



(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 I675810 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：105140810

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 12 月 09 日

(51)Int. Cl. : C03C3/093 (2006.01)

C03C3/097 (2006.01)

C03C21/00 (2006.01)

G09F9/00 (2006.01)

(30)優先權：2015/12/11 美國

62/266,411

2016/04/08 美國

62/320,095

2016/07/20 美國

62/364,687

2016/07/22 美國

62/365,534

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

美國

(72)發明人：葛羅斯 提摩西麥克 GROSS, TIMOTHY MICHAEL (US)；胡廣立 HU, GUANGLI

(CN)；路瑟夫 羅斯提斯拉夫費契夫 ROUSSEV, ROSTISLAV VATCHEV (BG)；

史密斯 夏琳瑪莉 SMITH, CHARLENE MARIE (US)；唐中幟 TANG, ZHONGZHI

(CN)；提特傑 史蒂芬艾爾文 TIETJE, STEVEN ALVIN (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

CN 103097319A

US 2013/0004758A1

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：37 共 165 頁

(54)名稱

具有金屬氧化物濃度梯度之可熔融成形的玻璃基物件

(57)摘要

一種玻璃基物件，包括第一表面和第二表面及應力分佈，該第二表面與該第一表面相對並界定約 3 毫米或更小（例如約 1 毫米或更小）的厚度（t），其中在從約 0•t 至多達 0.3•t 和從大於約 0.7•t 至 t 的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含斜率的絕對值大於約 0.1 MPa/微米的切線。在一些實施例中，該玻璃基物件包括非零的金屬氧化物濃度及小於約  $71.5/\sqrt{t}$  (MPa) 的最大中心張力，該濃度沿著該厚度的至少一部份（例如 0•t 至約 0.3•t）變化。在一些實施例中，金屬氧化物或鹼金屬氧化物的濃度從該第一表面減小到介於該第一表面與該第二表面之間的點，並從該點增加到該第二表面。貫穿該厚度，該金屬氧化物的濃度可以是約 0.05 莫耳%或更大或約 0.5 莫耳%或更大。還揭示了用於形成這種玻璃基物件的方法。

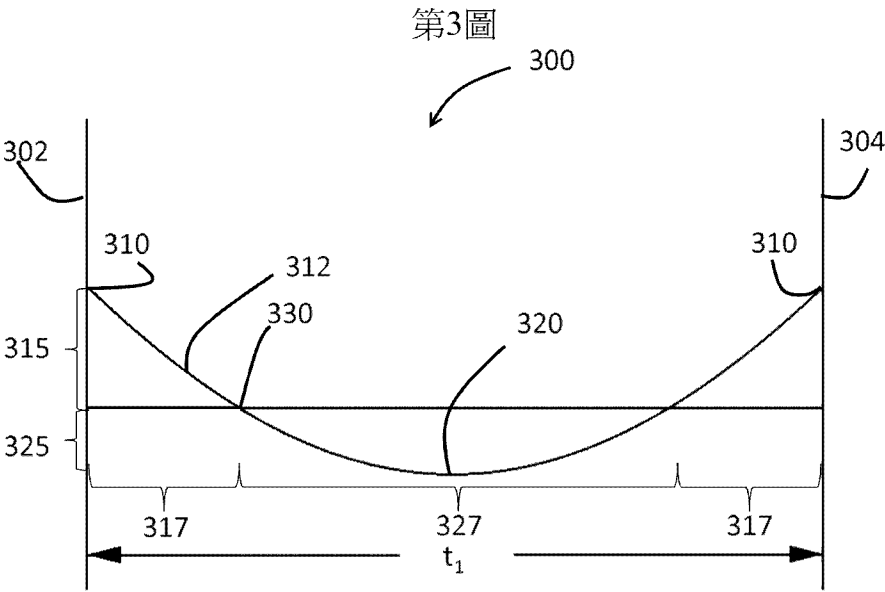
A glass-based article including a first surface and a second surface opposing the first surface defining a thickness (t) of about 3 millimeters or less (e.g., about 1 millimeter or less), and a stress profile, wherein all points of the stress profile between a thickness range from about 0•t up to 0.3•t and from greater than about 0.7•t to t, comprise a tangent with a slope having an absolute value greater than about 0.1 MPa/micrometer. In some embodiments, the glass-based article includes a non-zero metal oxide concentration that varies along at least a portion of the thickness (e.g., 0•t to about 0.3•t) and a maximum central tension of less than about  $71.5/\sqrt{t}$  (MPa). In some embodiments, the concentration of metal oxide or alkali metal oxide decreases from the first surface to a point between the first surface and the second surface and increases from the point

to the second surface. The concentration of the metal oxide may be about 0.05 mol% or greater or about 0.5 mol% or greater throughout the thickness. Methods for forming such glass-based articles are also disclosed.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 300 . . . 玻璃基物件
- 302 . . . 第一表面
- 304 . . . 第二表面
- 310 . . . 表面 CS
- 312 . . . 應力分佈
- 315 . . . CS 層
- 317 . . . 深度或長度
- 320 . . . 最大 CT
- 325 . . . CT 層
- 327 . . . 深度或長度
- 330 . . . DOC
- $t_1$  . . . 厚度



## 【發明說明書】

【中文發明名稱】具有金屬氧化物濃度梯度之可熔融成形的玻璃基物件

【英文發明名稱】FUSION-FORMABLE GLASS-BASED ARTICLES

INCLUDING A METAL OXIDE CONCENTRATION GRADIENT

【0001】 本專利申請案根據專利法主張於2016年7月22日提出申請的美國臨時專利申請案序號第62/365534號、於2016年7月20日提出申請的美國臨時專利申請案序號第62/364687號、於2016年4月8日提出申請的美國臨時專利申請案序號第62/320095號、及於2015年12月11日提出申請的美國臨時專利申請案序號第62/266411號的優先權權益，各該申請案之內容為本案所依據且各該申請案之內容以引用方式全部併入本文中。

### 【技術領域】

【0002】 本揭示係關於表現出改善的耐損傷性、包括改善的耐碎裂性的可熔融成形玻璃基物件，更具體言之係關於表現出沿著厚度的主要部分改變的非零金屬氧化物濃度梯度或濃度的可熔融成形玻璃和玻璃陶瓷物件。

### 【先前技術】

【0003】 玻璃基物件時常經歷會將大缺陷引入此類物件表面中的嚴重撞擊。此類缺陷會從表面延伸到多達約200微米（百萬分之一米或 $\mu\text{m}$ ）的深度。傳統上，熱回火玻璃已被用來防止由於將此類缺陷引入玻璃中所導致

的損壞，因為熱回火玻璃時常呈現大的壓縮應力（CS）層（例如玻璃總厚度的約21%），大的CS層可以防止缺陷進一步延伸到玻璃中，從而防止損壞。在第1圖中圖示出藉由熱回火產生的應力分佈的實例。在第1圖中，熱處理過的玻璃物件100包括第一表面101、厚度 $t_1$ 、及表面CS 110。熱處理過的玻璃物件100顯現從第一表面101減小到本文所定義的壓縮深度130的CS，在壓縮深度130處應力從壓縮變成拉伸應力並達到最大中心張力（CT）120。

【0004】熱回火目前被限於厚的玻璃基物件（即厚度 $t_1$ 為約3毫米或更厚的玻璃基物件），因為為了實現熱強化和所需的殘餘應力，必須在這種物件的芯部與表面之間形成足夠的熱梯度。這種厚的物件在許多應用中是不理想的或不實用的，例如顯示器（例如消費性電子產品，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統及類似物）、建築物（例如窗戶、淋浴板、檯面等）、運輸工具（例如汽車、火車、飛機、海輪等）、器具、或任何需要優異的抗碎裂性但薄且重量輕的物件的應用。

【0005】雖然化學強化不會被以與熱回火相同的方式受到玻璃基物件厚度的限制，但是習知的化學強化玻璃基物件並未表現出熱回火玻璃基物件的應力分佈。在第2圖中圖示出藉由化學強化（例如藉由離子交換製程）產生的應力分佈的實例。在第2圖中，化學強化玻璃基物件200包括第一表面201、厚度 $t_2$ 、及表面CS 210。玻璃基物

件 200 表現出從第一表面 201 減小到本文所定義的 D O C 230 的 C S，在 D O C 230 處應力從壓縮變成拉伸應力，並達到最大 C T 220。如第2圖所圖示，這樣的分佈顯現出大體上平坦的 C T 區域或沿著 C T 區域的至少一部分具有固定或接近固定的拉伸應力的 C T 區域。與第1圖中圖示的最大中心值相比，習知的化學強化玻璃基物件往往表現出較低的最大 C T 值。

【0006】 因此，需要有表現出改善的耐碎裂性的薄玻璃基物件。

#### 【發明內容】

【0007】 本揭示的第一態樣是關於一種玻璃基物件，該玻璃基物件包括：第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定單位為毫米（m m）的厚度（ $t$ ）；非零且沿著從約  $0 \cdot t$  至約  $0.3 \cdot t$  的厚度範圍變化的金屬氧化物濃度；以及中心張力（C T）區域，該 C T 區域包含小於約  $71.5 / \sqrt{t}$ （M P a）的最大 C T。在一個或更多個實施例中，當該玻璃基物件碎裂時，藉由 Z. Tang 等人在 Experimental Mechanics（2014）54:903-912 中描述的「易碎性測試（Frangibility Test）」用於量測強化玻璃之易碎性和碎裂度的自動化設備（Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass）量測時，該玻璃基物件碎裂成至多2個碎片/吋<sup>2</sup>。將碎片的數量除以被測試樣品的面積

(平方吋)，使用的樣品尺寸是 5 cm 乘 5 cm (2 吋 × 2 吋) 的正方形。

【0008】 在一個或更多個實施例中，該金屬氧化物的濃度非零且沿著整個厚度變化。在一個或更多個實施例中，該金屬氧化物沿著該厚度範圍產生應力。在該玻璃基基材中、該金屬氧化物的所有單價離子中，該金屬氧化物的單價離子可以具有最大的離子直徑。該金屬氧化物的濃度可以從該第一表面減小到介於該第一表面與該第二表面之間的點，並從該點增加到該第二表面。例如，該金屬氧化物在該第一表面的濃度可以比該金屬氧化物在等於約  $0.5 \cdot t$  的深度的濃度大約 1.5 (或更多) 倍。在一些情況下，該金屬氧化物貫穿該厚度的濃度為約 0.05 莫耳% 或更大 (例如在從約 1 莫耳% 至約 15 莫耳% 的範圍中)。在一些情況下，該金屬氧化物的濃度可以從該第一表面減小到在介於該第一表面與該第二表面間之點的值，並從該值增加到該第二表面。該金屬氧化物可以包括  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、及  $\text{Cs}_2\text{O}$  中的一種或更多種。在一個或更多個實施例中，金屬氧化物濃度梯度可以存在於該玻璃基物件的該 CT 區域中。

【0009】 在一個或更多個實施例中，該玻璃基物件包括沿著該厚度延伸的應力分佈，其中在從約  $0 \cdot t$  至多達  $0.3 \cdot t$  和從大於約  $0.7 \cdot t$  至  $t$  的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含斜率的絕對值大於約 0.1 MPa / 微米的切線 (即切線的斜率具有小於約 -0.1 MPa / 微米或大於約

0.1 MPa / 微米 的值)。在一些實施例中，可以將切線描述為「局部梯度」並與「局部梯度」互換使用，「局部梯度」的定義為隨著深度增量接近零應力大小為深度的函數的變化。在一些實施例中，該應力分佈包含最大CS、DOC及小於約  $71.5 / \sqrt{t}$  (MPa) 的最大CT，其中最大CT與最大CS之絕對值的比率在約0.01至約0.2的範圍中，並且其中該DOC為約  $0.1 \cdot t$  或更大。

【0010】 在一個或更多個實施例中，本文描述的玻璃基物件表現出某些碎裂行為。例如，在一個或更多個實施例中，當在2吋乘2吋的樣品上測試時，當玻璃基物件由於單一事件（即單次撞擊，例如被掉落或被工具撞擊一次）而碎裂時，玻璃基物件最多碎裂成2個碎片/吋<sup>2</sup>。

【0011】 一個或更多個實施例的玻璃基物件可以包括約300 MPa或更大、或約400 MPa或更大的表面壓縮應力(CS)。在一些實施例中，玻璃基物件包括約200 MPa或更大的表面CS和約  $0.4 \cdot t$  或更大的化學品層深度。在一個或更多個實施例中，CS可以從第一表面延伸到DOC，其中DOC為約  $0.1 \cdot t$  或更大。一些實施例的玻璃基物件表現出在約0.01至約0.2的範圍中的最大CT與表面CS（可以包括最大CS）的絕對值的比率。可選地，表面CS大於最大CT。

【0012】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包括第一金屬氧化物濃度和第二金屬氧化物濃度，其中從約  $0 \cdot t$  至約  $0.5 \cdot t$  的第一厚度範圍該第一金屬氧化物濃度在約0

莫耳%至約15莫耳%的範圍中，並且其中從約0微米至約25微米的第二厚度範圍該第二金屬氧化物濃度在約0莫耳%至約10莫耳%的範圍中。可選地，該玻璃基物件包括第三金屬氧化物。

【0013】 在一個或更多個實施例中，該玻璃基物件包括非零且沿著從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ （或從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 或從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.45 \cdot t$ ）的厚度範圍變化的金屬氧化物濃度；大於約200 MPa或更大的表面壓縮應力；及最大CT小於約 $71.5 / \sqrt{t}$  (MPa)的CT區域，其中「71.5」的單位是 $\text{MPa} \cdot (\text{mm})^{0.5}$ ，「t」的單位是毫米(mm)。

【0014】 玻璃基物件可以具有約3毫米或更小、或約1毫米或更小的厚度t。玻璃基物件可以具有非晶形結構、晶形結構、或上述兩者之組合。玻璃基物件可以在範圍從約380 nm至約780 nm的波長下表現出約88%或更大的透射率。此外，在一些實施例中，玻璃基物件可以在CIE光源F02下呈現出L\*值為約88和更大、a\*值在約-3至約+3的範圍中、及b\*值在約-6至約+6的範圍中的CIELAB色彩空間坐標。

【0015】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包括小於80 GPa的楊氏模量。本揭示中陳述的楊氏模量值是指藉由ASTM E2001-13、標題為「用於金屬和非金屬部件缺陷檢測的共振超音波光譜標準指南 (Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and



Non-metallic Parts) 中所提一般類型的共振超音波光譜技術量測的值。玻璃基物件包括約100千泊(kP)或更大的液相線黏度。

【0016】 玻璃基物件可以包括具有以下任一者或更多者的組成物：包含多於約15莫耳%的 $Al_2O_3$ 和 $Na_2O$ 組合量的組成物、包含多於約4莫耳%  $Na_2O$ 的組成物、基本上不含 $B_2O_3$ 、 $ZnO$ 、或 $B_2O_3$ 和 $ZnO$ 兩者的組成物、以及包含非零量的 $P_2O_5$ 的組成物。

【0017】 玻璃基物件可以包括在約460°C下約450  $\mu m^2$ /小時或更大的單價離子（例如鈉離子或鉀離子）擴散率。在一個或更多個實施例中，此單價離子擴散率與大於約0.15· $t$ 的DOC組合表現，並且其中表面CS是最大CT的1.5倍或更大。

【0018】 在一些實施例中，玻璃基物件包含約0.7 MPa·m<sup>1/2</sup>或更大的碎裂韌性( $K_{IC}$ )。

【0019】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件表現出約大於0 J/m<sup>2</sup>至小於40 J/m<sup>2</sup>的儲存拉伸能。

【0020】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包括的應力分佈包括CS區域和CT區域，其中CT區域可由方程式： $應力(x) = MaxT - (((CT_n \cdot (n+1))/0.5n) \cdot |(x/t) - 0.5|n)$ 近似，其中MaxT是最大張力值， $CT_n$ 小於或等於MaxT並且是以MPa為單位的正值， $x$ 是沿著厚度( $t$ )以微米計的位置， $n$ 在1.5至5（或1.5至2）的範圍中。在一些實施例中，CT區域包含的最

大CT值在約50 MPa至約250 MPa的範圍中，而且最大CT值是在範圍從約0.4 t至約0.6 t的深度。在一些情況下，從在約0 t至約0.1 t的範圍中的厚度，應力分佈包含的斜率之大小（絕對值）是在約20 MPa/微米至約200 MPa/微米的範圍中。在一個或更多個實施例中，從0.5 t量測到表面的應力分佈可由複數個誤差函數的組合近似。

【0021】 本揭示的第二態樣是關於玻璃組成物在強化玻璃基物件中的用途，該玻璃組成物包含（以莫耳%計）：量的範圍從約60至約75的 $\text{SiO}_2$ 、量的範圍從約12至約20的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、量的範圍從約0至約5的 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、量的範圍從約2至約8的 $\text{Li}_2\text{O}$ 、量多於4的 $\text{Na}_2\text{O}$ 、具有非0量的 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、量的範圍從約0至約5的 $\text{MgO}$ 、量的範圍從約0至約3的 $\text{ZnO}$ 、量的範圍從約0至約5的 $\text{CaO}$ ，其中該玻璃組成物是可離子交換的並且是非晶形的，其中 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ 的總量多於約15莫耳%，其中該玻璃組成物基本上不含成核劑，並且其中該玻璃組成物包含約100 kP或更大的液相線黏度。在一個或更多個實施例中，該玻璃組成物基本上不含 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、或 $\text{B}_2\text{O}_3$ 和 $\text{ZnO}$ 兩者。

【0022】 本揭示的第三態樣是關於一種玻璃基材，該玻璃基材包含組成物，該組成物包括以莫耳%計量的範圍從約60至約75的 $\text{SiO}_2$ 、量的範圍從約12至約20的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、量的範圍從約0至約5的 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、量的範圍從約2至約8的 $\text{Li}_2\text{O}$ 、量多於約4的 $\text{Na}_2\text{O}$ 、量的範圍從約0至約5的 $\text{MgO}$ 、量的範圍從約0至約3的 $\text{ZnO}$ 、量的範圍從約0

至約5的CaO、及具有非0量的 $P_2O_5$ ；其中該玻璃基材是可離子交換的並且是非晶形的，其中該組成物中 $Al_2O_3$ 和 $Na_2O$ 的總量多於約15莫耳%，其中該玻璃組成物基本上不含成核劑並包含約100 kP或更大的液相線黏度。

【0023】 在一些實施例中，該玻璃基材是非晶形和強化的，其中 $Na_2O$ 濃度改變，其中該組成物基本上不含成核劑，該組成物中 $Al_2O_3$ 和 $Na_2O$ 的總量多於約15莫耳%，其中該玻璃組成物基本上不含成核劑，並包含約100 kP或更大的液相線黏度。在一些實施例中，該玻璃基材包括非零量的 $P_2O_5$ 。

【0024】 本揭示的第四態樣是關於一種裝置，該裝置包含：具有前表面、後表面、及側表面的殼體；至少部分在該殼體內的電氣元件；在或鄰近該殼體的該前表面的顯示器；以及位於該顯示器上方的蓋基材，其中該蓋基材包含依據本文所述實施例的玻璃基物件。

【0025】 將在以下的實施方式中提出其他特徵與優點，而且從實施方式來看，部分的特徵與優點對於所屬技術領域中具有通常知識者而言將是顯而易見的，或者可藉由實施本文描述的實施例而認可部分的特徵與優點，本文描述的實施例包括以下的實施方式、申請專利範圍以及附圖。

