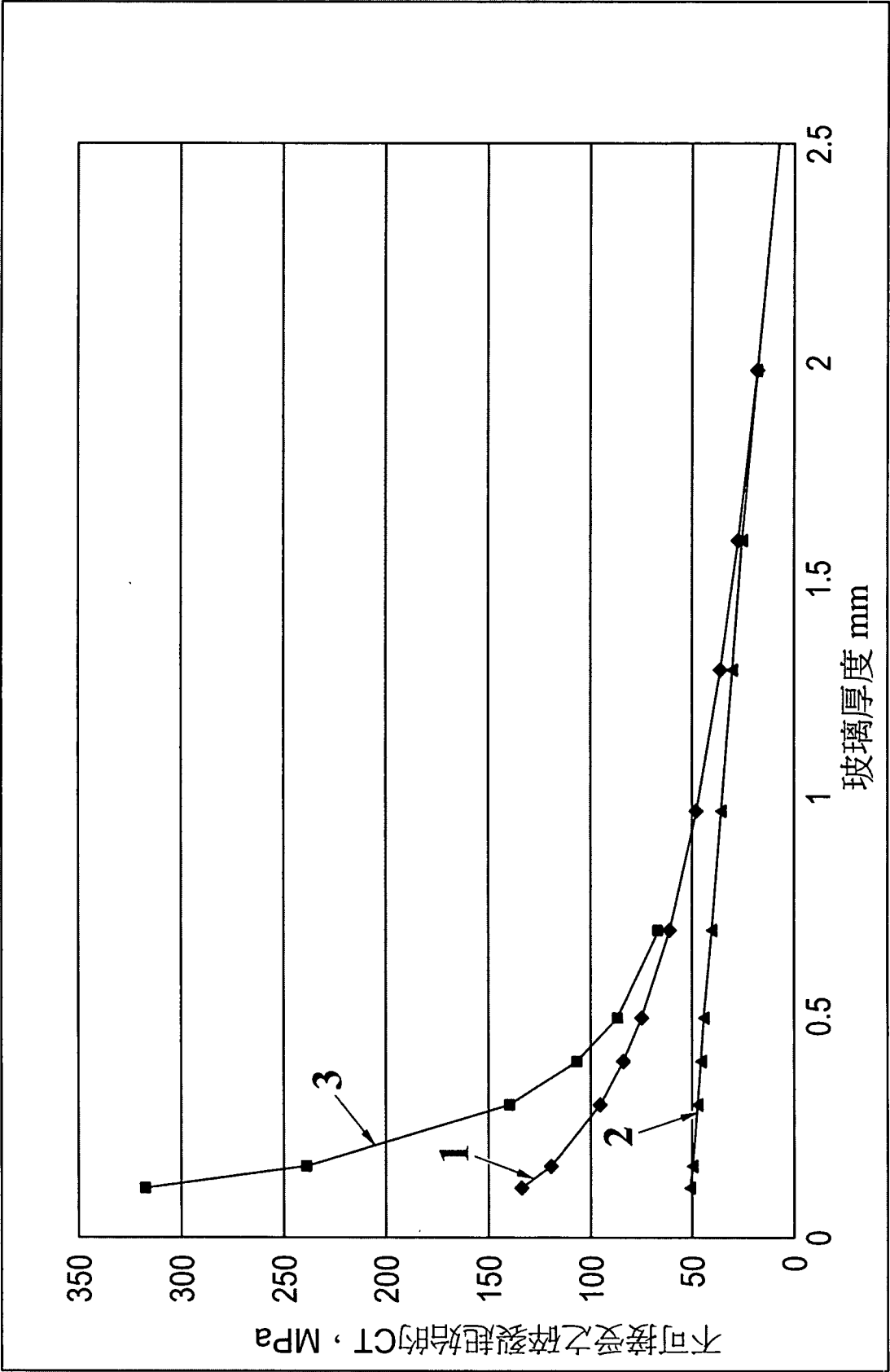
第1c圖



第2圖



第3圖



第4圖

日申請之美國臨時專利申請案第 61/067,130 號之優先權，該等申請案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0050】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含 SiO_2 及 Na_2O ，其中玻璃具有溫度 $T_{35\text{kp}}$ ，在該溫度 $T_{35\text{kp}}$ 下玻璃具有 35 千泊 (kpoise) 之黏度，其中鋯石分解形成 ZrO_2 及 SiO_2 之溫度 $T_{\text{breakdown}}$ 高於 $T_{35\text{kp}}$ 。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自約 61 莫耳%至約 75 莫耳%之 SiO_2 、自約 7 莫耳%至約 15 莫耳%之 Al_2O_3 、自 0 莫耳%至約 12 莫耳%之 B_2O_3 、自約 9 莫耳%至約 21 莫耳%之 Na_2O 、自 0 莫耳%至約 4 莫耳%之 K_2O 、自 0 莫耳%至約 7 莫耳%之 MgO 及 0 莫耳%至約 3 莫耳%之 CaO 。玻璃描述於 Matthew J. Dejneka 等人在 2010 年 8 月 10 日申請之名為「Zircon Compatible Glasses for Down Draw」的美國專利申請案第 12/856,840 號中，該案主張 2009 年 8 月 29 日申請之美國臨時專利申請案第 61/235,762 號之優先權，該案之內容以引用之方式全部併入本文中。

【0051】 在另一實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含至少 50 莫耳%之 SiO_2 及由鹼金屬氧化物及鹼土金屬氧化物組成之群中選出的至少一個改質劑，其中 $[(\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%) + \text{B}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%)) / (\sum \text{alkali metal modifiers} (\text{mol}\%))] > 1$ 。在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃包含：自 50 莫耳%至約 72 莫耳%之 SiO_2 、自約 9 莫耳%至約 17 莫耳%之 Al_2O_3 、自約 2 莫耳%至約 12 莫耳%之 B_2O_3 、自約 8 莫耳%至約 16 莫耳%之 Na_2O 及自 0 莫耳%至約 4 莫耳%之 K_2O 。玻璃描述於 Kristen L. Barefoot 等人在 2010 年 8 月 18 日申請之