【0026】 應瞭解的是，前述的一般性描述與以下的實施方式皆只為例示性的，而且意圖提供用以瞭解申請專利範圍之本質與特點的概觀或架構。附圖被涵括以提供進一步

的瞭解，而且附圖被併入本說明書中並構成本說明書的一部分。圖式說明一個或更多個實施例，而且該等圖式與實施方式一起用以解釋各種實施例的原理與操作。

**【圖式簡單說明】**

**【0027】** 第1圖為橫跨習知的熱回火玻璃物件的厚度之剖視圖；

**【0028】** 第2圖為橫跨習知的化學強化玻璃物件的厚度之剖視圖；

**【0029】** 第3圖為依據本揭示的一個或更多個實施例橫跨化學強化玻璃基物件的厚度之剖視圖；

**【0030】** 第4圖為依據本揭示的一個或更多個實施例圖示各種應力分佈的曲線圖；

**【0031】** 第5A-5B圖為依據一個或更多個實施例圖示最大拉伸應力（MPa）為被施加到玻璃基物件的表面的法向負載（N）之函數的曲線圖；

**【0032】** 第6圖為環對環設備之示意性剖視圖；

**【0033】** 第7圖為用以進行本揭示中描述的砂紙上反向球（IBoS）測試的設備之實施例的示意性剖視圖；

**【0034】** 第8圖為由於通常在行動或手持電子裝置中使用的玻璃基物件上發生的損傷引入加上彎曲所導致的主要損壞機制之示意性剖視圖；

**【0035】** 第9圖為在本文描述的設備中進行IBoS測試的方法之流程圖；

【0036】 第10圖為圖示實例1A-1G的最大CT值為離子交換時間的函數之曲線圖；

【0037】 第11圖為圖示實例1E的量測應力為從實例1E的玻璃基物件的表面延伸到玻璃基物件中的深度的函數之曲線圖；

【0038】 第12圖為圖示在不同負載或壓力下磨損之後依據實例2A的玻璃基物件的損壞負載值之曲線圖；

【0039】 第13圖為圖示依據實例2A的玻璃基物件在掉落到180號粒度的砂紙上然後掉落到30號粒度的砂紙上之後損壞的高度之曲線圖；

【0040】 第14圖為圖示依據實例3A和比較例3B的玻璃基物件在掉落到30號粒度的砂紙上之後損壞的高度之曲線圖；

【0041】 第15圖為比較依據實例3A和比較例3B的玻璃基物件在25 psi的負載或壓力下被磨損之後的平均損壞負載之曲線圖；

【0042】 第16圖為比較依據實例3A和比較例3B的玻璃基物件在45 psi的負載或壓力下被磨損之後的平均損壞負載之曲線圖；

【0043】 第17圖為圖示實例4A-1至4A-6的應力分佈為深度的函數之曲線圖；

【0044】 第18圖為圖示實例4A-1至4A-6的最大CT和DOC值為離子交換時間的函數之曲線圖；

【0045】 第19圖為圖示實例4B-1至4B-6的應力分佈為深度的函數之曲線圖；

【0046】 第20圖為圖示實例4B-1至4B-6的最大CT和DOC值為離子交換時間的函數之曲線圖；

【0047】 第21圖為圖示實例4C-1至4C-6的應力分佈為深度的函數之曲線圖；

【0048】 第22圖為圖示實例4C-1至4C-6的最大CT和DOC值為離子交換時間的函數之曲線圖；

【0049】 第23圖為圖示實例4D-1至4D-6的應力分佈為深度的函數之曲線圖；

【0050】 第24圖為圖示實例4D-1至4D-6的最大CT和DOC值為離子交換時間的函數之曲線圖；

【0051】 第25圖為圖示比較例5A和實例5B的應力分佈為深度的函數之曲線圖；

【0052】 第26圖為圖示比較例5A和實例5B的儲存拉伸能為最大CT的函數之曲線圖；

【0053】 第27圖為圖示比較例5C和實例5D的儲存拉伸能為最大CT的函數之曲線圖；

【0054】 第28圖為併入本文所述玻璃基物件的一個或更多個實施例的電子裝置之前視平面圖；

【0055】 第29圖為用於玻璃基物件的測試設備之側視圖；

【0056】 第30圖為第29圖圖示的測試設備的一部分之側視圖；

【0057】 第31圖為第29圖圖示的測試設備之後視立體圖；

【0058】 第32圖為第29圖圖示的測試設備之前視立體圖；

【0059】 第33圖為用於玻璃基物件的測試設備之側視圖；

【0060】 第34圖為第29圖圖示的測試設備的一部分之側視圖；

【0061】 第35圖為在第29圖圖示的測試設備上為各種玻璃樣品獲得的平均撞擊力對擺動角數據之曲線圖；

【0062】 第36圖為在第29圖圖示的測試設備上為各種玻璃樣品獲得的平均撞擊位置數據之長條圖；以及

【0063】 第37圖為圖示各種樣品的保持強度值之曲線圖。

#### 【實施方式】

【0064】 現在將詳細參考各種實施例，將其中的實例圖示在所附的實例和圖式中。

【0065】 在下面的描述中，在圖式中所顯示的幾個視圖從頭至尾，相同的參照符號表示相同或相應的部件。還應該瞭解的是，除非另有指明，否則用語如「頂部」、「底部」、「向外」、「向內」及類似者是方便的用詞，並且不被解釋為限制性的用語。此外，只要一個群組被描述為包含一組元素及上述元素之組合中之至少一者，則瞭解的是，該群組可以包含任何數量的這些列舉元素、或基本上

由或由任何數量的這些列舉元素所組成，無論是個別地或是相互組合。同樣地，當一群組被描述為由一組元素及上述元素之組合中之至少一者所組成時，則瞭解的是，該群組可以由任何數量的這些列舉元素所組成，無論是個別地或是相互組合。除非另有指明，否則常敘述值的範圍時，該值的範圍包括範圍的上限和下限兩者以及中間的任何範圍。本文所用的不定冠詞「一」及相應的定冠詞「該」意指「至少一」或「一個或更多個」，除非另有指明。還瞭解的是，本說明書和圖式中揭示的各種特徵可被用於任何及所有的組合。

**【0066】** 本文中使用的用語「玻璃基物件」和「玻璃基基材」被以最廣泛的含義使用來包括任何全部或部分由玻璃製成的物體。玻璃基物件包括玻璃和非玻璃材料的積層體、玻璃和結晶材料的積層體、及玻璃陶瓷（包括非晶相和結晶相）。除非另有指明，否則所有組成物均以莫耳百分比（莫耳%）表示。

**【0067】** 值得注意的是，本文中可以使用用語「大體上」或「約」來表達可能歸因於任何定量比較、值、量測、或其他表示的固有不確定度。本文中還可以使用這些用語來表示在不曾導致所討論的標的物之基本功能產生變化之下定量表達可以與所述參考物相差的程度。

**【0068】** 除非另有指明，否則所有的溫度都是以攝氏度（℃）表示。本文中使用的用語「軟化點」是指玻璃的黏度為約  $10^{7.6}$  泊（P）的溫度，用語「退火點」是指玻璃



的黏度為約  $10^{13.2}$  泊的溫度，用語「200 泊的溫度 ( $T^{200P}$ )」是指玻璃的黏度為約 200 泊的溫度，用語「 $10^{11}$  泊的溫度」是指玻璃的黏度為約  $10^{11}$  泊的溫度，用語「35 kP 的溫度 ( $T^{35kP}$ )」是指玻璃的黏度為約 35 千泊 (kP) 的溫度，用語「160 kP 的溫度 ( $T^{160kP}$ )」是指玻璃的黏度為約 160 kP 的溫度。

【0069】一般性地參照圖式，尤其是第 1-3 圖，將瞭解到的是，該等圖示係用於描述特定實施例的目的，並非意圖限制該揭示或所附申請專利範圍。該等圖式不一定依照比例繪製，而且為了清楚和簡明的益處，可將該等圖式中的某些特徵和某些視圖以誇大的比例或示意的方式圖示。

【0070】本文中使用的 DOC 是指玻璃基物件內的應力從壓縮變成拉伸應力的深度。在 DOC 處，應力從正（壓縮）應力橫跨到負（拉伸）應力（例如第 1 圖中的 130），因此表現出零的應力值。

【0071】本文中使用的用語「化學品深度」、「化學品層深度」、及「化學品層的深度」可被互換使用來指稱金屬氧化物或鹼金屬氧化物的離子（例如金屬離子或鹼金屬離子）擴散進入玻璃基物件中的深度以及離子濃度達到最小值的深度，如藉由電子探針顯微分析（EPMA）或輝光放電 - 發射光譜（GD-OES）測得的）。特別是，為了評估  $Na_2O$  擴散的深度，或者可以使用 EPMA 和表面應力計來測定  $Na^+$  離子濃度（下面有更詳細的描述）。

【0072】 除非另有具體說明，否則依據所屬技術領域中通常使用的慣例，將壓縮表示為負（ $< 0$ ）應力並將張力表示為正（ $> 0$ ）應力。然而，貫穿本描述，常提及壓縮應力  $CS$  時，這樣的說明並未考慮正或負值，即如本文所述  $CS = |CS|$ 。

【0073】 本文描述的是薄的化學強化玻璃基物件，該玻璃基物件包括玻璃和玻璃-陶瓷，玻璃例如矽酸鹽玻璃，包括含鹼金屬玻璃，玻璃-陶瓷可用作行動電子裝置和觸控顯示器的蓋玻璃。玻璃基物件還可用於顯示器（或作為顯示物件）（例如廣告牌、銷售點系統、電腦、導航系統、及類似物）、建築物件（牆壁、固定裝置、面板、窗戶等）、運輸物件（例如在汽車應用中、火車、飛機、海輪等）、電器（例如洗衣機、烘乾機、洗碗機、冰箱及類似物）、或任何需要一些抗碎裂性的物件。

【0074】 尤其，本文描述的玻璃基物件是薄的，並表現出通常只可通過回火的厚玻璃物件（例如具有約 2 mm 或 3 mm 或更大的厚度）實現的應力分佈。玻璃基物件沿著厚度表現出獨特的應力分佈。在一些情況下，本文描述的玻璃基物件表現出比回火玻璃物件更大的表面  $CS$ 。在一個或更多個實施例中，玻璃基物件具有延伸到玻璃基物件中更深處的壓縮應力層（其中  $CS$  減小並且比習知的化學強化玻璃基物件更和緩地增加），使得即使在玻璃基物件或包括玻璃基物件的裝置掉落在硬表面（例如花崗岩）或硬且粗糙的表面（例如瀝青）上時，玻璃基物件也表現出

明顯改善的抗碎裂性。一個或更多個實施例的玻璃基物件表現出比一些習知的化學強化玻璃基材更大的最大CT值。

【0075】CS和鉀離子的滲透深度（「鉀DOL」）是使用所屬技術領域中習知的那些方法量測的。鉀DOL與DOC不同，因為鉀DOL表示由於離子交換製程所產生的鉀滲透深度。鉀DOL通常小於本文所述物件的DOC。CS和鉀DOL是使用市售儀器藉由表面應力儀（FSM）量測的，例如由Orihara Industrial Co., Ltd.（日本）製造的FSM-6000。表面應力量測依賴應力光學係數（SOC）的精確量測，應力光學係數與玻璃的雙折射有關。SOC接著又依據ASTM標準C770-98（2013）、標題為「量測玻璃應力光學係數的標準測試方法（Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient）」（內容以引用方式全部併入本文中）中描述的程序C的修改版本進行量測。修改包括使用玻璃片作為試樣，且厚度為5至10 mm，直徑12.7 mm，其中玻璃片是等向性和均勻的，並且芯部鑽有兩個拋光和平行的面。修改還包括計算要施加的最大力Fmax。力應足以產生20 MPa或更大的壓縮應力。Fmax的計算如下：

$$F_{max} = 7.854 * D * h$$

其中：

$$F_{max} = \text{力，以牛頓計}$$

$D$  = 玻璃片的直徑

$h$  = 光路的厚度

對於每個施加的力，計算應力如下：

$$\sigma_{\text{M P a}} = 8 F / (\pi * D * h)$$

其中：

$F$  = 力，以牛頓計

$D$  = 玻璃片的直徑

$h$  = 光路的厚度

【0076】 使用散射光偏光儀（SCALP）量測DOC和最大CT值。可以使用折射近場（RNF）法或SCALP來量測應力分佈。當使用RNF法時，利用由SCALP提供的最大CT值。特別的是，將藉由RNF法量測的應力分佈力平衡並校準到由SCALP量測提供的最大CT值。RNF法被描述在標題為「用於量測玻璃樣品之分佈特性的系統和方法（Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample）」的美國專利第8,854,623號中，將該專利以引用方式全部併入本文中。尤其，RNF法包括將玻璃基物件放置成鄰近參考塊、產生以介於1 Hz和50 Hz之間的速率在正交偏振之間切換的偏振切換光束、量測偏振切換光束的功率量、以及產生偏振切換參考訊號，其中在每個正交偏振中測得的功率量在彼此的50%內。該方法進一步包括傳輸偏振切換光束通過玻璃樣品和參考塊到玻璃樣品中的不同深度，然後使用中繼光學系統將傳輸的偏振切換光束中

繼到訊號光檢測器，且訊號光檢測器產生偏振切換檢測器訊號。該方法還包括將檢測器訊號除以參考訊號以形成標準化檢測器訊號，並從標準化檢測器訊號決定玻璃樣品的分佈特性。然後將RNF分佈平滑化並用於CT區域。如以上所提到的，將FSM技術用於表面CS和表面附近的CS區域中應力分佈的斜率。

【0077】 如上所述，本文描述的玻璃基物件藉由離子交換進行化學強化，並表現出與習知的強化玻璃物件所表現的不同的應力分佈。在本揭示中，玻璃基基材通常是未強化的，而且玻璃基物件通常是指已被強化（例如藉由離子交換）的玻璃基基材。在此過程中，在玻璃基物件的表面或表面附近的離子被具有相同價態或氧化態的較大離子取代（或交換）。在其中玻璃基物件包含鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃的那些實施例中，在玻璃的表面層中的離子和該較大離子是單價的鹼金屬陽離子，例如 $\text{Li}^+$ （當存在於玻璃基物件中時）、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、及 $\text{Cs}^+$ 。或者，在表面層中的單價陽離子可以被用鹼金屬陽離子以外的單價陽離子取代，例如 $\text{Ag}^+$ 或類似物。在此類實施例中，被交換到玻璃基基材中的單價離子（或陽離子）在生成的玻璃基物件中產生應力。

【0078】 離子交換製程通常是藉由將玻璃基基材浸沒在含有將與玻璃基基材中的較小離子交換的較大離子的熔融鹽浴（或兩個或更多個熔融鹽浴）中來進行。應當注意的是，也可以使用水性鹽浴。此外，浴的成分可以包括

超過一種類型的較大離子（例如  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$ ）或單一較大離子。所屬技術領域中具有通常知識者將理解的是，離子交換製程的參數，包括、但不限於浴的成分和溫度、浸沒時間、玻璃基物件浸沒在一個鹽浴（或多個浴）中的次數、多個鹽浴的使用、附加步驟例如退火、洗滌等，通常是由玻璃基物件的成分（包括物件的結構和存在的任何結晶相）及玻璃基物件從強化產生的期望  $\text{DOC}$  和  $\text{CS}$  來決定。舉例來說，玻璃基基材的離子交換可以藉由將玻璃基基材浸沒在至少一個含有鹽的熔融浴中來實現，該鹽例如、但不限於較大鹼金屬離子的硝酸鹽、硫酸鹽、及氯化物。典型的硝酸鹽包括  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{LiNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  及上述之組合。熔融鹽浴的溫度通常是在約  $380^\circ\text{C}$  至高達約  $450^\circ\text{C}$  的範圍中，而浸沒時間的範圍是從約 15 分鐘至長達約 100 小時，取決於玻璃厚度、浴的溫度及玻璃（或單價離子）擴散率。然而，也可以使用與上述的溫度和浸沒時間不同的溫度和浸沒時間。

【0079】 在一個或更多個實施例中，可以將玻璃基基材浸沒在溫度約  $370^\circ\text{C}$  至約  $480^\circ\text{C}$  的 100%  $\text{NaNO}_3$  熔融鹽浴中。在一些實施例中，可以將玻璃基基材浸沒在包括約 5% 至約 90%  $\text{KNO}_3$  和約 10% 至約 95%  $\text{NaNO}_3$  的熔融混合鹽浴中。在一些實施例中，可以將玻璃基基材浸沒在包括  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{NaNO}_3$  的熔融混合鹽浴中，並具有更寬的溫度範圍（例如高達約  $500^\circ\text{C}$ ）。在一個或更多個實施例中，可以在第一浴中浸沒之後將玻璃基物件浸沒在第二

浴中。在第二浴中浸沒可以包括在包含100%  $\text{KNO}_3$  的熔融鹽浴中浸沒15分鐘至8小時。

【0080】 在一個或更多個實施例中，可以將玻璃基基材浸沒在包括 $\text{NaNO}_3$ 和 $\text{KNO}_3$ （例如49%/51%、50%/50%、51%/49%）、溫度低於約420°C（例如約400°C或約380°C）的熔融混合鹽浴中持續約不到5小時、或甚至約4小時或更短。

【0081】 可以調整離子交換條件來提供「尖峰」或增大在產生的玻璃基物件的表面或表面附近的應力分佈的斜率。由於本文描述的玻璃基物件中使用的玻璃成分的獨特性質，這種尖峰可以藉由單個浴或多個浴來實現，且該（等）浴具有單一成分或混合成分。

【0082】 如第3圖所示，一個或更多個實施例的玻璃基物件300包括第一表面302和與該第一表面相對的第二表面304，第一表面302和第二表面304界定厚度t。在一個或更多個實施例中，厚度t可以是約3毫米或更小（例如，在從約0.01毫米至約3毫米、從約0.1毫米至約3毫米、從約0.2毫米至約3毫米、從約0.3毫米至約3毫米、從約0.4毫米至約3毫米、從約0.01毫米至約2.5毫米、從約0.01毫米至約2毫米、從約0.01毫米至約1.5毫米、從約0.01毫米至約1毫米、從約0.01毫米至約0.9毫米、從約0.01毫米至約0.8毫米、從約0.01毫米至約0.7毫米、從約0.01毫米至約0.6毫米、從約0.01毫米至約0.5

毫米、從約0.1毫米至約0.5毫米、或從約0.3毫米至約0.5毫米的範圍中)。

【0083】 玻璃基物件包括從第一表面302延伸到第二表面304（或沿著厚度 $t$ 的整個長度延伸）的應力分佈。在第3圖顯示的實施例中，圖示出藉由本文描述的SCALP或RNF量測的應力分佈312。 $y$ 軸表示應力值， $x$ 軸表示玻璃基物件內的厚度或深度。

【0084】 如第3圖所圖示，應力分佈312包括CS層315（具有表面CS 310）、CT層325（具有最大CT 320）及DOC 330，應力分佈312在DOC 330從壓縮轉變成拉伸。CS層具有從表面302、304延伸到DOC 330的相關深度或長度317。CT層325也具有相關深度或長度327（CT區域或層）。

【0085】 表面CS 310可以是約150 MPa或更大、或約200 MPa或更大（例如約250 MPa或更大、約300 MPa或更大、約400 MPa或更大、約450 MPa或更大、約500 MPa或更大、或約550 MPa或更大）。表面CS 310可以高達約900 MPa、高達約1000 MPa、高達約1100 MPa、或高達約1200 MPa。本文的表面CS值還可以包含最大CS。在一些實施例中，表面CS小於最大CS。

【0086】 最大CT 320可以小於約 $71.5/\sqrt{(t)}$ ，其中 $t$ 為厚度以mm計。在一個或更多個實施例中，最大CT 320可以大於約 $45/\sqrt{(t)}$ 。在一個或更多個實施例中，最大CT可以是約80 MPa或更小、約75 MPa或更小、或約



70 MPa 或更小（例如約 60 MPa 或更小、約 55 MPa 或更小、50 MPa 或更小、或約 40 MPa 或更小）。在一個或更多個實施例中，最大 CT 的下限可以是 25 MPa、40 MPa 或 50 MPa。在一些實施例中，最大 CT 320 可以在約 25 MPa 至約 80 MPa（例如約 25 MPa 至約 75 MPa、約 25 MPa 至約 70 MPa、約 25 MPa 至約 65 MPa、約 40 MPa 至約 80 MPa、約 40 MPa 至約 75 MPa、約 40 MPa 至約 70 MPa、約 40 MPa 至約 65 MPa、約 45 MPa 至約 80 MPa、約 50 MPa 至約 80 MPa、或約 60 MPa 至約 80 MPa）的範圍中。

【0087】 最大 CT 320 可以位在約  $0.3 \cdot t$  至約  $0.7 \cdot t$ 、約  $0.4 \cdot t$  至約  $0.6 \cdot t$  或約  $0.45 \cdot t$  至約  $0.55 \cdot t$  的範圍中。應當注意的是，表面 CS 310 和最大 CT 320 中的任一者或更多者可以取決於玻璃基物件的厚度。例如，厚度約 0.8 mm 的玻璃基物件可以具有約 75 MPa 或更小的最大 CT。當玻璃基物件的厚度減小時，最大 CT 可能增加。換句話說，最大 CT 隨著厚度減小（或是隨著玻璃基物件變更薄）而增加。

【0088】 在一些實施例中，最大 CT 320 與表面 CS 310 的絕對值的比率在約 0.01 至約 0.2 的範圍中（例如在約 0.01 至約 0.18、約 0.01 至約 0.16、約 0.01 至約 0.15、約 0.01 至約 0.14、約 0.01 至約 0.1、約 0.02 至約 0.2、約 0.04 至約 0.2、約 0.05 至約 0.2、約 0.06 至約 0.2、約 0.08 至約 0.2、約 0.1 至約 0.2、或約 0.12 至

約 0.2 的範圍中)。在一些實施例中，表面 CS 可以是最大 CT 的 1.5 倍（或 2 倍或 2.5 倍）或更大。在一些實施例中，表面 CS 可以高達最大 CT 的約 48 倍、高達最大 CT 的 40 倍、高達最大 CT 的 20 倍、高達最大 CT 的 10 倍、或高達最大 CT 的 8 倍。表面 CS 可以在最大 CT 的約 5 倍至高達約 50 倍的範圍中。

【0089】 在一個或更多個實施例中，應力分佈 312 包含最大 CS，最大 CS 通常是表面 CS 310，並且可以在第一表面 302 和第二表面 304 中的一處或兩處找到。在一個或更多個實施例中，CS 層或區域 315 沿著一部分的厚度 317 延伸到 DOC 330 和最大 CT 320。在一個或更多個實施例中，DOC 330 可以是約  $0.1 \cdot t$  或更大。例如，DOC 330 可以是約  $0.12 \cdot t$  或更大、約  $0.14 \cdot t$  或更大、約  $0.15 \cdot t$  或更大、約  $0.16 \cdot t$  或更大、 $0.17 \cdot t$  或更大、 $0.18 \cdot t$  或更大、 $0.19 \cdot t$  或更大、 $0.20 \cdot t$  或更大、約  $0.21 \cdot t$  或更大、或多達約  $0.25 \cdot t$ 。在一些實施例中，DOC 330 小於化學品深度。化學品深度可以是約  $0.4t$  或更大、 $0.5t$  或更大、約  $0.55t$  或更大、或約  $0.6t$  或更大。

【0090】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包含範圍從約 6 微米至約 20 微米的鉀 DOL。在一些實施例中，可以將鉀 DOL 表示為玻璃基物件的厚度  $t$  的函數。在一個或更多個實施例中，鉀 DOL 可以在約  $0.005t$  至約  $0.05t$  的範圍中。在一些實施例中，鉀 DOL 可以在約  $0.005t$  至約  $0.05t$ 、約  $0.005t$  至約  $0.045t$ 、約  $0.005t$  至約

0.04 t、約 0.005 t 至約 0.035 t、約 0.005 t 至約 0.03 t、約 0.005 t 至約 0.025 t、約 0.005 t 至約 0.02 t、約 0.005 t 至約 0.015 t、約 0.005 t 至約 0.01 t、約 0.006 t 至約 0.05 t、約 0.008 t 至約 0.05 t、約 0.01 t 至約 0.05 t、約 0.015 t 至約 0.05 t、約 0.02 t 至約 0.05 t、約 0.025 t 至約 0.05 t、約 0.03 t 至約 0.05 t、或約 0.01 t 至約 0.02 t 的範圍中。

【0091】 在一個或更多個實施例中，在鉀 DOL 深度處的壓縮應力值可以在約 50 MPa 至約 300 MPa 的範圍中。在一些實施例中，在鉀 DOL 深度處的壓縮應力值可以在約 50 MPa 至約 280 MPa、約 50 MPa 至約 260 MPa、約 50 MPa 至約 250 MPa、約 50 MPa 至約 240 MPa、約 50 MPa 至約 220 MPa、約 50 MPa 至約 200 MPa、約 60 MPa 至約 300 MPa、約 70 MPa 至約 300 MPa、約 75 MPa 至約 300 MPa、約 80 MPa 至約 300 MPa、約 90 MPa 至約 300 MPa、約 100 MPa 至約 300 MPa、約 1100 MPa 至約 300 MPa、約 120 MPa 至約 300 MPa、約 130 MPa 至約 300 MPa、或約 150 MPa 至約 300 MPa 的範圍中。

【0092】 在一個或更多個實施例中，可以將應力分佈 312 形容為類拋物線形狀。在一些實施例中，沿著玻璃基物件表現拉伸應力的區域或深度的應力分佈呈現類拋物線形狀。在一個或更多個具體實施例中，應力分佈 312 沒有平坦應力（壓縮或拉伸）部分或表現出大致上恆定的應

力（壓縮或拉伸）的部分。在一些實施例中，CT區域呈現基本上沒有平坦應力或沒有大致上恆定的應力的應力分佈。在一個或更多個實施例中，應力分佈312在從約 $0 \cdot t$ 至多達約 $0.2 \cdot t$ 和大於 $0.8 \cdot t$ 至 $t$ （或從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 和大於 $0.7 \cdot t$ ）的厚度範圍間的所有點都包含斜率小於約 $-0.1 \text{ MPa/微米}$ 或大於約 $0.1 \text{ MPa/微米}$ 的切線。在一些實施例中，切線的斜率可以小於約 $-0.2 \text{ MPa/微米}$ 或大於約 $0.2 \text{ MPa/微米}$ 。在一些更具體的實施例中，切線的斜率可以小於約 $-0.3 \text{ MPa/微米}$ 或大於約 $0.3 \text{ MPa/微米}$ 。在甚至更具體的實施例中，切線的斜率可以小於約 $-0.5 \text{ MPa/微米}$ 或大於約 $0.5 \text{ MPa/微米}$ 。換句話說，一個或更多個實施例沿著這些厚度範圍（即 $0 \cdot t$ 至多達約 $0.2 \cdot t$ 和大於 $0.8 \cdot t$ 、或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 和 $0.7 \cdot t$ 或更大）的應力分佈排除切線具有零斜率、或接近零的斜率、或平坦斜率的點。不受理論束縛，習知的誤差函數或準線性應力分佈具有的點沿著這些厚度範圍（即從約 $0 \cdot t$ 至多達約 $0.2 \cdot t$ 和大於 $0.8 \cdot t$ 、或從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 和 $0.7 \cdot t$ 或更大）具有斜率為零或接近零的值的切線，即在大於約 $-0.1 \text{ MPa/微米}$ 至小於約 $0.1 \text{ MPa/微米}$ 的範圍中（表示沿著這樣的厚度範圍平坦或零斜率的應力分佈，如第2圖220所示）。如第3圖所示，本揭示的一個或更多個實施例的玻璃基物件沿著這些厚度範圍不會呈現這種具有平坦或零斜率的應力分佈的應力分佈。

【0093】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件表現的應力分佈在約  $0.1 \cdot t$  至  $0.3 \cdot t$  和約  $0.7 \cdot t$  至  $0.9 \cdot t$  的厚度範圍中包含最大斜率切線和最小斜率切線。在一些情況下，最大斜率切線和最小斜率切線之間的差為約  $3.5 \text{ MPa/微米}$  或更小、約  $3 \text{ MPa/微米}$  或更小、約  $2.5 \text{ MPa/微米}$  或更小、或約  $2 \text{ MPa/微米}$  或更小。

【0094】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包括的應力分佈 312 基本上沒有任何在深度方向上或沿著玻璃基物件的厚度  $t$  的至少一部分延伸的平坦區段。換句話說，應力分佈 312 大致上沿著厚度  $t$  連續增大或減小。在一些實施例中，應力分佈在深度方向上大致上沒有長度約  $10 \text{ 微米}$  或更長、約  $50 \text{ 微米}$  或更長、或約  $100 \text{ 微米}$  或更長、或約  $200 \text{ 微米}$  或更長的任何平坦區段。本文中使用的用語「平坦」是指沿著平坦區段量值小於約  $0.5 \text{ MPa/微米}$ 、或小於約  $0.2 \text{ MPa/微米}$  的斜率。在一些實施例中，應力分佈在深度方向上基本上沒有任何平坦區段的一個或更多個部分是存在於玻璃基物件內距離第一表面或第二表面中的任一者或兩者約  $5 \text{ 微米}$  或更遠（例如  $10 \text{ 微米}$  或更遠、或  $15 \text{ 微米}$  或更遠）的深度處。例如，沿著距離第一表面約  $0 \text{ 微米}$  至小於約  $5 \text{ 微米}$  的深度，應力分佈可以包括線性區段，但是距離第一表面約  $5 \text{ 微米}$  或更遠的深度處，應力分佈可以基本上沒有平坦區段。本文中使用的「線性」包括具有平坦斜率的線區段以及沒有平坦斜率的線區

段；後者的實例請參見第11圖距離表面約12微米的深度內。

【0095】 在一些實施例中，應力分佈可以包括在深度從約0 *t* 至多達約0.1 *t* 處的線性區段，而且在深度約0.1 *t* 至約0.4 *t* 處可以基本上沒有平坦區段。在一些實施例中，厚度在約0 *t* 至約0.1 *t* 的範圍中的應力分佈可以具有大小（絕對值）在約20 MPa/微米至約200 MPa/微米的範圍中的斜率。如本文中將描述的，可以使用單一離子交換製程形成這樣的實施例，其中浴包括兩種或更多種鹼金屬鹽、或是混合的鹼金屬鹽浴或多種（例如2種或更多種）離子交換製程。

【0096】 在一個或更多個實施例中，可以就應力分佈沿著CT區域（第3圖中的327）的形狀來形容玻璃基物件。例如，在一些實施例中，沿著CT區域的應力分佈（其中應力處於張力）可以以方程式（1）近似：

$$\text{應力}(x) = \text{Max } T - \left( \left( \text{CT}_n \cdot (n+1) \right) / 0.5^n \right) \cdot |(x/t) - 0.5|^n \quad (1)$$

在方程式（1）中，應力(*x*)是在位置*x*的應力值。這裡的應力是正的（張力）。在方程式（1）中，Max *T* 是最大張力值，CT<sub>*n*</sub> 是在*n*的張力值並且小於或等於Max *T*。Max *T* 和CT<sub>*n*</sub> 均為正值，單位為MPa。值*x*是沿著厚度(*t*)的位置，以微米為單位，且範圍從0至*t*；*x* = 0是一個表面（第3圖中的302），*x* = 0.5 *t* 是玻璃基物件的中心（在此位置應力(*x*) = Max *T*），*x* = *t* 是相對的表面（在第

3 圖中的 304)。方程式 (1) 中使用的  $M_{ax}T$  等於最大  $CT$ ，最大  $CT$  可以小於約  $71.5/\sqrt{t}$ 。在一些實施例中，方程式 (1) 中使用的  $M_{ax}T$  可以在約 50 MPa 至約 80 MPa (例如約 60 MPa 至約 80 MPa、約 70 MPa 至約 80 MPa、約 50 MPa 至約 75 MPa、約 50 MPa 至約 70 MPa、或約 50 MPa 至約 65 MPa) 的範圍中， $n$  是從 1.5 至 5 (例如 2 至 4、2 至 3、或 1.8 至 2.2) 或從約 1.5 至約 2 的適配參數。在一個或更多個實施例中， $n = 2$  可以提供拋物線應力分佈，偏離  $n = 2$  的指數提供的應力分佈近似拋物線應力分佈。第 4 圖為依據本揭示的一個或更多個實施例圖示基於適配參數  $n$  的變化的各種應力分佈之曲線圖。

【0097】 在一個或更多個實施例中， $CT_n$  可以小於  $M_{ax}T$ ，其中在玻璃基物件的一個或兩個主表面上有壓縮應力尖峰。在一個或更多個實施例中，當玻璃基物件的一個或兩個主表面上沒有壓縮應力尖峰時， $CT_n$  等於  $M_{ax}T$ 。

【0098】 在一些實施例中，可以藉由熱處理來修改應力分佈。在此類實施例中，熱處理可以在任何離子交換製程之前、在離子交換製程之間、或在所有的離子交換製程之後進行。在一些實施例中，熱處理可以減小在表面或表面附近的應力分佈的斜率的大小之絕對值。在一些實施例中，在表面需要更陡或更大的斜率的情況下，可以在熱處

理之後利用離子交換製程來提供「尖峰」或增大在表面或表面附近的應力分佈的斜率。

【0099】 在一個或更多個實施例中，應力分佈312由於沿著一部分厚度改變的非零金屬氧化物濃度而產生。如上所述，本文中可以將金屬氧化物濃度的變化稱為金屬氧化物濃度梯度。在一些實施例中，金屬氧化物的濃度非零並沿著約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍改變。在一些實施例中，金屬氧化物的濃度為非零並沿著約 $0 \cdot t$ 至約 $0.35 \cdot t$ 、約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 、約 $0 \cdot t$ 至約 $0.45 \cdot t$ 或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.48 \cdot t$ 的厚度範圍改變。可以將金屬氧化物形容為在玻璃基物件中產生應力。濃度的變化可以是沿著上述厚度範圍為連續的。濃度的變化可以包括沿著約100微米的厚度區段約0.2莫耳%的金屬氧化物濃度變化。此變化可以藉由所屬技術領域中習知的方法量測，包括實例1顯示的微探針。可以將濃度非零且沿著一部分厚度改變的金屬氧化物形容為在玻璃基物件中產生應力。

【0100】 濃度的變化可以沿著上述厚度範圍為連續的。在一些實施例中，濃度變化可以是沿著範圍從約10微米至約30微米的厚度區段連續。在一些實施例中，金屬氧化物的濃度從第一表面降低到第一表面與第二表面之間的點，並從該點增加到第二表面。

【0101】 金屬氧化物的濃度可以包括超過一種金屬氧化物（例如 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 的組合）。在其中使用兩種金屬氧化物並且離子的半徑彼此不同的一些實施例中，在淺深



度處具有較大半徑的離子的濃度大於具有較小半徑的離子的濃度，而在較深深度處，具有較小半徑的離子的濃度大於具有較大半徑的離子的濃度。例如，當在離子交換製程中使用單一的含  $\text{Na}$  和  $\text{K}$  浴時，在較淺深度處玻璃基物件中的  $\text{K}^+$  離子濃度大於  $\text{Na}^+$  離子的濃度，而在較深深度處  $\text{Na}^+$  的濃度大於  $\text{K}^+$  離子的濃度。這有部分是由於與玻璃中的較小單價離子交換的單價離子的尺寸。在此類玻璃基物件中，由於在表面或表面附近有較大量的較大離子（即  $\text{K}^+$  離子），在表面或表面附近的區域包含較大的  $\text{CS}$ 。此較大的  $\text{CS}$  可以藉由在表面或表面附近具有斜率較陡的應力分佈（即在表面的應力分佈中的尖峰）來表現。

**【0102】** 一種或更多種金屬氧化物的濃度梯度或變化是如本文先前所述藉由將玻璃基基材化學強化來產生，其中玻璃基基材中的複數個第一金屬離子與複數個第二金屬離子交換。第一離子可以是鋰、鈉、鉀、及銣的離子。第二金屬離子可以是鈉、鉀、銣、及鉍中的一種離子，前提是第二鹼金屬離子的離子半徑大於第一鹼金屬離子的離子半徑。第二金屬離子作為氧化物（例如  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$  或上述之組合）存在於玻璃基基材中。

**【0103】** 在一個或更多個實施例中，金屬氧化物濃度梯度延伸通過玻璃基物件的厚度  $t$  的主要部分或整個厚度  $t$ ，包括  $\text{CT}$  層 327。在一個或更多個實施例中，在  $\text{CT}$  層 327 中金屬氧化物的濃度為約 0.5 莫耳 % 或更高。在一些實施例中，沿著玻璃基物件的整個厚度金屬氧化物的濃度

可以是約0.5莫耳%或更高（例如約1莫耳%或更高），並且在第一表面302及/或第二表面304為最高，而且大致上恆定地降低到第一表面302與第二表面304之間的點。在該點，金屬氧化物的濃度為沿著整個厚度 $t$ 最低；然而濃度在該點也是非零的。換句話說，特定金屬氧化物的非零濃度沿著厚度 $t$ 的主要部分（如本文所述）或整個厚度 $t$ 延伸。在一些實施例中，特定金屬氧化物的最低濃度在CT層327中。玻璃基物件中特定金屬氧化物的總濃度可以在約1莫耳%至約20莫耳%的範圍中。

【0104】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件包括第一金屬氧化物濃度和第二金屬氧化物濃度，使得沿著約 $0t$ 至約 $0.5t$ 的第一厚度範圍第一金屬氧化物濃度在約0莫耳%至約15莫耳%的範圍中，並且從約0微米至約25微米（或從約0微米至約12微米）的第二厚度範圍第二金屬氧化物濃度在約0莫耳%至約10莫耳%的範圍中；然而，沿著玻璃基物件的主要部分或整個厚度，第一金屬氧化物和第二金屬氧化物中的一者或兩者的濃度是非零的。玻璃基物件可以包括可選的第三金屬氧化物濃度。第一金屬氧化物可以包括 $\text{Na}_2\text{O}$ ，而第二金屬氧化物可以包括 $\text{K}_2\text{O}$ 。

【0105】 在被修改之前金屬氧化物的濃度可以從玻璃基物件中的金屬氧化物的基線量決定，以包括此類金屬氧化物的濃度梯度。

【0106】 在一個或更多個實施例中，可以就玻璃基物件如何碎裂和從此類碎裂產生的碎片來形容玻璃基物件，如藉由 Z. Tang 等人在 *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912 中描述的「易碎性測試 (Frangibility Test)」用於量測強化玻璃之易碎性和碎裂度的自動化設備 (*Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*) 測得的。在一個或更多個實施例中，當碎裂時，玻璃基物件碎裂成每平方吋（或每 6.4516 平方公分）的玻璃基物件（在碎裂之前）2 個或更少的碎片，其中使用的樣品尺寸為 5 cm × 5 cm（2 吋 × 2 吋）的正方形。

【0107】 在一個或更多個實施例中，在將玻璃基物件化學強化之後，玻璃基物件的生成應力分佈 312 提供改善的抗碎裂性。例如，在一些實施例中，在碎裂之後，玻璃基物件包含藉由 Z. Tang 等人在 *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912 中描述的「易碎性測試 (Frangibility Test)」用於量測強化玻璃之易碎性和碎裂度的自動化設備 (*Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*) 所測平均最長剖面尺寸小於或等於約  $2 \cdot t$ （例如  $1.8 \cdot t$ 、 $1.6 \cdot t$ 、 $1.5 \cdot t$ 、 $1.4 \cdot t$ 、 $1.2 \cdot t$  或  $1 \cdot t$  或更小）的碎片。將碎片的數量除以測試樣品的面

積（單位為平方吋），並且使用的樣品尺寸為  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ （2吋×2吋）的正方形。

【0108】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件可以表現出約  $0.7\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  或更大的碎裂韌性（ $K_{IC}$ ）。在一些情況下，碎裂韌性可以是約  $0.8\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  或更大、或約  $0.9\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  或更大。在一些實施例中，碎裂韌性可以在約  $0.7\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  至約  $1\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  的範圍中。

【0109】 在一些實施例中，還可以將基材特徵化為具有約  $500\text{ HVN}$  至約  $800\text{ HVN}$ （ $\text{kgf/mm}^2$ ）的硬度，如藉由維氏硬度測試在  $200\text{ g}$  的負載下量測的。在一些實施例中，玻璃基物件可以包括在約  $600\text{ HVN}$  至約  $800\text{ HVN}$  的範圍中的維氏硬度。

【0110】 本文描述的玻璃基物件可以表現出在大於  $0\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$  的範圍中的儲存拉伸能。在一些情況下，儲存拉伸能可以在約  $5\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$ 、約  $10\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$ 、約  $15\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$ 、約  $20\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $35\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $30\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $25\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $20\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $15\text{ J/m}^2$ 、約  $1\text{ J/m}^2$  至約  $10\text{ J/m}^2$ 、約  $10\text{ J/m}^2$  至約  $30\text{ J/m}^2$ 、約  $10\text{ J/m}^2$  至約  $25\text{ J/m}^2$ 、約  $15\text{ J/m}^2$  至約  $30\text{ J/m}^2$ 、約  $15\text{ J/m}^2$  至約  $25\text{ J/m}^2$ 、約  $18\text{ J/m}^2$  至約  $22\text{ J/m}^2$ 、約  $25\text{ J/m}^2$  至約  $40\text{ J/m}^2$ 、或約  $25\text{ J/m}^2$  至約  $30\text{ J/m}^2$  的範圍中。一個或更多個實施例的熱和化學強化玻璃基物件可以表現出約  $6$

$\text{J/m}^2$  或更大、約  $10 \text{ J/m}^2$  或更大、約  $15 \text{ J/m}^2$  或更大、或約  $20 \text{ J/m}^2$  或更大的儲存拉伸能。

【0111】 儲存拉伸能是使用以下方程式 (2) 計算：

$$\text{儲存拉伸能 (J/m}^2\text{)} = \int (1 - \nu) E \sigma \, d\epsilon \quad (2)$$

其中  $\nu$  是帕松比， $E$  是楊氏模量（以  $\text{MPa}$  計）， $\sigma$  是應力（以  $\text{MPa}$  計），並且僅在拉伸區域的厚度（以微米計）上計算積分。

【0112】 本文描述的玻璃基物件通常具有小於約  $80 \text{ GPa}$ （例如約  $75 \text{ GPa}$  或更小、約  $70 \text{ GPa}$  或更小、約  $65 \text{ GPa}$  或更小、或約  $60 \text{ GPa}$  或更小）的楊氏模量或楊氏模量。楊氏模量的下限可以大於約  $65 \text{ GPa}$ 。玻璃基物件的成分固有的楊氏模量可以對生產出的最終玻璃基物件提供所需的高剛度，而剛度是一種非固有性質。

【0113】 在一些實施例中，玻璃基物件包含使得玻璃基物件能夠經由下拉技術（例如熔融拉伸、狹縫拉伸、及其他類似方法）形成的高液相線黏度，從而可以提供高精度的表面光滑度。本文中使用的用語「液相線黏度」是指熔融玻璃在液相線溫度下的黏度，其中用語「液相線溫度」是指當熔融玻璃從熔化溫度冷卻下來時晶體首次出現的溫度（或隨著溫度從室溫升高，最後的晶體熔化消失的溫度）。液相線黏度是藉由以下方法測定。首先，依據 ASTM C829-81 (2015)、標題為「藉由梯度爐法量測玻璃的液相線溫度的標準慣例 (Standard Practice for

Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method) 」量測玻璃的液相線溫度。接下來，依據 ASTM C 965 - 96 ( 2012 ) 、標題為「高於軟化點量測玻璃黏度的標準慣例 ( Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point ) 」量測玻璃在液相線溫度下的黏度。一般來說，本文描述的玻璃基物件（或用於形成此類物件的組成物）具有約 100 千泊（kP）或更高的液相線黏度。在為了下拉加工性需要較高的液相線黏度的情況下，玻璃基物件（或用於形成此類物件的組成物）表現出約 200 kP 或更高（例如約 600 kP 或更高）的液相線黏度。

【0114】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件表現出在約 4 N 至約 7 N、約 4.5 N 至約 7 N、約 5 N 至約 7 N、約 4 N 至約 6.5 N、約 4 N 至約 6 N、或約 5 N 至約 6 N 的範圍中的努氏橫向破裂刮傷臨界值（Knoop Lateral Cracking Scratch Threshold）。本文中使用的努氏刮傷橫向破裂臨界值是橫向破裂的開始（5 個壓痕事件中有 3 個或更多個）。在努氏橫向破裂刮傷臨界值測試中，首先在動態或傾斜負載下使用努氏壓頭刮擦玻璃基材和物件的樣品來確定樣品群體的橫向破裂開始負載範圍。一旦確定了適用的負載範圍，則進行一系列遞增的恆定負載刮擦（每個負載最少 3 次或更多次）來確定努氏刮傷臨界值。努氏刮傷臨界值的範圍可以藉由將試樣與以下 3 種損

壞模式中的一種相比較來決定：1）超過兩倍凹槽寬度的持續橫向表面破裂，2）損傷被包含在凹槽內，但是有小於兩倍凹槽寬度的橫向表面裂紋並且有肉眼可見的損傷，或3）存在大於兩倍凹槽寬度的大表面下橫向裂紋及/或在刮痕的頂點有中等裂紋。

【0115】 在一個或更多個實施例中，玻璃基物件表現出範圍從約10 kgf或更大、約12 kgf或更大、或約15 kgf或更大的維氏壓痕碎裂臨界值。本文中使用的維氏壓痕碎裂臨界值是從壓痕部位的至少一個角延伸的中等/徑向破裂的開始（5個壓痕事件中有3個或更多個）。在維氏壓痕碎裂臨界值測試中，用金剛石尖端（在136°角）以增加的負載反覆壓凹痕於玻璃基材和物件的樣品。每個壓痕有可能產生4個徑向裂紋，一個來自壓痕的每個角。藉由計算每個壓痕負載下的平均徑向裂紋數量，破裂臨界值是每個壓痕平均有2個裂紋時的負載（或50%破裂臨界值）。

【0116】 在一個或更多個實施例中，本文所述玻璃基物件的抗刮性可以藉由滑動成分與本文所述玻璃基基材相同的500微米玻璃球來量測。例如，球的成分可以包括約64莫耳%的 $\text{SiO}_2$ 、15.67莫耳%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、6.4莫耳%的 $\text{Li}_2\text{O}$ 、10.8莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O}$ 、1.2莫耳%的 $\text{ZnO}$ 、0.04莫耳%的 $\text{SnO}_2$ 、及2.5莫耳%的 $\text{P}_2\text{O}_5$ 。第5A-B圖圖示當被施加到一個或更多個實施例的玻璃基物件的表面時，從玻璃球施加到表面的最大拉伸應力（以MPa計）。在第5A-5B圖中，將假設摩擦係數為0.1（正方形數據點）

和摩擦係數為 0.2（三角形數據點）的接觸應力（菱形數據點）和滑動接觸力圖示為施加的法向負載（N）的函數。在第 5 A 圖中，玻璃基物件具有約 500 MPa 的表面 CS。在第 5 B 圖中，玻璃基物件具有約 750 MPa 的表面 CS。

【0117】 在一個或更多個實施例中，當經受磨損環對環（AROR）測試時，玻璃基物件表現出改善的表面強度。材料的強度是碎裂發生時的應力。AROR 測試是一種用於測試平面玻璃樣品的表面強度量測，並且標題為「高級陶瓷在環境溫度下的單調等軸雙向彎曲強度之標準測試方法（Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature）」的 ASTM C1499-09(2013) 作為本文所述 AROR 測試方法的基礎。將 ASTM C1499-09 的內容以引用方式全部併入本文中。在一個實施例中，在用 90 號粒度的碳化矽（SiC）顆粒進行環對環測試之前將玻璃樣品磨損，使用標題為「玻璃的彎曲強度之標準測試方法（斷裂模量的測定）（Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture)）」的 ASTM C158-02(2012) 中在附錄 A2 描述、標題為「磨損程序（abrasion Procedures）」的方法和設備將碳化矽顆粒遞送到玻璃樣品。特別將 ASTM C158-02 的內容和附件 2 的內容以引用方式全部併入本文中。



【0118】 在環對環測試之前，如ASTM C158-02附錄2中所述磨損玻璃基物件的表面，以使用ASTM C158-02的圖A2.1中圖示的裝置來標準化及/或控制樣品的表面缺陷條件。通常在15 psi的負載下使用304 kPa (44 psi) 的空氣壓力將研磨材料噴砂到玻璃基物件的表面110上；儘管在下面的實例中是在其他負載（例如25 psi或45 psi）下將研磨材料噴砂到表面110上。在建立空氣流之後，將5 cm<sup>3</sup>的研磨材料倒入漏斗中，並在加入研磨材料之後將樣品噴砂5秒鐘。

【0119】 對於AROR測試，將具有至少一個如第6圖所示的磨損表面410的玻璃基物件放在不同尺寸的兩個同心環之間，以測定等軸雙向彎曲強度（即材料在兩個同心環之間經受撓曲時能夠承受的最大應力），亦如第6圖所示。在AROR架構400中，磨損的玻璃基物件410由直徑D2的支撐環420支撐。由負載單元（未圖示）藉由直徑D1的負載環430將力F施加到玻璃基物件的表面。

【0120】 負載環和支撐環的直徑比D1/D2可以在約0.2至約0.5的範圍中。在一些實施例中，D1/D2為約0.5。應將負載和支撐環130、120同心對齊到在支撐環直徑D2的0.5%內。在選定範圍內的任何負載下用於測試的負載單元應精確到±1%內。在一些實施例中，測試是在23±2 °C的溫度和40±10%的相對濕度下進行。

【0121】 至於夾具設計，負載環430的突出表面的半徑r， $h/2 \leq r \leq 3h/2$ ，其中h是玻璃基物件410的厚度。

負載和支撐環 430、420 通常是由硬度  $HRC > 40$  的硬化鋼製成的。A R O R 夾具是可商購的。

【0122】 A R O R 測試的預期損壞機制是觀察源自負載環 430 內的表面 430 a 的玻璃基物件 410 的碎裂。從數據分析中省略在此區域之外（即在負載環 430 與支撐環 420 之間）發生的損壞。然而，由於玻璃基物件 410 的薄度和高強度，有時觀察到超過試樣厚度  $h$  的  $\frac{1}{2}$  的大撓曲。因此，觀察到高百分比的、源自負載環 430 下方的損壞是常見的。在不知道環內部和下方的應力發展（經由應變儀分析收集）和每個試樣中的損壞起因之下無法精確計算應力。因此，A R O R 測試著重於損壞時的峰值負載作為量測反應。

【0123】 玻璃基物件的強度取決於表面缺陷的存在。然而，給定尺寸的缺陷存在的可能性並無法被精確預測，因為玻璃的強度本質上是統計的。因此通常會使用概率分佈作為所得數據的統計表示。

【0124】 在一些實施例中，使用 25 p s i 或甚至 45 p s i 的負載磨損表面藉由 A R O R 測試測定，本文描述的玻璃基物件具有 20 k g f 或更大、並高達約 30 k g f 的表面或等軸雙向彎曲強度。在其他實施例中，表面強度為 25 k g f 或更大，而在仍其他實施例中，表面強度為 30 k g f 或更大。

【0125】 在一些實施例中，可以就在砂紙上反向球（I B o S）測試中的性能來形容本文描述的玻璃基物件。I B o S 測試是一種模擬由於通常在行動或手持電子裝置中

使用的玻璃基物件上發生的損傷形成加上彎曲所引起的損壞的主要機制的動態元件級測試，如第7圖示意性圖示的。在現場，損傷形成（第8圖中的a）發生在玻璃基物件的頂表面上。碎裂在玻璃基物件的頂表面上開始，並且損傷穿透玻璃基物件（第8圖中的b）或是碎裂從頂表面上的彎曲或從玻璃基物件的內部部分延伸（第8圖中的c）。設計IBoS測試來同時對玻璃表面造成損傷並在動態負載下施加彎曲。在一些情況下，當玻璃基物件包括壓縮應力時可表現出比不包括壓縮應力的相同玻璃基物件改善的掉落性能。

【0126】 在第6圖中示意性圖示IBoS測試裝置。裝置500包括測試台510和球530。球530是剛性或實心球，例如不銹鋼球等。在一個實施例中，球530是直徑10 mm的4.2克不銹鋼球。球530從預定高度h直接落到玻璃基物件樣品518上。測試台510包括堅固基座512，堅固基座512包含硬的剛性材料，例如花崗岩等。將表面上配置有研磨材料的片材514放在堅固基座512的上表面上，使得具有研磨材料的表面面向上。在一些實施例中，片材514是具有30號粒度表面的砂紙，在其他實施例中，片材514是具有180號粒度表面的砂紙。藉由樣品固持器515將玻璃基物件樣品518保持在片材514上方的適當位置，使得玻璃基物件樣品518與片材514之間存在氣隙516。片材514與玻璃基物件樣品518之間的氣隙516允許玻璃基物件樣品518在被球530撞擊時彎曲到片材

514 的研磨表面上。在一個實施例中，玻璃基物件樣品 218 在所有的角上被夾緊，以使彎曲保持只被包含在球撞擊的點並確保再現性。在一些實施例中，樣品固持器 514 和測試台 510 適合容納高達約 2 mm 的樣品厚度。氣隙 516 在約 50  $\mu\text{m}$  至約 100  $\mu\text{m}$  的範圍中。氣隙 516 適於調整材料剛度（楊氏模量， $E_{\text{mod}}$ ）的差異，但也包括樣品的楊氏模量和厚度。可以使用膠帶 520 覆蓋玻璃基物件樣品的上表面，以在球 530 撞擊時玻璃基物件樣品 518 碎裂的情況下收集碎片。

【0127】 可以使用各種材料作為研磨表面。在一個特定實施例中，研磨表面是砂紙，例如碳化矽或氧化鋁砂紙、工程砂紙、或所屬技術領域中具有通常知識者習知的、具有類似硬度及 / 或銳度的任何研磨材料。在一些實施例中，可以使用具有 30 號粒度的砂紙，因為具有 30 號粒度的砂紙具有比混凝土或瀝青更一致的表面形貌以及產生期望水平的樣品表面損傷的粒度和銳度。

【0128】 在一個態樣中，在第 9 圖中圖示出使用上文描述的裝置 500 進行 IB o S 測試的方法 600。在步驟 610 中，如前所述將玻璃基物件樣品（第 6 圖中的 218）放在測試台 510 中並固定在樣品固持器 515 中，使得氣隙 516 被形成在玻璃基物件樣品 518 與具有研磨表面的片材 514 之間。方法 600 假定具有研磨表面的片材 514 已被放在測試台 510 中。然而，在一些實施例中，該方法可以包括將片材 514 放在測試台 510 中，使得具有研磨材料的表

面面向上。在一些實施例中（步驟610a），在將玻璃基物件樣品518固定在樣品固持器510中之前，將膠帶520施加到玻璃基物件樣品518的上表面。

【0129】 在步驟520中，預定質量和尺寸的實心球530從預定高度 $h$ 落到玻璃基物件樣品518的上表面上，使得球530大約在上表面的中心（即在中心的1 mm內、或3 mm內、或5 mm內、或10 mm內）撞擊上表面（或固定於上表面的膠帶520）。在步驟520的撞擊之後，測定對玻璃基物件樣品518的損傷程度（步驟630）。如前文所述，本文中用語「碎裂」意指當基材掉落或被物體撞擊時裂紋在基材的整個厚度及/或整個表面各處延伸。

【0130】 在方法600中，可以在每次掉落後更換具有研磨表面的片材518，以避免在重複使用其他類型（例如混凝土或瀝青）的掉落測試表面時觀察到的「老化」效應。

【0131】 在方法600中通常使用各種預定的掉落高度 $h$ 和增量。該測試可以例如使用最小掉落高度開始（例如約10-20 cm）。然後可以將高度增加設定的增量或可變的增量以進行連續掉落。一旦玻璃基物件樣品518破裂或碎裂，則停止方法600中描述的測試（步驟631）。或者，假使掉落高度 $h$ 達到最大掉落高度（例如約100 cm）而沒有碎裂，則方法300的掉落測試也可以停止，或是可以在最大高度重複步驟520直到發生碎裂。

【0132】 在一些實施例中，只在每個玻璃基物件樣品518上在每個預定高度 $h$ 進行一次方法600的IBoS測

試。然而，在其他實施例中，可以讓每個樣品在每個高度進行多次測試。

【0133】 假使玻璃基物件樣品518已發生碎裂（第9圖中的步驟631），則結束依據方法600的IBoS測試（步驟640）。假使沒有觀察到從預定掉落高度的球落導致的碎裂（步驟632），則將掉落高度增加預定增量（步驟634），例如5、10或20 cm，並重複步驟620和630直到觀察到樣品碎裂（631）或在沒有樣品碎裂的情況下達到最大測試高度（636）。當到達步驟631或636時，結束依據方法600的測試。

【0134】 當進行上述的砂紙上反向球（IBoS）測試時，當球從100 cm的高度掉落到玻璃的表面上時本文所述玻璃基物件的實施例具有約60%或更高的完好率。例如，當從規定高度（此處為100 cm）掉落時，五個相同的（或幾乎相同的）樣品（即具有大致相同的成分，而且當被強化時具有大致相同的壓縮應力和壓縮或壓縮應力層深度，如本文所述）中有三個樣品完好渡過IBoS掉落測試而沒有碎裂時，將從給定高度掉落的玻璃基物件形容為具有60%的完好率。在其他實施例中，在被強化的玻璃基物件的100 cm IBoS測試中，完好率為約70%或更高，在其他實施例中完好率為約80%或更高，在仍其他實施例中完好率為約90%或更高。在其他實施例中，在IBoS測試中從100 cm的高度掉落的強化玻璃基物件的完好率為約60%或更高，在其他實施例中完好率為約70

% 或更高，在仍其他實施例中完好率為約 80 % 或更高，而且在其他實施例中，完好率為約 90 % 或更高。在一個或更多個實施例中，在 I B o S 測試中從 150 c m 的高度掉落的強化玻璃基物件的完好率為約 60 % 或更高，在其他實施例中完好率為約 70 % 或更高，在仍其他實施例中完好率為約 80 % 或更高，而且在其他實施例中，完好率為約 90 % 或更高。

【0135】 為了使用本文中上述的 I B o S 測試方法和裝置測定玻璃基物件從預定高度掉落時的完好率，測試玻璃基物件的至少五個相同的（或幾乎相同的）樣品（即具有大致相同的成分，而且若被強化則具有大致相同的壓縮應力和壓縮或層深度），儘管可以讓更多數量（例如 10 個、20 個、30 個等）的樣品進行測試以提高測試結果的信心水平。讓每個樣品從預定高度（例如 100 c m 或 150 c m）掉落一次，或者從漸進更高的高度落下而不碎裂直到達到預定高度，並目視（即用肉眼）檢查碎裂的證據（裂紋形成並延伸穿過樣品的整個厚度及 / 或整個表面）。假使在從預定高度落下後沒有觀察到碎裂，則將樣品視為已「完好渡過」掉落測試，而且假使當樣品從低於或等於預定高度的高度落下時觀察到碎裂，則將樣品視為已「損壞」（或「未完好渡過」）。決定完好率為完好渡過掉落測試的樣品群體的百分比。例如，假使從預定高度落下時一組 10 個樣品中有 7 個樣品沒有碎裂，則玻璃的完好率為 70 %。

【0136】 本文描述的玻璃基物件可以是透明的。在一個或更多個玻璃基物件中可以具有約1毫米或更小的厚度，並且在範圍從約380 nm至約780 nm的波長下表現出約88%或更高的透射率。

【0137】 玻璃基物件還可以呈現大致上白色的顏色。例如，玻璃基物件可以在CIE光源F02下呈現出L\*值為約88和更大、a\*值在約-3至約+3的範圍中、及b\*值在約-6至約+6的範圍中的CIELAB色彩空間坐標。

【0138】 基材的選擇沒有特別的限制。在一些實例中，可以將玻璃基物件形容為具有用於離子交換的高陽離子擴散率。在一個或更多個實施例中，玻璃或玻璃-陶瓷具有快速離子交換能力，即擴散率大於 $500 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 或可被特徵化為在 $460^\circ\text{C}$ 下高於 $450 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 。在一個或更多個實施例中，玻璃或玻璃-陶瓷在 $460^\circ\text{C}$ 下表現出約 $450 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 或更高的、或約 $500 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 或更高的鈉離子擴散率。在一個或更多個實施例中，玻璃或玻璃-陶瓷在 $460^\circ\text{C}$ 下表現出約 $450 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 或更高的、或約 $500 \mu\text{m}^2/\text{hr}$ 或更高的鉀離子擴散率。

【0139】 玻璃基物件可以包括非晶形基材、結晶基材、或非晶形基材與結晶基材之組合（例如玻璃-陶瓷基材）。在一個或更多個實施例中，玻璃基物件基材（在如本文所述進行化學強化之前）可以包括玻璃組成物，該玻璃組成物以莫耳百分比（莫耳%）計包括：範圍從約40至約80的 $\text{SiO}_2$ 、範圍從約10至約30的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、範圍從約0至約



10的 $B_2O_3$ 、範圍從約0至約20的 $R_2O$ 、及範圍從約0至約15的 $RO$ 。本文中使用的 $R_2O$ 是指諸如 $Li_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $Rb_2O$ 、及 $Cs_2O$ 的鹼金屬氧化物的總量。本文中使用的 $RO$ 是指諸如 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、 $BaO$ 、 $ZnO$ 等鹼土金屬氧化物的總量。在一些情況下，組成物可以包括範圍從約0莫耳%至約5莫耳%的 $ZrO_2$ 和範圍從約0至約15莫耳%的 $P_2O_5$ 中之一者或兩者。 $TiO_2$ 可以存在約0莫耳%至約2莫耳%。

【0140】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括以莫耳%計量的範圍從約45至約80、約45至約75、約45至約70、約45至約65、約45至約60、約45至約65、約45至約65、約50至約70、約55至約70、約60至約70、約70至約75、約70至約72、約50至約65、或約60至約65的 $SiO_2$ 。

【0141】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括以莫耳%計量的範圍從約5至約28、約5至約26、約5至約25、約5至約24、約5至約22、約5至約20、約6至約30、約8至約30、約10至約30、約12至約30、約14至約30、15至約30、或約12至約18的 $Al_2O_3$ 。

【0142】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括以莫耳%計量的範圍從約0至約8、約0至約6、約0至約4、約0.1至約8、約0.1至約6、約0.1至約4、約1至約10、約2至約10、約4至約10、約2至約8、約0.1至約5、或約1至約3的 $B_2O_3$ 。在一些情況下，玻璃組成物可

以基本上不含  $B_2O_3$ 。關於組成物的成分，本文中使用的詞語「基本上不含」意指在初始配料過程中成分並非被主動或故意加到組成物中、但可以作為雜質以少於約 0.001 莫耳 % 的量存在。

【0143】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括一種或更多種鹼土金屬氧化物，例如  $MgO$ 、 $CaO$  及  $ZnO$ 。在一些實施例中，一種或更多種鹼土金屬氧化物的總量可以是非零量至多達約 15 莫耳 %。在一個或更多個具體實施例中，所有鹼土金屬氧化物的總量可以是非零量至多達約 14 莫耳 %、多達約 12 莫耳 %、多達約 10 莫耳 %、多達約 8 莫耳 %、多達約 6 莫耳 %、多達約 4 莫耳 %、多達約 2 莫耳 %、或多達約 1.5 莫耳 %。在一些實施例中，一種或更多種鹼土金屬氧化物的總量以莫耳 % 計可以在從約 0.01 至 10、約 0.01 至 8、約 0.01 至 6、約 0.01 至 5、約 0.05 至 10、約 0.05 至 2、或約 0.05 至 1 的範圍中。 $MgO$  的量可以在約 0 莫耳 % 至約 5 莫耳 %（例如從約 0.001 莫耳 % 至約 1 莫耳 %、約 0.01 莫耳 % 至約 2 莫耳 %、或約 2 莫耳 % 至約 4 莫耳 %）的範圍中。 $ZnO$  的量可以在約 0 莫耳 % 至約 2 莫耳 %（例如從約 1 莫耳 % 至約 2 莫耳 %）的範圍中。 $CaO$  的量可以從約 0 莫耳 % 至約 2 莫耳 %。在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括  $MgO$  並且可以基本上不含  $CaO$  和  $ZnO$ 。在一個變體中，玻璃組成物可以包括  $CaO$  或  $ZnO$  中的任何一者，並且可以基本上不含  $MgO$ 、 $CaO$  及  $ZnO$  中的其他者。在一個或更多個具體實

施例中，玻璃組成物可以只包括  $MgO$ 、 $CaO$  及  $ZnO$  鹼土金屬氧化物中的兩者，並且可以基本上不含該等鹼土金屬氧化物中的第三者。

【0144】 玻璃組成物中鹼金屬氧化物  $R_2O$  的總量以莫耳%計可以在從約5至約20、約5至約18、約5至約16、約5至約15、約5至約14、約5至約12、約5至約10、約5至約8、約5至約20、約6至約20、約7至約20、約8至約20、約9至約20、約10至約20、約11至約20、約12至約18、或約14至約18的範圍中。

【0145】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物包括量的範圍從約0莫耳%至約18莫耳%、約0莫耳%至約16莫耳%或約0莫耳%至約14莫耳%、約0莫耳%至約12莫耳%、約2莫耳%至約18莫耳%、約4莫耳%至約18莫耳%、約6莫耳%至約18莫耳%、約8莫耳%至約18莫耳%、約8莫耳%至約14莫耳%、約8莫耳%至約12莫耳%、或約10莫耳%至約12莫耳%的  $Na_2O$ 。在一些實施例中，組成物可以包括約4莫耳%或更多的  $Na_2O$ 。

【0146】 在一些實施例中，將  $Li_2O$  和  $Na_2O$  的量控制於特定量或比例以平衡成形性與離子交換性。例如，隨著  $Li_2O$  的量增加，液相線黏度可能降低，從而妨礙一些成形方法被使用；然而，如本文所述，此類玻璃組成物被離子交換到更深的  $DOC$  水平。 $Na_2O$  的量可以改變液相線黏度，但是會抑制離子交換到更深的  $DOC$  水平。

【0147】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括量少於約5莫耳％、少於約4莫耳％、少於約3莫耳％、少於約2莫耳％、或少於約1莫耳％的 $K_2O$ 。在一個或更多個替代實施例中，玻璃組成物可以如本文所定義基本上不含 $K_2O$ 。

【0148】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括量約0莫耳％至約18莫耳％、約0莫耳％至約15莫耳％或約0莫耳％至約10莫耳％、約0莫耳％至約8莫耳％、約0莫耳％至約6莫耳％、約0莫耳％至約4莫耳％、或約0莫耳％至約2莫耳％的 $Li_2O$ 。在一些實施例中，玻璃組成物可以包括量約2莫耳％至約10莫耳％、約4莫耳％至約10莫耳％、約6莫耳％至約10莫耳％、或約5莫耳％至約8莫耳％的 $Li_2O$ 。在一個或更多個替代實施例中，玻璃組成物可以如本文所定義基本上不含 $Li_2O$ 。

【0149】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括 $Fe_2O_3$ 。在此類實施例中， $Fe_2O_3$ 可以以少於約1莫耳％、少於約0.9莫耳％、少於約0.8莫耳％、少於約0.7莫耳％、少於約0.6莫耳％、少於約0.5莫耳％、少於約0.4莫耳％、少於約0.3莫耳％、少於約0.2莫耳％、少於約0.1莫耳％、及介於上述之間的所有範圍和子範圍的量存在。在一個或更多個替代實施例中，玻璃組成物可以如本文所定義基本上不含 $Fe_2O_3$ 。

【0150】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括 $ZrO_2$ 。在此類實施例中， $ZrO_2$ 可以以少於約1莫耳

%、少於約0.9莫耳%、少於約0.8莫耳%、少於約0.7莫耳%、少於約0.6莫耳%、少於約0.5莫耳%、少於約0.4莫耳%、少於約0.3莫耳%、少於約0.2莫耳%、少於約0.1莫耳%、及介於上述之間的所有範圍和子範圍的量存在。在一個或更多個替代實施例中，玻璃組成物可以如本文所定義基本上不含 $ZrO_2$ 。

【0151】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括範圍從約0莫耳%至約10莫耳%、約0莫耳%至約8莫耳%、約0莫耳%至約6莫耳%、約0莫耳%至約4莫耳%、約0.1莫耳%至約10莫耳%、約0.1莫耳%至約8莫耳%、約2莫耳%至約8莫耳%、約2莫耳%至約6莫耳%、或約2莫耳%至約4莫耳%的 $P_2O_5$ 。在一些情況下，玻璃組成物可以基本上不含 $P_2O_5$ 。

【0152】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物可以包括 $TiO_2$ 。在此類實施例中， $TiO_2$ 可以以少於約6莫耳%、少於約4莫耳%、少於約2莫耳%、或少於約1莫耳%的量存在。在一個或更多個替代實施例中，玻璃組成物可以如本文所定義基本上不含 $TiO_2$ 。在一些實施例中， $TiO_2$ 以範圍從約0.1莫耳%至約6莫耳%、或約0.1莫耳%至約4莫耳%的量存在。

【0153】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括各種組成關係。例如，玻璃組成物可以包括範圍從約0至約1、約0至約0.5、約0至約0.4、約0.1至約0.5、或約0.2至

約 0.4 的  $\text{Li}_2\text{O}$  量（以莫耳％計）與  $\text{R}_2\text{O}$  總量（以莫耳％計）比。

【0154】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括範圍從約 0 至約 5（例如約 0 至約 4、約 0 至約 3、約 0.1 至約 4、約 0.1 至約 3、約 0.1 至約 2、或約 1 至約 2）的  $\text{R}_2\text{O}$  總量（以莫耳％計）與  $\text{Al}_2\text{O}_3$  量（以莫耳％計）之間的差（ $\text{R}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ）。

【0155】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括範圍從約 0 至約 5（例如約 0 至約 4、約 0 至約 3、約 0.1 至約 4、約 0.1 至約 3、約 1 至約 3、或約 2 至約 3）的  $\text{R}_x\text{O}$  總量（以莫耳％計）與  $\text{Al}_2\text{O}_3$  量（以莫耳％計）之間的差（ $\text{R}_x\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ）。本文中使用的  $\text{R}_x\text{O}$  包括如本文所定義的  $\text{R}_2\text{O}$  和  $\text{RO}$ 。

【0156】 在一些實施例中，玻璃組成物可以包括範圍從約 0 至約 5（例如約 0 至約 4、約 0 至約 3、約 1 至約 4、約 1 至約 3、或約 1 至約 2）的  $\text{R}_2\text{O}$  總量（以莫耳％計）與  $\text{Al}_2\text{O}_3$  量（以莫耳％計）比（ $\text{R}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$ ）。

【0157】 在一個或更多個實施例中，玻璃組成物包括多於約 15 莫耳％（例如多於 18 莫耳％、多於約 20 莫耳％、或多於約 23 莫耳％）的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  組合量。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  的組合量可以多達並包括約 30 莫耳％、約 32 莫耳％、或約 35 莫耳％。

【0158】 一個或更多個實施例的玻璃組成物可以表現出範圍從約0至約2的MgO量（以莫耳％計）與RO總量（以莫耳％計）比。

【0159】 在一些實施例中，玻璃組成物可以基本上不含成核劑。典型成核劑的實例是TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>等。可以就成核劑是玻璃中的組分、可以在玻璃中引發微品形成的功能方面來形容成核劑。

【0160】 在一些實施例中，可以將用於玻璃基材的組成物與約0莫耳％至約2莫耳％的至少一種澄清劑配料，該澄清劑選自包括Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaCl、NaF、NaBr、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KCl、KF、KBr、及SnO<sub>2</sub>的群組。依據一個或更多個實施例的玻璃組成物可以進一步包括範圍從約0至約2、約0至約1、約0.1至約2、約0.1至約1、或約1至約2的SnO<sub>2</sub>。本文揭示的玻璃組成物可以基本上不含As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及/或Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

【0161】 在一個或更多個實施例中，組成物可以具體包括約62莫耳％至75莫耳％的SiO<sub>2</sub>；約10.5莫耳％至約17莫耳％的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；約5莫耳％至約13莫耳％的Li<sub>2</sub>O；約0莫耳％至約4莫耳％的ZnO；約0莫耳％至約8莫耳％的MgO；約2莫耳％至約5莫耳％的TiO<sub>2</sub>；約0莫耳％至約4莫耳％的B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；約0莫耳％至約5莫耳％的Na<sub>2</sub>O；約0莫耳％至約4莫耳％的K<sub>2</sub>O；約0莫耳％至約2莫耳％的ZrO<sub>2</sub>；約0莫耳％至約7莫耳％的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>；約0莫耳％至

約 0.3 莫耳 % 的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ; 約 0 莫耳 % 至約 2 莫耳 % 的  $\text{MnO}_x$  ; 及約 0.05 莫耳 % 至約 0.2 莫耳 % 的  $\text{SnO}_2$  。

【0162】 在一個或更多個實施例中，組成物可以包括約 67 莫耳 % 至約 74 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  ; 約 11 莫耳 % 至約 15 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 約 5.5 莫耳 % 至約 9 莫耳 % 的  $\text{Li}_2\text{O}$  ; 約 0.5 莫耳 % 至約 2 莫耳 % 的  $\text{ZnO}$  ; 約 2 莫耳 % 至約 4.5 莫耳 % 的  $\text{MgO}$  ; 約 3 莫耳 % 至約 4.5 莫耳 % 的  $\text{TiO}_2$  ; 約 0 莫耳 % 至約 2.2 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$  ; 約 0 莫耳 % 至約 1 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 1 莫耳 % 的  $\text{K}_2\text{O}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 1 莫耳 % 的  $\text{ZrO}_2$  ; 約 0 莫耳 % 至約 4 莫耳 % 的  $\text{P}_2\text{O}_5$  ; 約 0 莫耳 % 至約 0.1 莫耳 % 的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ; 約 0 莫耳 % 至約 1.5 莫耳 % 的  $\text{MnO}_x$  ; 及約 0.08 莫耳 % 至約 0.16 莫耳 % 的  $\text{SnO}_2$  。

【0163】 在一個或更多個實施例中，組成物可以包括約 70 莫耳 % 至 75 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  ; 約 10 莫耳 % 至約 15 莫耳 % 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 約 5 莫耳 % 至約 13 莫耳 % 的  $\text{Li}_2\text{O}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 4 莫耳 % 的  $\text{ZnO}$  ; 約 0.1 莫耳 % 至約 8 莫耳 % 的  $\text{MgO}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 5 莫耳 % 的  $\text{TiO}_2$  ; 約 0.1 莫耳 % 至約 4 莫耳 % 的  $\text{B}_2\text{O}_3$  ; 約 0.1 莫耳 % 至約 5 莫耳 % 的  $\text{Na}_2\text{O}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 4 莫耳 % 的  $\text{K}_2\text{O}$  ; 約 0 莫耳 % 至約 2 莫耳 % 的  $\text{ZrO}_2$  ; 約 0 莫耳 % 至約 7 莫耳 % 的  $\text{P}_2\text{O}_5$  ; 約 0 莫耳 % 至約 0.3 莫耳 % 的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ; 約 0 莫耳 % 至約 2 莫耳 % 的  $\text{MnO}_x$  ; 及約 0.05 莫耳 % 至約 0.2 莫耳 % 的  $\text{SnO}_2$  。

【0164】 在一個或更多個實施例中，組成物可以包括約 52 莫耳 % 至 65 莫耳 % 的  $\text{SiO}_2$  ; 約 14 莫耳 % 至約 18 莫耳



％的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ；約 5.5 莫耳％至約 7 莫耳％的  $\text{Li}_2\text{O}$  ；約 1 莫耳％至約 2 莫耳％的  $\text{ZnO}$  ；約 0.01 莫耳％至約 2 莫耳％的  $\text{MgO}$  ；約 4 莫耳％至約 12 莫耳％的  $\text{Na}_2\text{O}$  ；約 0.1 莫耳％至約 4 莫耳％的  $\text{P}_2\text{O}_5$  ；及約 0.01 莫耳％至約 0.16 莫耳％的  $\text{SnO}_2$  。在一些實施例中，組成物可以基本上不含  $\text{B}_2\text{O}_3$  、 $\text{TiO}_2$  、 $\text{K}_2\text{O}$  及  $\text{ZrO}_2$  中的任一者或更多者。

【0165】 在一個或更多個實施例中，組成物可以包括 0.5 莫耳％或更多的  $\text{P}_2\text{O}_5$  、 $\text{Na}_2\text{O}$  、及可選的  $\text{Li}_2\text{O}$  ，其中  $\text{Li}_2\text{O}$  ( 莫耳％ ) /  $\text{Na}_2\text{O}$  ( 莫耳％ ) < 1 。此外，這些組成物可以基本上不含  $\text{B}_2\text{O}_3$  和  $\text{K}_2\text{O}$  。在一些實施例中，組成物可以包括  $\text{ZnO}$  、 $\text{MgO}$  、及  $\text{SnO}_2$  。

【0166】 在一些實施例中，組成物可以包含：約 58 莫耳％至約 65 莫耳％的  $\text{SiO}_2$  ；約 11 莫耳％至約 19 莫耳％的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ；約 0.5 莫耳％至約 3 莫耳％的  $\text{P}_2\text{O}_5$  ；約 6 莫耳％至約 18 莫耳％的  $\text{Na}_2\text{O}$  ；約 0 莫耳％至約 6 莫耳％的  $\text{MgO}$  ；及約 0 莫耳％至約 6 莫耳％的  $\text{ZnO}$  。在某些實施例中，組成物可以包含約 63 莫耳％至約 65 莫耳％的  $\text{SiO}_2$  ；約 11 莫耳％至約 17 莫耳％的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ；約 1 莫耳％至約 3 莫耳％的  $\text{P}_2\text{O}_5$  ；約 9 莫耳％至約 20 莫耳％的  $\text{Na}_2\text{O}$  ；約 0 莫耳％至約 6 莫耳％的  $\text{MgO}$  ；及約 0 莫耳％至約 6 莫耳％的  $\text{ZnO}$  。

【0167】 在一些實施例中，組成物可以包括以下組成關係： $\text{R}_2\text{O}$  ( 莫耳％ ) /  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( 莫耳％ ) < 2 ，其中  $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  。在一些實施例中，65 莫耳％ <  $\text{SiO}_2$

( 莫耳 % ) +  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( 莫耳 % ) < 67 莫耳 % 。在某些實施例中， $\text{R}_2\text{O}$  ( 莫耳 % ) +  $\text{R}'\text{O}$  ( 莫耳 % ) -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( 莫耳 % ) +  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( 莫耳 % ) > -3 莫耳 % ，其中  $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  ，並且  $\text{R}'\text{O}$  為存在於組成物中的二價金屬氧化物之總量。

【0168】 將如本文所述進行化學強化之前的玻璃基物件的其他例示性成分列於表 1 A 中。表 1 B 列出為表 1 A 所列實例測定的選擇物理性質。表 1 B 列出的物理性質包括：密度；低溫和高溫 CTE；應變、退火及軟化點； $10^{11}$  泊、35 kP、200 kP、液相線、及鋯石分解溫度；鋯石分解和液相線黏度；帕松比；楊氏模量；折射率、及應力光學係數。在一些實施例中，本文描述的玻璃基物件和玻璃基材具有小於或等於 30 ppm/°C 的高溫 CTE 及 / 或 70 GPa 或更高的楊氏模量，而且在一些實施例中具有高達 80 GPa 的楊氏模量。

【0169】 表 1 A：化學強化之前的例示性成分。

| 成分<br>(莫耳%)                                              | Ex. 1 | Ex. 2 | Ex. 3 | Ex. 4 | Ex. 5 | Ex. 6 | Ex. 7 |
|----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                                         | 63.77 | 64.03 | 63.67 | 63.91 | 64.16 | 63.21 | 63.50 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                           | 12.44 | 12.44 | 11.83 | 11.94 | 11.94 | 11.57 | 11.73 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                            | 2.43  | 2.29  | 2.36  | 2.38  | 1.92  | 1.93  | 1.93  |
| Li <sub>2</sub> O                                        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Na <sub>2</sub> O                                        | 16.80 | 16.81 | 16.88 | 16.78 | 16.80 | 17.63 | 16.85 |
| ZnO                                                      | 0.00  | 4.37  | 0.00  | 4.93  | 0.00  | 5.59  | 5.93  |
| MgO                                                      | 4.52  | 0.02  | 5.21  | 0.02  | 5.13  | 0.02  | 0.01  |
| SnO <sub>2</sub>                                         | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
|                                                          |       |       |       |       |       |       |       |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>          | 1.35  | 1.35  | 1.43  | 1.41  | 1.41  | 1.52  | 1.44  |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6.45  | 6.46  | 7.89  | 7.40  | 8.07  | 9.74  | 9.14  |

| 成分<br>(莫耳%)                     | Ex. 1 | Ex. 2 | Ex. 3 | Ex. 4 | Ex. 5 | Ex. 6 | Ex. 7 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |       |       |       |       |       |       |       |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 8 | Ex. 9 | Ex. 10 | Ex. 11 | Ex. 12 | Ex. 13 | Ex. 14 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                                                         | 63.37 | 63.43 | 63.56  | 63.58  | 63.66  | 63.62  | 63.67  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | 11.72 | 12.49 | 12.63  | 12.59  | 12.91  | 12.85  | 12.89  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                            | 2.00  | 2.32  | 2.46   | 2.46   | 2.43   | 2.45   | 2.47   |
| Li <sub>2</sub> O                                                                        | 0.00  | 0.00  | 1.42   | 2.87   | 0.00   | 1.42   | 2.92   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 16.84 | 17.16 | 15.45  | 14.04  | 16.89  | 15.48  | 13.92  |
| ZnO                                                                                      | 6.00  | 4.54  | 4.43   | 4.41   | 4.04   | 4.12   | 4.06   |
| MgO                                                                                      | 0.02  | 0.02  | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.05  | 0.04  | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   |
|                                                                                          |       |       |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.44  | 1.37  | 1.34   | 1.34   | 1.31   | 1.31   | 1.31   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.00  | 0.00  | 0.09   | 0.20   | 0.00   | 0.09   | 0.21   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 9.14  | 6.90  | 6.22   | 6.29   | 5.62   | 5.72   | 5.57   |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 15 | Ex. 16 | Ex. 17 | Ex. 18 | Ex. 19 | Ex. 20 | Ex. 21 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                                                         | 63.55  | 63.80  | 63.76  | 63.88  | 63.74  | 64.03  | 63.68  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | 12.92  | 12.90  | 12.95  | 13.48  | 13.37  | 13.26  | 13.19  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                            | 2.35   | 2.34   | 2.37   | 2.31   | 2.34   | 2.29   | 2.46   |
| Li <sub>2</sub> O                                                                        | 0.00   | 1.47   | 2.94   | 0.00   | 1.48   | 2.94   | 0.00   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 17.97  | 16.36  | 14.85  | 17.20  | 15.96  | 14.37  | 16.84  |
| ZnO                                                                                      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 3.77   |
| MgO                                                                                      | 3.17   | 3.08   | 3.09   | 3.08   | 3.08   | 3.06   | 0.02   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.05   | 0.04   | 0.04   | 0.05   |
|                                                                                          |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.39   | 1.38   | 1.37   | 1.28   | 1.30   | 1.31   | 1.28   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.00   | 0.09   | 0.20   | 0.00   | 0.09   | 0.20   | 0.00   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 5.87   | 5.67   | 5.56   | 4.48   | 4.81   | 4.83   | 4.98   |

| 成分<br>(莫耳%)                    | Ex. 22 | Ex. 23 | Ex. 24 | Ex. 25 | Ex. 26 | Ex. 27 | Ex. 28 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 63.66  | 63.76  | 63.67  | 63.73  | 63.73  | 63.64  | 63.76  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.15  | 15.31  | 13.87  | 14.82  | 12.93  | 16.62  | 16.59  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 2.47   | 2.44   | 2.47   | 2.43   | 2.48   | 2.47   | 2.47   |
| Li <sub>2</sub> O              | 1.49   | 2.98   | 1.50   | 2.96   | 0.00   | 2.52   | 4.91   |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 22 | Ex. 23 | Ex. 24 | Ex. 25 | Ex. 26 | Ex. 27 | Ex. 28 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 15.31  | 13.79  | 15.36  | 13.93  | 16.83  | 14.68  | 12.20  |
| ZnO                                                                                      | 2.85   | 1.64   | 0.00   | 0.00   | 2.98   | 0.00   | 0.00   |
| MgO                                                                                      | 0.03   | 0.03   | 3.09   | 2.08   | 1.00   | 0.03   | 0.03   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   |
|                                                                                          |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.19   | 1.10   | 1.22   | 1.14   | 1.30   | 1.03   | 1.03   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.10   | 0.22   | 0.10   | 0.21   | 0.00   | 0.17   | 0.40   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 3.05   | 0.70   | 3.61   | 1.72   | 5.40   | -1.86  | -1.92  |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 29 | Ex. 30 | Ex. 31 | Ex. 32 | Ex. 33 | Ex. 34 | Ex. 35 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                                                         | 63.89  | 63.92  | 63.77  | 63.73  | 63.70  | 63.65  | 63.87  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | 16.55  | 15.29  | 15.27  | 15.30  | 15.27  | 15.22  | 15.29  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                            | 2.47   | 2.24   | 2.31   | 2.39   | 2.40   | 2.48   | 2.37   |
| Li <sub>2</sub> O                                                                        | 7.27   | 3.46   | 2.98   | 4.02   | 4.46   | 4.96   | 5.39   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 9.74   | 13.46  | 13.99  | 12.91  | 12.51  | 11.99  | 11.44  |
| ZnO                                                                                      | 0.00   | 1.56   | 1.61   | 1.57   | 1.58   | 1.63   | 1.57   |
| MgO                                                                                      | 0.03   | 0.02   | 0.02   | 0.03   | 0.03   | 0.02   | 0.02   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.04   |
|                                                                                          |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.03   | 1.11   | 1.11   | 1.11   | 1.11   | 1.11   | 1.10   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.75   | 0.26   | 0.21   | 0.31   | 0.36   | 0.41   | 0.47   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | -1.98  | 0.97   | 1.01   | 0.84   | 0.90   | 0.91   | 0.76   |

| 成分<br>(莫耳%)                                                | Ex. 36 | Ex. 37 | Ex. 38 | Ex. 39 | Ex. 40 | Ex. 41 | Ex. 42 |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                           | 63.69  | 63.75  | 63.70  | 63.62  | 63.74  | 63.77  | 63.77  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                             | 15.26  | 15.30  | 15.27  | 15.23  | 15.27  | 15.27  | 15.33  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                              | 2.45   | 2.42   | 2.45   | 2.46   | 2.47   | 2.46   | 2.44   |
| Li <sub>2</sub> O                                          | 2.96   | 2.98   | 3.94   | 3.98   | 4.93   | 4.93   | 2.91   |
| Na <sub>2</sub> O                                          | 13.50  | 13.46  | 12.54  | 12.57  | 11.49  | 11.50  | 13.94  |
| ZnO                                                        | 2.06   | 2.01   | 2.03   | 2.06   | 2.03   | 2.00   | 0.00   |
| MgO                                                        | 0.02   | 0.03   | 0.02   | 0.03   | 0.03   | 0.03   | 1.57   |
| SnO <sub>2</sub>                                           | 0.05   | 0.04   | 0.04   | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.04   |
|                                                            |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>            | 1.08   | 1.08   | 1.08   | 1.09   | 1.08   | 1.08   | 1.10   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                        | 0.22   | 0.22   | 0.31   | 0.32   | 0.43   | 0.43   | 0.21   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - | 0.83   | 0.77   | 0.80   | 0.95   | 0.73   | 0.73   | 0.66   |

| 成分<br>(莫耳%)                   | Ex. 36 | Ex. 37 | Ex. 38 | Ex. 39 | Ex. 40 | Ex. 41 | Ex. 42 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |        |        |        |        |        |        |        |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 43 | Ex. 44 | Ex. 45 | Ex. 46 | Ex. 47 | Ex. 48 | Ex. 49 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                                                         | 63.69  | 63.81  | 63.65  | 63.71  | 63.62  | 63.65  | 63.62  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | 15.25  | 15.26  | 15.33  | 15.32  | 15.24  | 15.68  | 15.67  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                            | 2.43   | 2.41   | 2.46   | 2.44   | 2.47   | 2.44   | 2.48   |
| Li <sub>2</sub> O                                                                        | 4.00   | 4.89   | 2.96   | 4.01   | 4.91   | 6.07   | 6.06   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 13.01  | 12.03  | 13.29  | 12.25  | 11.42  | 10.93  | 10.53  |
| ZnO                                                                                      | 0.00   | 0.00   | 2.24   | 2.20   | 2.27   | 1.17   | 1.57   |
| MgO                                                                                      | 1.57   | 1.56   | 0.03   | 0.03   | 0.02   | 0.02   | 0.02   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.04   | 0.05   | 0.04   | 0.05   |
|                                                                                          |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.12   | 1.11   | 1.06   | 1.06   | 1.07   | 1.08   | 1.06   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.31   | 0.41   | 0.22   | 0.33   | 0.43   | 0.56   | 0.58   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.90   | 0.81   | 0.73   | 0.73   | 0.91   | 0.08   | 0.04   |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                              | Ex. 50 | Ex. 51 | Ex. 52 | Ex. 53 | Ex. 54 | Ex. 55 | Ex. 56 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                                                                         | 63.60  | 63.89  | 63.84  | 63.90  | 63.88  | 64.74  | 60.17  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | 15.65  | 16.09  | 16.47  | 16.87  | 16.97  | 15.25  | 18.58  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                            | 2.46   | 2.42   | 2.43   | 2.43   | 2.42   | 0.98   | 1.90   |
| Li <sub>2</sub> O                                                                        | 6.13   | 6.80   | 7.84   | 8.75   | 9.78   | 5.28   | 5.16   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                        | 10.29  | 9.97   | 8.96   | 7.99   | 6.88   | 12.09  | 12.58  |
| ZnO                                                                                      | 1.81   | 0.78   | 0.39   | 0.00   | 0.00   | 1.61   | 1.55   |
| MgO                                                                                      | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   | 0.02   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                         | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.03   | 0.03   |
|                                                                                          |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | 1.05   | 1.04   | 1.02   | 0.99   | 0.98   | 1.14   | 0.96   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                      | 0.60   | 0.68   | 0.87   | 1.10   | 1.42   | 0.44   | 0.41   |
| (R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.14   | -0.94  | -1.68  | -2.54  | -2.70  | 2.78   | -1.16  |

| 成分<br>(莫耳%)                    | Ex. 57 | Ex. 58 | Ex. 59 | Ex. 60 | Ex. 61 | Ex. 62 | Ex. 63 | Ex. 64 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58.32  | 63.3   | 63.3   | 63.3   | 63.3   | 63.3   | 63.3   | 63.46  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18.95  | 15.25  | 15.65  | 16.2   | 15.1   | 15.425 | 15.7   | 15.71  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 2.42   | 2.5    | 2.5    | 2.5    | 2.5    | 2.5    | 2.5    | 2.45   |
| Li <sub>2</sub> O              | 4.96   | 6      | 7      | 7.5    | 6      | 7      | 7.5    | 6.37   |

| 成分<br>(莫耳%)                                                                                       | Ex. 57 | Ex. 58 | Ex. 59 | Ex. 60 | Ex. 61 | Ex. 62 | Ex. 63 | Ex. 64 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Na <sub>2</sub> O                                                                                 | 13.74  | 10.7   | 9.7    | 9.45   | 10.55  | 9.475  | 8.95   | 10.69  |
| ZnO                                                                                               | 1.56   | 1.2    | 0.8    | 0      | 2.5    | 2.25   | 2      | 1.15   |
| MgO                                                                                               | 0.02   | 1      | 1      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0.06   |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                  | 0.03   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.05   | 0.04   |
|                                                                                                   |        |        |        |        |        |        |        |        |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                   | 0.99   | 1.10   | 1.07   | 1.05   | 1.10   | 1.07   | 1.05   | 1.09   |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                               | 0.36   | 0.56   | 0.72   | 0.79   | 0.57   | 0.74   | 0.84   | 0.6    |
| (R <sub>2</sub> O +<br>RO) -<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | -1.09  | 1.15   | 0.35   | -0.75  | 1.45   | 0.80   | 0.25   | -1.1   |

表 1 B：表 1 B 所列玻璃之選擇物理性質。

|                                 | Ex. 1  | Ex. 2  | Ex. 3  | Ex. 4                    | Ex. 5                    | Ex. 6                    | Ex. 7                    |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.434  | 2.493  | 2.434  | 2.504                    | 2.44                     | 2.514                    | 2.519                    |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 8.9    | 8.62   | 8.95   | 8.6                      | 8.82                     | 8.71                     | 8.54                     |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              | 17.67  | 19.1   | 17.16  | 21                       | 18.12                    | 20                       | 20.11                    |
| 應變點 (°C)                        | 630    | 591    | 612    | 580                      | 605                      | 580                      | 589                      |
| 退火點 (°C)                        | 683    | 641    | 662    | 628                      | 651                      | 629                      | 639                      |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)       | 770    | 725    | 748    | 710                      | 734                      | 711                      | 721                      |
| 軟化點 (°C)                        | 937    | 888    | 919    | 873                      | 909                      | 868                      | 874                      |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)         |        |        |        | 1167                     | 1180                     | 1158                     | 1160                     |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)        |        |        |        | 1070                     | 1083                     | 1061                     | 1064                     |
| 鋇石分解溫度<br>(°C)                  |        | 1205   |        | 1220                     | 1170                     | 1185                     | 1205                     |
| 鋇石分解黏度<br>(P)                   |        |        |        | 1.56<br>x10 <sup>4</sup> | 4.15<br>x10 <sup>4</sup> | 2.29<br>x10 <sup>4</sup> | 1.74<br>x10 <sup>4</sup> |
| 液相線溫度 (°C)                      |        | 980    |        | 990                      | 975                      | 990                      | 1000                     |
| 液相線黏度 (P)                       |        |        |        | 1.15<br>x10 <sup>6</sup> | 2.17<br>x10 <sup>6</sup> | 9.39<br>x10 <sup>5</sup> | 7.92<br>x10 <sup>5</sup> |
| 帕松比                             | 0.200  | 0.211  | 0.206  | 0.214                    | 0.204                    | 0.209                    | 0.211                    |
| 楊氏模量 (GPa)                      | 69.2   | 68.8   | 69.4   | 68.5                     | 69.6                     | 68.3                     | 69.0                     |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率             | 1.4976 | 1.5025 | 1.4981 | 1.5029                   | 1.4992                   | 1.5052                   | 1.506                    |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)           | 2.963  | 3.158  | 3.013  | 3.198                    | 2.97                     | 3.185                    | 3.234                    |

|                                 | Ex. 8                    | Ex. 9                 | Ex. 10                | Ex. 11                | Ex. 12                | Ex. 13                | Ex. 14 |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.516                    | 2.501                 | 2.498                 | 2.493                 | 2.493                 | 2.492                 | 2.486  |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 8.35                     | 8.67                  | 8.87                  | 8.49                  | 8.65                  | 8.71                  | 8.49   |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              | 20.11                    | 20.6                  | 20.94                 |                       | 19.52                 | 20.77                 |        |
| 應變點 (°C)                        | 590                      | 589                   | 591                   | 584                   | 600                   | 579                   | 588    |
| 退火點 (°C)                        | 641                      | 639                   | 640                   | 628                   | 652                   | 620                   | 630    |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)       | 726                      | 724                   | 720                   | 704                   | 738                   | 695                   | 704    |
| 軟化點 (°C)                        | 888                      | 890                   | 865                   | 857                   | 900                   | 867                   | 860    |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)         | 1170                     | 1176                  | 1159                  | 1139                  | 1197                  | 1169                  |        |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)        | 1073                     | 1080                  | 1061                  | 1041                  | 1099                  | 1070                  |        |
| 鋯石分解溫度<br>(°C)                  | 1195                     | 1195                  | 1210                  | 1225                  | 1195                  | 1195                  | 1220   |
| 鋯石分解黏度<br>(P)                   | 2.33<br>x10 <sup>4</sup> | 2.58 x10 <sup>4</sup> | 1.60 x10 <sup>4</sup> | 9.94 x10 <sup>3</sup> | 3.63 x10 <sup>4</sup> | 2.35 x10 <sup>4</sup> |        |
| 液相線溫度 (°C)                      | 1005                     | 990                   | 990                   | 980                   | 990                   | 980                   | 980    |
| 液相線黏度 (P)                       | 8.69<br>x10 <sup>4</sup> | 1.48E+06              | 9.02E+05              | 7.10E+05              | 2.19E+06              | 1.33E+06              |        |
| 帕松比                             | 0.211                    | 0.205                 | 0.208                 | 0.209                 | 0.209                 | 0.210                 | 0.217  |
| 楊氏模量 (GPa)                      | 69.0                     | 68.7                  | 71.4                  | 73.5                  | 68.4                  | 71.6                  | 74.0   |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率             | 1.506                    | 1.5036                | 1.505                 | 1.5063                | 1.5026                | 1.5041                | 1.5052 |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)           | 3.234                    | 3.194                 | 3.157                 | 3.131                 | 3.18                  | 3.156                 | 3.131  |

|                                 | Ex. 15 | Ex. 16 | Ex. 17 | Ex. 18 | Ex. 19 | Ex. 20 | Ex. 21 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.433  | 2.429  | 2.426  | 2.431  | 2.428  | 2.433  | 2.486  |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 9.15   | 9.16   | 8.83   | 8.97   | 8.97   | 8.79   | 8.45   |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              | 20     | 20     | 21     | 17.3   | 20     |        |        |
| 應變點 (°C)                        | 615    | 606    | 599    | 633    | 616    | 611    | 602    |
| 退火點 (°C)                        | 662    | 659    | 653    | 684    | 670    | 665    | 653    |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)       | 747    | 745    | 741    | 771    | 758    | 751    | 739    |
| 軟化點 (°C)                        | 935    | 903    | 901    | 943    | 918    | 905    | 910    |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)         | 1182   | 1166   | 1152   | 1221   | 1185   | 1167   | 1207   |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)        | 1083   | 1066   | 1051   | 1122   | 1084   | 1066   | 1108   |
| 鋯石分解溫度<br>(°C)                  |        |        |        |        |        |        |        |
| 鋯石分解黏度<br>(P)                   |        |        |        |        |        |        |        |
| 液相線溫度 (°C)                      |        |        |        |        |        |        |        |

|                       | Ex. 15 | Ex. 16 | Ex. 17 | Ex. 18 | Ex. 19 | Ex. 20 | Ex. 21 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 液相線黏度 (P)             |        |        |        |        |        |        |        |
| 帕松比                   | 0.203  | 0.207  | 0.205  | 0.209  | 0.199  |        | 0.207  |
| 楊氏模量 (GPa)            | 68.9   | 71.2   | 72.7   | 69.4   | 70.9   |        | 68.1   |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率   | 1.4964 | 1.4981 | 1.4991 | 1.4965 | 1.4984 | 1.5006 | 1.5019 |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa) | 2.994  | 3.022  | 2.982  | 2.979  | 2.99   | 0      | 3.173  |

|                                 | Ex. 22   | Ex. 23   | Ex. 24   | Ex. 25   | Ex. 26 | Ex. 27 | Ex. 28   |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|----------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.468    | 2.448    | 2.434    | 2.428    | 2.47   | 2.419  | 2.414    |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 8.6      | 8.23     | 8.91     | 8.25     | 8.66   | 8.52   | 8.17     |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              | 19.52    |          | 19.49    |          |        |        | 19.47    |
| 應變點 (°C)                        | 596      | 595      | 638      | 616      | 608    | 640    | 620      |
| 退火點 (°C)                        | 644      | 649      | 695      | 656      | 654    | 700    | 677      |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)       | 728      | 741      | 785      | 732      | 736    | 798    | 771      |
| 軟化點 (°C)                        | 905      | 922      | 941      | 925      | 911    | 978    | 946      |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)         | 1217     | 1227     | 1209     | 1215     | 1209   | 1283   | 1249     |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)        | 1115     | 1125     | 1109     | 1115     | 1107   | 1184   | 1150     |
| 鋯石分解溫度<br>(°C)                  | 1185     | 1185     | 1180     | 1185     |        |        | 1185     |
| 鋯石分解黏度<br>(P)                   | 5.86E+04 | 6.91E+04 | 5.59E+04 | 5.72E+04 |        |        | 1.05E+05 |
| 液相線溫度 (°C)                      | 975      | 980      | 1080     | 1025     |        |        | 940      |
| 液相線黏度 (P)                       | 4.14E+06 | 4.52E+06 | 3.56E+05 | 1.27E+06 |        |        | 2.92E+07 |
| 帕松比                             | 0.210    |          | 0.204    | 0.210    | 0.212  |        | 0.213    |
| 楊氏模量 (GPa)                      | 71.4     |          | 71.6     | 73.5     | 68.8   |        | 76.9     |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率             | 1.502    | 1.5025   | 1.4996   | 1.5008   | 1.5006 | 1.4987 | 1.5014   |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)           | 3.123    | 3.03     | 3.001    | 3.021    | 3.148  | 3.039  | 3.015    |

|                                 | Ex. 29 | Ex. 30 | Ex. 31 | Ex. 32 | Ex. 33 | Ex. 34 | Ex. 35 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.408  | 2.446  | 2.448  | 2.446  | 2.445  | 2.443  | 2.442  |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 7.86   | 8.29   | 8.38   | 8.17   | 8.14   | 8.04   | 7.97   |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              | 18.57  |        |        |        |        | 19.71  |        |
| 應變點 (°C)                        | 610    | 591    | 595    | 585    | 580    | 574    | 577    |
| 退火點 (°C)                        | 665    | 645    | 649    | 638    | 633    | 627    | 629    |



|                          |          |          |          |          |          |          |          |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Ex. 29   | Ex. 30   | Ex. 31   | Ex. 32   | Ex. 33   | Ex. 34   | Ex. 35   |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度(°C) | 755      | 736      | 740      | 726      | 722      | 717      | 717      |
| 軟化點 (°C)                 | 924      | 915      | 919      | 894      | 894      | 895      | 890      |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)  | 1216     | 1223     | 1227     | 1216     | 1210     | 1203     | 1196     |
| T <sup>200 kP</sup> (°C) | 1120     | 1122     | 1126     | 1114     | 1108     | 1102     | 1095     |
| 鋯石分解溫度 (°C)              | 1210     | 1175     | 1180     | 1190     | 1195     | 1210     | 1205     |
| 鋯石分解黏度 (P)               | 3.86E+04 | 7.72E+04 | 7.55E+04 | 5.29E+04 | 4.43E+04 | 3.14E+04 | 3.04E+04 |
| 液相線溫度 (°C)               | 1080     | 990      | 975      | 975      | 975      | 975      | 980      |
| 液相線黏度 (P)                | 4.55E+05 | 3.28E+06 | 5.43E+06 | 3.80E+06 | 3.33E+06 | 3.02E+06 | 2.29E+06 |
| 帕松比                      | 0.211    | 0.206    | 0.202    | 0.21     | 0.204    | 0.204    | 0.203    |
| 楊氏模量 (GPa)               | 75.0     | 73.91    | 73.02    | 74.60    | 74.67    | 75.15    | 75.43    |
| 在 589.3 nm 的<br>折射率      | 1.5053   | 1.503    | 1.5025   | 1.5035   | 1.5041   | 1.5046   | 1.5053   |
| 應力光學係數 (nm/mm/MPa)       | 3.002    | 3.074    | 3.083    | 3.071    | 3.059    | 3.016    | 3.053    |

|                                 |          |        |          |        |          |        |        |
|---------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|
|                                 | Ex. 36   | Ex. 37 | Ex. 38   | Ex. 39 | Ex. 40   | Ex. 41 | Ex. 42 |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.453    | 2.453  | 2.452    | 2.451  | 2.449    | 2.449  | 2.425  |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 8.17     | 8.14   | 7.97     | 8.01   | 7.79     | 7.9    | 8.54   |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              |          |        |          |        | 20.56    |        |        |
| 應變點 (°C)                        | 595      | 595    | 584      | 587    | 578      | 584    | 617    |
| 退火點 (°C)                        | 649      | 649    | 638      | 640    | 630      | 637    | 663    |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)       | 740      | 741    | 729      | 730    | 718      | 726    | 746    |
| 軟化點 (°C)                        | 918      | 921    | 905      | 907    | 894      | 901    | 929    |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)         | 1229     | 1232   | 1212     | 1219   | 1200     | 1204   | 1232   |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)        | 1128     | 1131   | 1111     | 1118   | 1100     | 1103   | 1132   |
| 鋯石分解溫度 (°C)                     | 1185     |        | 1200     |        | 1210     |        |        |
| 鋯石分解黏度 (P)                      | 7.20E+04 |        | 4.26E+04 |        | 3.00E+04 |        |        |
| 液相線溫度 (°C)                      | 995      |        | 990      |        | 965      |        |        |
| 液相線黏度 (P)                       | 3.33E+06 |        | 2.51E+06 |        | 3.71E+06 |        |        |
| 帕松比                             | 0.208    |        | 0.206    |        | 0.206    |        |        |
| 楊氏模量 (GPa)                      | 73.70    |        | 74.67    |        | 75.50    |        |        |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率             | 1.5032   |        | 1.5042   |        | 1.5054   |        | 1.5005 |

|                       |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                       | Ex. 36 | Ex. 37 | Ex. 38 | Ex. 39 | Ex. 40 | Ex. 41 | Ex. 42 |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa) | 3.093  |        | 3.071  |        | 3.072  |        | 3.033  |

|                                  |            |            |            |            |            |              |              |              |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  | Ex. 43     | Ex. 44     | Ex. 45     | Ex. 46     | Ex. 47     | Ex. 48       | Ex. 49       | Ex. 50       |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.424      | 2.422      | 2.455      | 2.454      | 2.454      | 2.434        | 2.439        | 2.443        |
| 低溫熱膨脹係數<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 8.48       | 8.34       | 8.03       | 7.88       | 7.76       | 7.87         | 7.71         | 7.63         |
| 高溫熱膨脹係數<br>(ppm/°C)              |            |            |            |            |            |              |              |              |
| 應變點溫度<br>(°C)                    | 614        | 594        | 595        | 586        | 579        | 580          | 581          | 579          |
| 退火點溫度<br>(°C)                    | 659        | 640        | 649        | 639        | 630        | 633          | 633          | 632          |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度(°C)         | 739        | 722        | 740        | 729        | 718        | 722          | 721          | 721          |
| 軟化點溫度<br>(°C)                    | 912        | 899        | 918        | 909        | 898        | 892          | 893          | 895          |
| 35 kPa 溫度 (°C)                   | 1216       | 1204       |            | 1212       | 1200       | 1203         | 1203         | 1203         |
| 200 kPa 溫度(°C)                   | 1116       | 1102       |            | 1113       | 1099       | 1105         | 1102         | 1103         |
| 鋯石分解溫度<br>(°C)                   |            |            |            |            |            |              |              |              |
| 鋯石分解黏度<br>(P)                    |            |            |            |            |            |              |              |              |
| 液相線溫度<br>(°C)                    |            |            | 985        |            | 965        | 1005         | 1010         | 1030         |
| 液相線黏度 (P)                        |            |            |            |            | 4.E+0<br>6 | 1.78E+0<br>6 | 1.34E+0<br>6 | 8.98E+0<br>5 |
| 帕松比                              |            |            |            |            |            | 0.211        | 0.21         | 0.213        |
| 楊氏模量 (GPa)                       |            |            |            |            |            | 76.32        | 76.60        | 76.81        |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率              | 1.501<br>4 | 1.502<br>6 | 1.503<br>6 | 1.504<br>7 | 1.5061     | 1.505        | 1.5059       | 1.5064       |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)            | 2.965      | 2.981      | 3.082      | 3.057      | 3.063      | 3.025        | 3.004        | 3.046        |

|                                 |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                 | Ex. 51 | Ex. 52 | Ex. 53 | Ex. 54 | Ex. 55 | Ex. 56 | Ex. 57 |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )         | 2.424  | 2.431  | 2.403  | 2.4    | 2.45   | 2.462  | 2.468  |
| 低溫 CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 77.1   | 76.1   | 74.3   | 73.1   | 80.2   | 79.7   | 83.6   |
| 高溫 CTE<br>(ppm/°C)              |        |        |        |        |        |        |        |

|                           | Ex. 51   | Ex. 52   | Ex. 53   | Ex. 54   | Ex. 55 | Ex. 56 | Ex. 57 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 應變點 (°C)                  | 588      | 599      | 611      | 612      | 580    | 611    | 597    |
| 退火點 (°C)                  | 640      | 651      | 665      | 665      | 631    | 663    | 649    |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C) | 728      | 738      | 753      | 752      | 718    | 750    | 735    |
| 軟化點 (°C)                  | 900.4    | 907.5    | 916      | 912.5    | 892.2  | 915.6  | 899.4  |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)   | 1204     | 1209     | 1209     | 1202     | 1206   | 1205   | 1184   |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)  | 1106     | 1113     | 1113     | 1106     | 1102   | 1111   | 1093   |
| 鉛石分解溫度 (°C)               |          |          |          |          |        |        |        |
| 鉛石分解黏度 (P)                |          |          |          |          |        |        |        |
| 液相線溫度 (°C)                | 1060     | 1115     | 1160     | 1205     |        |        |        |
| 液相線黏度 (P)                 | 5.11E+05 | 1.90E+05 | 8.18E+04 | 3.32E+04 |        |        |        |
| 帕松比                       | 0.211    | 0.212    | 0.208    | 0.214    |        |        |        |
| 楊氏模量 (GPa)                | 77.01    | 78.05    | 77.57    | 78.74    |        |        |        |
| 在 589.3 nm 的折射率           | 1.5054   | 1.5055   | 1.5059   | 1.5072   |        |        |        |
| 應力光學係數 (nm/mm/MPa)        | 3.011    | 2.98     | 2.982    | 2.964    |        |        |        |

|                              | Ex. 64  |
|------------------------------|---------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.428   |
| CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 7.8     |
| 應變點 (°C)                     | 571     |
| 退火點 (°C)                     | 622     |
| 10 <sup>11</sup> 泊溫度 (°C)    |         |
| 軟化點 (°C)                     | 881.4   |
| T <sup>35 kP</sup> (°C)      |         |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)     | 1645    |
| 鉛石分解溫度 (°C)                  |         |
| 鉛石分解黏度 (P)                   |         |
| 液相線溫度 (°C)                   | 1000    |
| 液相線黏度 (P)                    | 1524280 |
| 帕松比                          | 0.211   |
| 楊氏模量 (GPa)                   | 76.3    |
| 在 589.3 nm 的折射率              | 1.51    |
| 應力光學係數 (nm/mm/MPa)           | 3.02    |

【0170】 當玻璃基物件包括玻璃-陶瓷時，品相可以包括 $\beta$ -鋰輝石、金紅石、鋅尖晶石或其他習知的品相及上述之組合。

【0171】 玻璃基物件可以是大體上平面的，儘管其他實施例可以利用彎曲的或以其他方式成形或造形的基材。在一些情況下，玻璃基物件可以具有3D或2.5D的形狀。玻璃基物件可以是大體上光學透明的、透明的並且沒有光散射。玻璃基物件可以具有在約1.45至約1.55的範圍中的折射率。本文中使用的折射率值是相對於550 nm的波長。

【0172】 另外地或替代地，玻璃基物件的厚度可以沿著一個或更多個尺寸是恆定的，或者可以出於美觀及/或功能的原因而沿著一個或更多個尺寸改變。例如，與玻璃基物件的較中心區域相比，玻璃基物件的邊緣可以是較厚的。玻璃基物件的長度、寬度及厚度尺寸也可以依據物件的應用或用途而改變。

【0173】 玻璃基物件可以藉由成型的方式來特徵化。例如，玻璃基物件可以被特徵化為可漂浮成形的（即藉由漂浮製程成形）、可下拉的、特別是可熔融成形的或可狹縫拉伸的（即藉由下拉製程成形，例如熔融拉伸製程或狹縫拉伸製程）。

【0174】 可漂浮成形玻璃基物件的特徵可以在於光滑的表面，而且均勻的厚度是藉由使熔融玻璃漂浮在熔融金屬（通常是錫）的床上來製作。在實例製程中，進料到熔

融錫床表面上的熔融玻璃形成漂浮的玻璃帶。當玻璃帶沿著錫浴流動時溫度逐漸降低，直到玻璃帶固化成可被從錫提升到輥上的固體玻璃基物件。一旦離開了錫浴，則可以將玻璃基物件進一步冷卻並退火以減少內應力。在玻璃基物件是玻璃陶瓷的情況下，可以讓從漂浮製程成形的玻璃基物件進行陶瓷化製程，從而產生一個或更多個結晶相。

【0175】 下拉製程產生具有均勻厚度且具有相對原始的表面的玻璃基物件。因為玻璃基物件的平均彎曲強度是由表面缺陷的量和尺寸控制，所以具有最少接觸的原始表面具有較高的初始強度。當之後將此高強度玻璃基物件進一步強化（例如以化學方式）時，所得強度可以高於具有已被重疊和拋光的表面的玻璃基物件的強度。可以將下拉玻璃基物件拉到小於約2 mm的厚度。此外，下拉玻璃基物件具有非常平坦、光滑的表面，該平坦、光滑的表面無需昂貴的研磨和拋光即可被用於最終的應用。在玻璃基物件是玻璃陶瓷的情況下，可以讓從下拉製程成形的玻璃基物件進行陶瓷化製程，從而產生一個或更多個結晶相。

【0176】 例如，熔融拉伸製程使用具有用於接收熔融玻璃原料的通道的拉伸槽。通道具有在通道的兩側上沿著通道的長度在頂部開口的堰。當通道填滿熔融材料時，熔融玻璃從堰溢流出。由於重力，熔融玻璃沿著拉伸槽的外表面向下流成為兩個流動的玻璃膜。拉伸槽的這些外表面向下和向內延伸，從而在拉伸槽下方的邊緣結合。兩個流動

的玻璃膜在此邊緣結合而熔合形成單一流動的玻璃基物件。熔合拉伸法提供的優點是，因為流過通道的兩個玻璃膜熔合在一起，所以生成的玻璃基物件的外表面都不與設備的任何部分接觸。因此，熔拉玻璃基物件的表面性能不會被此類接觸影響。在玻璃基物件是玻璃陶瓷的情況下，可以讓從熔合製程成形的玻璃基物件進行陶瓷化製程，從而產生一個或更多個結晶相。

【0177】 狹縫拉伸製程與熔合拉伸法不同。在狹縫拉伸製程中，熔融的原料玻璃被提供到拉伸槽。拉伸槽的底部具有開放的狹縫，該狹縫具有沿著狹縫的長度延伸的噴嘴。熔融玻璃流過狹縫/噴嘴，並被向下拉伸成為連續的玻璃基物件進入退火區域。

【0178】 可以將玻璃基物件酸拋光或以其他方式處理以消除或減少表面缺陷的影響。

【0179】 本揭示的另一個態樣是關於包括本文所述玻璃基物件的裝置。例如，該裝置可以包括任何包括顯示器或需要強化薄玻璃的裝置。在一個或更多個實施例中，該裝置是電子裝置，該電子裝置可以包括諸如行動電話、膝上型電腦、平板電腦、mp3播放器、導航裝置等行動裝置，或在車輛資訊/娛樂系統、廣告牌、銷售點系統、導航系統及類似物中諸如電腦、電子顯示器的固定裝置）。在一些實施例中，本文描述的玻璃基物件可以被結合到建築物件（牆壁、固定裝置、面板、窗戶等）、運輸物件（例如在汽車應用、火車、飛機、海輪等的窗玻璃或內表面）、

電器（例如洗衣機、烘乾機、洗碗機、冰箱及類似物）、或任何需要一些抗碎裂性的物件中。如第28圖所示，電子裝置1000可以包括依據本文描述的一個或更多個實施例的玻璃基物件100。裝置100包括具有前表面1040、後表面1060及側表面1080的殼體1020；至少部分或完全在該殼體內並包括至少一個控制器、記憶體、及顯示器1120的電氣元件（未圖示），顯示器1120在殼體的前表面或殼體的前表面附近。將玻璃基物件100圖示為被配置在殼體的前表面或前表面上方的蓋，使得玻璃基物件100在顯示器1120上方。在一些實施例中，玻璃基物件可被用來作為後蓋。

【0180】 本揭示的另一個態樣是關於一種形成抗碎裂玻璃基物件的方法。該方法包括提供具有第一表面和第二表面的玻璃基基材並如本文所述在該玻璃基基材中產生應力分佈以提供該抗碎裂玻璃物件，該第一表面和第二表面界定約1毫米或更小的厚度。在一個或更多個實施例中，產生應力分佈包含將複數種鹼金屬離子離子交換到玻璃基基材中，以形成沿著厚度的主要部分（如本文所述）或沿著整個厚度改變的非零鹼金屬氧化物濃度。在一個實例中，產生應力分佈包括將玻璃基基材浸入溫度約350℃或更高（例如約350℃至約500℃）、包括Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Rb<sup>+</sup>、Cs<sup>+</sup>的硝酸鹽或上述之組合的熔融鹽浴中。在一個實例中，熔融浴可以包括NaNO<sub>3</sub>、KNO<sub>3</sub>或上述之組合，並且可以具有約485℃或更低的溫度。在另一個實例中，

浴可以包括  $\text{NaNO}_3$  和  $\text{KNO}_3$  的混合物並具有約  $460^\circ\text{C}$  的溫度。可以將玻璃基基材浸入浴中持續約 2 小時或更久至長達約 48 小時（例如約 2 小時至約 10 小時、約 2 小時至約 8 小時、約 2 小時至約 6 小時、約 3 小時至約 10 小時、或約 3.5 小時至約 10 小時）。

【0181】 在一些實施例中，該方法可以包括在單個浴中或在多於一個浴中使用連續浸沒步驟以多於一個步驟將玻璃基基材化學強化或離子交換。例如，可以連續使用兩個或更多個浴。一個或更多個浴的成分可以包括單種金屬（例如  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、或  $\text{Cs}^+$ ）或在同一浴中的金屬組合。當使用多於一個浴時，該等浴可以具有彼此相同或不同的成分及/或溫度。在每個此類的浴中的浸沒時間可以相同或可以改變以提供期望的應力分佈。

【0182】 在該方法的一個或更多個實施例中，可以使用第二浴或隨後的浴來產生更大的表面 CS。在一些情況下，該方法包括將玻璃基基材浸入第二或隨後的浴中以產生更大的表面 CS 而不會明顯影響化學品層深度及/或 DOC。在此類實施例中，第二或隨後的浴可以包括單一金屬（例如  $\text{KNO}_3$  或  $\text{NaNO}_3$ ）或金屬的混合物（ $\text{KNO}_3$  和  $\text{NaNO}_3$ ）。可以調整第二或隨後的浴的溫度以產生更大的表面 CS。在一些實施例中，也可以調整玻璃基基材在第二或隨後的浴中的浸沒時間以產生更大的表面 CS 而不影響化學品層深度及/或 DOC。例如，在第二或隨後的浴中的浸沒時間可以短於 10 小時（例如約 8 小時或更短、



約 5 小時或更短、約 4 小時或更短、約 2 小時或更短、約 1 小時或更短、約 30 分鐘或更短、約 15 分鐘或更短、或約 10 分鐘或更短）。

【0183】 在一個或更多個替代實施例中，該方法可以包括一個或更多個可與本文所述的離子交換製程組合使用的熱處理步驟。熱處理包括將玻璃基物件熱處理以獲得期望的應力分佈。在一些實施例中，熱處理包括將玻璃基基材退火、回火或加熱到在約 300 °C 至約 600 °C 的範圍中的溫度。熱處理可以持續 1 分鐘至長達約 18 小時。在一些實施例中，可以在一個或更多個離子交換製程之後、或在離子交換製程之間使用熱處理。

【0184】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例 1-64 和以下的實例 1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與第一表面相對的第二表面，該第一表面和第二表面界定厚度（ $t$ ）（mm）；非零且沿著從約  $0 \cdot t$  至約  $0.3 \cdot t$  的厚度範圍變化的金屬氧化物濃度；以及中心張力（CT）區域，該 CT 區域包含小於約  $71.5 / \sqrt{t}$  的最大 CT（MPa），其中當該物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，該物件表現出大於 500 牛頓的臨界損壞撞擊力。在一個或更多個具體實施例中，當該物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，該玻璃物件表現出大於 525、550、575、600、625、650、675、700、725、750、775、800、825 或 800

牛頓的臨界損壞撞擊力。依據一個或更多個實施例，具有前述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有在 0.1 至 3 mm、更具體 0.2 至 2 mm、0.2 至 1.9 mm、0.2 至 1.8 mm、0.2 至 1.7 mm、0.2 至 1.6 mm、0.2 至 1.5 mm、0.2 至 1.4 mm、0.2 至 1.3 mm、0.2 至 1.2 mm、0.2 至 1.1 mm、0.3 至 1 mm、0.3 至 0.9 mm、0.3 至 0.8 mm、0.3 至 0.7 mm、0.3 至 0.6 mm、0.3 至 0.5 mm、及 0.3 至 0.4 mm 的範圍中的厚度。在具體實施例中，具有前述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有 0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm、0.7 mm、0.8 mm、0.9 mm、1 mm、1.1 mm、1.2 mm、1.3 mm、1.4 mm、1.5 mm、1.6 mm、1.7 mm、1.8 mm、2 mm、2.1 mm、2.2 mm、2.3 mm、2.4 mm、2.5 mm、2.6 mm、2.7 mm、2.8 mm、2.9 mm 或 3 mm 的厚度。在任何上述實施例中，具有前述臨界損壞撞擊力性質和厚度的玻璃基物件具有大於約 200 MPa 的表面壓縮應力。

【0185】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例 1-64 和以下的實例 1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和第二表面界定厚度 ( $t$ ) (mm)；非零且沿著從約  $0 \cdot t$  至約  $0.3 \cdot t$  的厚度範圍變化的金屬氧化物濃度；以及中心張力 (CT) 區域，該 CT 區域包含小於約  $71.5 / \sqrt{t}$  的最大 CT (MPa)，其中當該

物件被彎曲以賦予  $100\text{ MPa}$  的拉伸應力時，在被  $800\text{ N}$  的撞擊力撞擊之後該物件表現出  $125\text{ MPa}$  或更大的保持強度。在一個或更多個實施例中，當該物件被彎曲以賦予  $100\text{ MPa}$  的拉伸應力時，在被  $800\text{ N}$  的撞擊力撞擊之後該玻璃基物件表現出  $135$ 、 $145$ 、 $150$ 、 $160$ 、 $170$ 、 $180$ 、 $190$  或  $200$  或更大  $\text{MPa}$  的保持強度。

【0186】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例 1-64 和以下的實例 1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定約小於約 3 毫米的厚度 ( $t$ )；及沿著該厚度延伸的應力分佈，其中在從約  $0 \cdot t$  至  $0.3 \cdot t$  和大於  $0.7 \cdot t$  的厚度範圍之間的應力分佈的所有點都包含斜率的絕對值大於約  $0.1\text{ MPa}/\text{微米}$  的切線，其中應力分佈包含最大  $CS$ 、 $DOC$ 、及小於約  $71.5/\sqrt{(t)}\text{ (MPa)}$  的最大  $CT$ ，其中最大  $CT$  與最大  $CS$  的絕對值之比在約  $0.01$  至約  $0.2$  的範圍中，並且其中該  $DOC$  為約  $0.1 \cdot t$  或更大，而且其中當該物件被彎曲以賦予  $100\text{ MPa}$  的拉伸應力時，該物件表現出大於  $500$  牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0187】 在一個或更多個具體實施例中，當該物件被彎曲以賦予  $100\text{ MPa}$  的拉伸應力時，玻璃物件表現出大於  $525$ 、 $550$ 、 $575$ 、 $600$ 、 $625$ 、 $650$ 、 $675$ 、 $700$ 、 $725$ 、 $750$ 、 $775$ 、 $800$ 、 $825$  或  $800$  牛頓的臨界損壞撞擊力。

依據一個或更多個實施例，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有在 0.1 至 3 mm 的範圍中、更具體為 0.2 至 2 mm、0.2 至 1.9 mm、0.2 至 1.8 mm、0.2 至 1.7 mm、0.2 至 1.6 mm、0.2 至 1.5 mm、0.2 至 1.4 mm、0.2 至 1.3 mm、0.2 至 1.2 mm、0.2 至 1.1 mm、0.3 至 1 mm、0.3 至 0.9 mm、0.3 至 0.8 mm、0.3 至 0.7 mm、0.3 至 0.6 mm、0.3 至 0.5 mm、及 0.3 至 0.4 mm 的厚度。在具體實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有 0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm、0.7 mm、0.8 mm、0.9 mm、1 mm、1.1 mm、1.2 mm、1.3 mm、1.4 mm、1.5 mm、1.6 mm、1.7 mm、1.8 mm、2 mm、2.1 mm、2.2 mm、2.3 mm、2.4 mm、2.5 mm、2.6 mm、2.7 mm、2.8 mm、2.9 mm 或 3 mm 的厚度。在任何上述實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質和厚度的玻璃基物件具有大於約 200 MPa 的表面壓縮應力。

【0188】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例 1-64 和以下的實例 1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定約小於約 3 毫米的厚度（ $t$ ）；及沿著該厚度延伸的應力分佈，其中在從約  $0 \cdot t$  至  $0.3 \cdot t$  和大於  $0.7 \cdot t$  的厚度範圍之間的應力分佈的所有點都包含斜率的絕對值大於約 0.1 MPa/微米

的切線，其中應力分佈包含最大CS、DOC、及小於約 $71.5/\sqrt{t}$  (MPa) 的最大CT，其中最大CT與最大CS的絕對值之比在約0.01至約0.2的範圍中，並且其中該DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，而且其中當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，在被800 N的撞擊力撞擊之後該物件表現出125 MPa或更大的保持強度。在一個或更多個實施例中，當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，在被800 N的撞擊力撞擊之後該玻璃基物件表現出135、145、150、160、170、180、190或200或更大MPa的保持強度。

【0189】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例1-64和以下的實例1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定厚度(t) (mm)；及形成濃度梯度的金屬氧化物，其中該金屬氧化物的濃度從該第一表面降低到介於該第一表面與該第二表面之間的點，並從該點增加到該第二表面，其中該金屬氧化物在該點的濃度非零，並且其中當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，該物件表現出大於500牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0190】 在一個或更多個具體實施例中，當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，玻璃物件表現出大於525、550、575、600、625、650、675、700、725、

750、775、800、825或800牛頓的臨界損壞撞擊力。依據一個或更多個實施例，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有在0.1至3 mm的範圍中、更具體為0.2至2 mm、0.2至1.9 mm、0.2至1.8 mm、0.2至1.7 mm、0.2至1.6 mm、0.2至1.5 mm、0.2至1.4 mm、0.2至1.3 mm、0.2至1.2 mm、0.2至1.1 mm、0.3至1 mm、0.3至0.9 mm、0.3至0.8 mm、0.3至0.7 mm、0.3至0.6 mm、0.3至0.5 mm、及0.3至0.4 mm的厚度。在具體實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm、0.7 mm、0.8 mm、0.9 mm、1 mm、1.1 mm、1.2 mm、1.3 mm、1.4 mm、1.5 mm、1.6 mm、1.7 mm、1.8 mm、2 mm、2.1 mm、2.2 mm、2.3 mm、2.4 mm、2.5 mm、2.6 mm、2.7 mm、2.8 mm、2.9 mm或3 mm的厚度。在任何上述實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質和厚度的玻璃基物件具有大於約200 MPa的表面壓縮應力。

【0191】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例1-64和以下的實例1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含第一表面和與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定厚度（t）（mm）；及形成濃度梯度的金屬氧化物，其中該金屬氧化物的濃度從該第一表面降低到介於該第一表面與該第

二表面之間的點，並從該點增加到該第二表面，其中該金屬氧化物在該點的濃度非零，並且其中當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，在被800 N的撞擊力撞擊之後該物件表現出125 MPa或更大的保持強度。在一個或更多個實施例中，當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，在被800 N的撞擊力撞擊之後該玻璃基物件表現出135、145、150、160、170、180、190或200或更大MPa的保持強度。

【0192】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例1-64和以下的實例1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含的應力分佈包括CS區域和CT區域，其中該CT區域由下式近似：應力(x) =  $MaxT - (((CT_n \cdot (n+1)) / 0.5^n) \cdot |(x/t) - 0.5|^n)$ ，其中MaxT是最大張力值，並且是以MPa為單位的正值，其中CT<sub>n</sub>是在n的張力值，CT<sub>n</sub>小於或等於MaxT，並且是以MPa為單位的正值，其中x是沿著厚度(t)以微米計的位置，其中n在1.5至5的範圍中，並且其中當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，該物件表現出大於500牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0193】 在一個或更多個具體實施例中，當該物件被彎曲以賦予100 MPa的拉伸應力時，玻璃物件表現出大於525、550、575、600、625、650、675、700、725、750、775、800、825或800牛頓的臨界損壞撞擊力。

依據一個或更多個實施例，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有在 0.1 至 3 mm 的範圍中、更具體為 0.2 至 2 mm、0.2 至 1.9 mm、0.2 至 1.8 mm、0.2 至 1.7 mm、0.2 至 1.6 mm、0.2 至 1.5 mm、0.2 至 1.4 mm、0.2 至 1.3 mm、0.2 至 1.2 mm、0.2 至 1.1 mm、0.3 至 1 mm、0.3 至 0.9 mm、0.3 至 0.8 mm、0.3 至 0.7 mm、0.3 至 0.6 mm、0.3 至 0.5 mm、及 0.3 至 0.4 mm 的厚度。在具體實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質的玻璃基物件具有 0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm、0.7 mm、0.8 mm、0.9 mm、1 mm、1.1 mm、1.2 mm、1.3 mm、1.4 mm、1.5 mm、1.6 mm、1.7 mm、1.8 mm、2 mm、2.1 mm、2.2 mm、2.3 mm、2.4 mm、2.5 mm、2.6 mm、2.7 mm、2.8 mm、2.9 mm 或 3 mm 的厚度。在任何上述實施例中，具有上述臨界損壞撞擊力性質和厚度的玻璃基物件具有大於約 200 MPa 的表面壓縮應力。

【0194】 可以使用本文所述玻璃組成物的一個或更多個實施例來製備本文描述的玻璃基物件，包括以上的實例 1-64 和以下的實例 1-6、以及本文描述的成分範圍。在一個實施例中，玻璃基物件包含的應力分佈包括 CS 區域和 CT 區域，其中該 CT 區域由下式近似：應力(x) =  $M_{axT} - (((CT_n \cdot (n+1)) / 0.5^n) \cdot |(x/t) - 0.5|^n)$ ，其中  $M_{axT}$  是最大張力值，並且是以 MPa 為單位的正值，其中  $CT_n$  是在 n 的張力值， $CT_n$  小於或等於  $M_{axT}$ ，並且是以 MPa



為單位的正值，其中  $x$  是沿著厚度 ( $t$ ) 以微米計的位置，其中  $n$  在 1.5 至 5 的範圍中，並且其中當該物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被 800 N 的撞擊力撞擊之後該物件表現出 125 MPa 或更大的保持強度。在一個或更多個實施例中，當該物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被 800 N 的撞擊力撞擊之後該玻璃基物件表現出 135、145、150、160、170、180、190 或 200 或更大 MPa 的保持強度。

【0195】 在剛剛描述包括的材料性質為當物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時該物件表現出大於某一力值的臨界損壞撞擊力或當物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時在被 800 N 的撞擊力撞擊之後該物件表現出某一值（或更大）的某一保持強度的實施例中，這些性能可以如下進行測試。依據一個或更多個實施例，「臨界損壞撞擊力」是指足以及在物件的表面上導致可觀察碎裂的最小撞擊力，如上文關於第 8 圖所述。在一個或更多個實施例中，測試「臨界損壞撞擊力」的物件是厚度 0.1 mm、0.2 mm、0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm、0.7 mm、0.8 mm、0.9 mm、1 mm、1.1 mm、1.2 mm、1.3 mm、1.4 mm、1.5 mm、1.6 mm、1.7 mm、1.8 mm、1.9 mm 或 2 mm 的片材。

【0196】 藉由使用四點彎曲測試（如本文所述）或本文所述的 AROR 測試來量測保持強度。詞語「當物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時」是指外部施加到玻璃基

物件的拉伸應力是彎曲的結果。因此，當依據本文所述的測試將玻璃基物件彎曲而形成作為接觸表面的頂點時，在彎曲的玻璃基物件的外表面的頂點具有因彎曲而外部施加的拉伸應力。

【0197】 本揭示的其他態樣是關於用於量測臨界損壞撞擊力的設備和方法。裝置的可靠性測試是瞭解裝置在其應用壽命期間將如何執行的必要條件。裝置掉落測試通常被用來瞭解手持電子裝置（例如智慧型手機、平板電腦、膝上型電腦等）在發生掉落事件（例如在停車場掉落電話）之後的可靠性，因為這些事件可能危及裝置的功能。裝置的一個問題是這些裝置中使用的蓋玻璃的可靠性。手持式電子裝置的蓋玻璃損壞或碎裂可能導致裝置不可使用及/或使用者的安全問題。瞭解蓋材料的限制及蓋材料如何與裝置設計相關對於改善蓋玻璃的性能是不可或缺的。

【0198】 通常，用實際裝置進行掉落測試以瞭解裝置的可靠性。然而，此舉會變得非常昂貴，而且只有在裝置設計已經完成並且裝置已經被製造好時才可使用。為了處理這些缺點，使用替代測試載具（可重複使用，與裝置的尺寸和重量類似的裝置模型）來模擬裝置進行蓋玻璃性能測試。這些替代載具有助於瞭解玻璃的性能以滿足顧客的要求並有助於提供對於蓋玻璃的完好率有幫助的設計反饋（例如斜面設計）。然而，替代載具的建構和進行（掉落）測試是耗時且相當昂貴的。因此，理想的會是在損傷引入

和彎曲的概念上提供較不耗時且便宜的測試，如在大多數現場損壞模式中所見。

【0199】 本揭示的一個態樣是關於一種用於測試玻璃基物件（例如用於行動電子裝置的蓋玻璃）的表面的設備，使得該設備模擬已在現場觀察到發生的損壞模式，該損壞模式主要是應力（彎曲）和損傷引入的組合。使用基於元件等級的表面撞擊測試來重建這種習知的損壞模式。已經使用該設備進行了廣泛的測試，而且通過該測試已經了解到，某些玻璃組成物和離子交換應力分佈可以改善蓋玻璃的完好率。

【0200】 在一個或更多個實施例中，該設備包含具有從平坦到彎曲的表面範圍、簡單的、基於擺錘的動態撞擊測試，其中將玻璃基物件測試樣品安裝到擺錘的秤錘上，然後使用該擺錘來使測試樣品接觸撞擊表面，撞擊表面可以是光滑或粗糙的表面。在一個或更多個實施例中，為了進行測試，將樣品裝在托架上，然後從擺錘平衡位置向後拉並釋放，以在撞擊表面上產生動態撞擊。該測試模擬掉落事件，使得玻璃/樣品是移動部分，並且表面是靜止部分。可用的彎曲表面是模擬從現場損壞獲得的應力數（彎曲應力）。依據該設備的一個或更多個實施例，玻璃基物件是移動部分，該移動部分行進而撞擊作為靜止部分的撞擊表面，以複製從給定高度落到表面（靜止部分）上的裝置（移動部分）。

【0201】 已知損壞模式會隨著損傷引入的速度和彎曲速率而改變。不像其他基於類統計負載施加的元件級測試，例如用以特徵化蓋玻璃性能的環對環（ROR）、壓痕碎裂臨界值（IFT）及磨損環對環（ARoR - 涉及損傷引入然後通過類靜態負載施加而緩慢彎曲），此測試本質上是動態的。此外，隨著行動裝置應用中對於薄的蓋材料日益增長的需求變得非常普遍，使用基於元件級的測試來評估不同的薄的蓋材料的需求變得重要。此測試可被用於預測這種薄玻璃的潛在掉落性能反應，因為此測試在厚度低至0.3 mm的玻璃材料、不同組成物及IOX處理的評估中展現可信度。依據一個或更多個實施例，測試方法的簡單性使得能夠更快地估計玻璃撞擊能量和相關撞擊力，從而媲美從系統級掉落測試所產生的估計。

【0202】 現在參照第29-33圖，將用於對脆性基材進行撞擊測試的設備1100的實施例圖示為包含擺錘1102，擺錘1102包括附接到樞軸1106的秤錘1104。擺錘上的秤錘是懸掛自樞軸並藉由臂連接到樞軸的重物。因此，圖中圖示的秤錘1104藉由臂1108連接到樞軸1106，臂1108可以處於繩、或桿或多個桿的形式，例如如圖所示的兩個桿。如第33圖最佳圖示的，秤錘1104具有如虛線所示的平衡位置1105，使得角度 $\beta$ 為零。換句話說，臂1108不在升高的位置。

【0203】 秤錘1104可以僅僅是固定於臂1108的下端的脆性基材。在一個或更多個實施例中，秤錘1104包括

用於接收脆性基材的基座 1110。如第 34 圖更詳細圖示的，基座 1110 用於接收脆性基材 1112，脆性基材 1112 具有至少兩個端部 1114、1116、內表面 1113 及外表面 1115。基座 1110 具有第一端 1120 和第二端 1122、以及在第一端 1120 與第二端 1122 之間界定曲率半徑的彎曲表面 1124。基座 1110 可以是任何適當的材料，以提供平台來固定進行撞擊測試的基材，這在下面將有進一步的描述。用於基座 1110 的適當材料可以包括木材、金屬、陶瓷、或上述材料之組合。彎曲表面 1124 具有頂點 1125。

【0204】 依據一個或更多個實施例的設備 1100 還包括第一固定裝置 1130 和第二固定裝置 1132，以夾住脆性基材 1112 的至少兩個端部 1114、1116 並在彎曲表面 1124 旁邊施加力來將脆性基材 1112 彎曲並且使脆性基材順應曲率半徑。藉由彎曲脆性基材 1112，脆性基材具有順應彎曲表面 1124 的頂點 1125 的頂點 1127。在一個或更多個具體實施例中，彎曲表面 1124 和脆性基材 1112 的曲率可以是固定半徑或複合半徑。第一固定裝置 1130 和第二固定裝置 1132 各自是夾具，而且在具體實施例中是如第 34 圖所示的肘節夾具。然而，也可以使用其他類型的固定裝置來夾住脆性基材的端部，例如桿夾具、C 形夾具、或其他適當的固定裝置。

【0205】 依據一個或更多個實施例的設備 1100 還包括粗糙化表面，該粗糙化表面可以是具有研磨表面的研磨片，該研磨表面被放成與基材 1112 的外表面 1115 接觸。

研磨片藉由雙面膠黏附於(下面描述的撞擊物體 1140 的)撞擊表面 1150，其中研磨片的研磨表面而向上面固定基材 1112 的彎曲表面 1124。在其他具體實施例中，研磨片包含砂紙，砂紙可以具有在 30 號粒度至 400 號粒度、或 100 號粒度至 300 號粒度的範圍中的粒度大小，例如 180 號粒度。一種適合的砂紙是 Indasa Rhynowet<sup>®</sup> Plus Line P180 粒度砂紙。依據一個或更多個實施例的砂紙被切割成 25 mm 平方的片，而且假使該等片在切割過程中彎曲，則將砂紙壓平。

【0206】設備 1100 還包括撞擊物體 1140，撞擊物體 1140 被定位成使得當秤錘 1104 被從與平衡位置 1105 形成大於零的角度  $\beta$  的位置釋放時，秤錘 1104 的彎曲表面 1124 (或被固定在彎曲表面 1124 上的基材 1112) 接觸撞擊物體 1140 的撞擊表面 1150 (或位在撞擊表面 1150 上的研磨片的研磨側)。在圖示的實施例中，撞擊物體 1140 是固定於平台 1142 的 L 形支架，並且撞擊物體 1140 藉由螺釘 1144 固定於平台 1142。撞擊物體 1140 也可以藉由任何其他適當的機構來固定，例如螺栓、鉚釘、夾具等。平台 1142 包括止擋件 1146，止擋件 1146 允許設備 1100 被保持在工作台 1148 的端部。在圖示的實施例中，撞擊物體 1140 是固定的，而且當秤錘 1104 在撞擊表面 1150 接觸撞擊物體 1140 時撞擊物體 1140 不會移動。撞擊表面 1150 可以是可在 xy 平面中在狹槽 1152 內移動的單獨元件，如第 32 圖中最佳所見。或者，撞擊表

面 1150 不需要相對於撞擊物體 1140 移動。在一個或更多個實施例中，秤錘 1104 和基座 1110 的尺寸和形狀使得脆性基材被固定於基座 1110 時並且當秤錘 1104 被從與平衡位置 1105 形成大於零的角度  $\beta$  的位置釋放時，脆性基材 1112 經受彎曲半徑和撞擊力，該彎曲半徑是模擬行動電話或平板裝置被行動電話或平板裝置的使用者掉落在地面上時行動電話或平板裝置的化學強化蓋玻璃的彎曲半徑。

【0207】 在一個或更多個實施例中，選擇基座 1110 上的彎曲表面 1124 的曲率半徑，以在基材圍繞彎曲表面 1124 彎曲時提供 100 MPa 的彎曲張力，使得張力是從彎曲基材的應力產生的外部施加張力。因此，當基材彎曲時，張力是在脆性基材的頂點 1125。依據一個或更多個實施例，曲率半徑在 0.25 m 和 1.5 m 的範圍中，例如在 0.5 m 和 1 m 的範圍中。

【0208】 在一個或更多個實施例中，第一固定裝置 1130 和第二固定裝置 1132 以用於行動電話或平板電腦的蓋玻璃長度的距離間隔開。在具體實施例中，第一固定裝置 1130 和第二固定裝置 1132 以在 50 mm 和 500 mm 的範圍中的距離間隔開。

【0209】 本揭示的另一個態樣是關於一種對脆性片材進行撞擊測試的方法，該方法包含：將具有接觸表面的脆性片材彎曲，以提供具有曲率半徑並且在該接觸表面上具有頂點的彎曲片材；以及使用擺錘以撞擊物體在該頂點撞

擊該彎曲片材。在一實施例中，該彎曲片材黏附於擺錘。在一實施例中，將黏附於擺錘的彎曲片材定位成使得該撞擊物體接觸該接觸表面的該頂點。在一個或更多個實施例中，該脆性片材是玻璃，並且該曲率半徑是在該行動電話或平板裝置被行動電話或平板裝置的使用者掉落到地面上時模擬行動電話或平板裝置的化學或熱強化蓋玻璃的彎曲半徑的範圍中，其中掉落事件使得裝置的邊緣先接觸地面（與其中裝置通常以使得接觸表面大體上平行地面的方向撞擊地面的面先掉落相反）。

【0210】 在一個或更多個實施例中，將研磨片放在撞擊表面1150上以便在臂1108擺動運動時接觸脆性片材的頂點的位置。在一個或更多個實施例中，該脆性片材被用雙面膠固定於撞擊物體。

【0211】 另一個實施例是關於一種對脆性片材進行撞擊測試的方法，該方法包含：將脆性片材黏附於擺錘以暴露該脆性片材上的接觸表面；以及移動該擺錘且該脆性片材黏附於該擺錘，以使該接觸表面接觸撞擊物體。在一實施例中，該方法包括將該脆性片材彎曲以提供具有曲率半徑且在該接觸表面上具有頂點的彎曲片材。在一實施例中，黏附於擺錘的彎曲片材被定位成使得該撞擊物體接觸該接觸表面的該頂點。在一個或更多個實施例中，該脆性片材是玻璃，並且該曲率半徑是在該行動電話或平板裝置被行動電話或平板裝置的使用者掉落到地面上時模擬行動電話或平板裝置的化學或熱強化蓋玻璃的彎曲半徑的



範圍中，其中掉落事件使得裝置的邊緣先接觸地面（與其中裝置通常以使得接觸表面大體上平行地面的方向撞擊地面的面先掉落相反）。在一些實施例中，在用撞擊物體撞擊該頂點之前，該脆性片材被固定於彎曲表面。

【0212】 現在參照第29圖和第30圖，該設備的具體、非限制性操作細節包括在樞軸1106上的指示凹口1200，指示凹口1200可以指向各種測試位置1202，即臂1108被定位成相對於平衡位置1105成角度 $\beta$ 的位置、以及擺錘開始運動的位置。指示凹口1200能夠與各種測試位置1202對準，測試位置1202可以是任何適當數量的測試位置，例如1個、2個、3個、4個、5個、6個、7個、8個、9個、10個等等遞增到多達50個或更多個。設備1100還可以包括鎖，該鎖可以處於螺帽1204的形式，以將臂1108鎖在圍繞其中心縱向軸的期望旋轉方向上，以便使基座1110與撞擊物體1140的撞擊表面1150成直角。

【0213】 依據一個或更多個實施例，設備1100模擬實際的電話掉落事件。入射撞擊能 $E$ 和平均撞擊力 $\vec{F}_{avg}$ 是由下式提供

$$E = mgL\{1 - \cos \beta\}$$

$$|\vec{F}_{avg}| = \frac{|m\vec{v}_f - m\vec{v}_i|}{\Delta t}$$

其中， $m$  = 擺錘 1102（包括擺臂 1108、秤錘 1104、及基座 1110）的質量， $L$  = 臂長， $g$  = 自由落體的加速度， $v_f$  是初始撞擊速度（即玻璃首次接觸撞擊物體 1140 的撞擊表面 1150 時在該點的速度）， $v_i$  是最終撞擊速度（即玻璃離開撞擊物體 1140 的撞擊表面 1150 的速度，或者換句話說，玻璃首次從撞擊物體 1140 的撞擊表面 1150 分離時在該點的速度）， $\Delta t$  = 接觸相互作用時間（即玻璃與撞擊物體 1140 的撞擊表面 1150 接觸的時間）。藉由高速攝影機觀察玻璃與撞擊表面 1150 接觸期間的幀數並乘以每單位時間由高速攝影機拍攝的幀數來量測接觸相互作用時間。平均力方程式對於尚未破裂的樣品是有用的，即在測試之前被載入設備 1100 中的樣品是尚未破裂的樣品。當擺臂的質量和長度是已知時，將角度  $\beta$  設定到選擇的位置，可以計算撞擊力並用來模擬當從特定高度掉落時對裝置的撞擊。例如，當從 1 公尺的高度掉落時，在 130 g 的行動電話裝置上的基材蓋玻璃所經歷的平均力已被計算為 800 N。使用質量、臂長和角度  $\beta$ ，可以使用第 29-34 圖圖示的設備 1100 來複製此力。

【0214】 參照第 35 圖，曲線圖上的點 1500 表示厚度 0.5 mm 的替代鋁矽酸鹽玻璃基材在第 29-33 圖圖示的設備上測試的損壞臨界力。第 35 圖圖示擺動角度與平均撞擊力相關。替代鋁矽酸鹽玻璃具有約 200 牛頓的損壞臨界力。點 1504 代表標稱成分為 57.5 莫耳 %  $\text{SiO}_2$ 、16.5 莫耳 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、16.5 莫耳 %  $\text{Na}_2\text{O}$ 、2.8 莫耳 %  $\text{MgO}$ 、

6.5 莫耳 %  $P_2O_5$ 、及 0.05 莫耳 %  $SnO_2$  的 0.5 mm 厚玻璃基材。來自此測試（在點 1504）的玻璃基材具有小於 500 牛頓的損壞臨界值。將依據本文要求權利的玻璃物件所製造的和依據以上實例 1-64 和以下實例 1-6 製備的玻璃基材的數據圖示為點 1506，並具有超過 800 N 的撞擊力。將這些值以及標示為 ALT2 的另一種化學強化玻璃描繪在第 36 圖中。如第 36 圖所指出的，所有玻璃基材都是使用參照第 29-34 圖描述的擺錘設備 1100 進行測試，且彎曲半徑為 0.4 mm 以藉由在玻璃基材的頂點上彎曲而賦予 100 MPa 的外部施加拉伸應力。

【0215】 在各種樣品上進行了擺錘設備測試之後，測試樣品的強度，強度是指第 37 圖上的「保持強度」，「保持強度」是指當物件被彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被指定的撞擊力撞擊之後基材的強度。使用本文描述的四點彎曲測試量測保持強度值。在第 37 圖中，垂直虛線表示 800 N 的撞擊力，並在 x 軸上將對測試樣品的撞擊力標準化。ALT（替代鋁矽酸鹽玻璃基材 - 菱形數據點）具有最差的保持強度值，而且無法在 800 N 的撞擊力下進行測試，因為所有的部分都在遠較低的撞擊力下毀壞了。用 800 N 的撞擊力撞擊的 ALT2（三角形數據點）玻璃基材並沒有大於 125 N 的保持強度。然而，將依據本文要求權利的玻璃物件製造的和依據以上實例 1-64 和以下實例 1-6 製備的玻璃基材顯示為 1506（正方形數據

點)，全部都具有超過 125 MPa、也就是大於 150 MPa、而且有一些大於 200 MPa 的保持強度值。

實例

【0216】 將藉由以下實例進一步闡明各種實施例。在實例中，在被強化之前，將實例稱為「基材」。在接受強化之後，將實例稱為「物件」或「玻璃基物件」。

實例 1

【0217】 實例 1A-1G 包括標稱成分為約 63.46 莫耳 % SiO<sub>2</sub>、15.71 莫耳 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、6.37 莫耳 % Li<sub>2</sub>O、10.69 莫耳 % Na<sub>2</sub>O、0.06 莫耳 % MgO、1.15 莫耳 % ZnO、2.45 莫耳 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、及 0.04 莫耳 % SnO<sub>2</sub> 的玻璃基材。玻璃基材的厚度為 0.8 mm。依據表 2 的條件，將實例 1A-1G 的玻璃基材在包括 100 % NaNO<sub>3</sub> 和溫度約 390 °C 的熔融鹽浴中進行離子交換。在第 10 圖中將所得玻璃基物件表現出的最大 CT 值描繪為離子交換時間的函數。

【0218】 表 2：實例 1A-1G 的離子交換條件。

| 實例 | 浸入浴中的時間(小時) | 最大 CT |
|----|-------------|-------|
| 1A | 0.5         | 30    |
| 1B | 1           | 42    |
| 1C | 1.5         | 52    |
| 1D | 2           | 56    |
| 1E | 3.75        | 67    |
| 1F | 8           | 63    |
| 1G | 16          | 55    |

【0219】 如本文所述，使用 R N F 法量測實例 1 E 的應力分佈。第 11 圖圖示量測的應力為從實例 1 E 的玻璃基物件的表面延伸到玻璃基物件中的深度的函數。將在特定深度的應力列於表 3，包括在「膝部」的應力，「膝部」是應力的斜率急劇變化的深度。在第 11 圖中，將正數用於壓縮應力，而負數表示拉伸應力。這種相同的慣例（將壓縮應力在 y 軸上表示為正值，並將拉伸應力在 y 軸上以負值表示）也被用於第 1 - 3 圖。然而，在其餘的圖中，將壓縮應力在 y 軸上表示為負值，並將拉伸應力在 y 軸上表示為正值。

【0220】 表 3：在實例 1 E 的特定深度的應力。

| 深度（微米）   | 應力（MPa） |
|----------|---------|
| 12（「膝部」） | 161     |
| 50       | 95      |
| 100      | 36      |
| 150      | 0       |

實例 2

【0221】 實例 2 A 包括的玻璃基材具有與實例 1 相同的成分和 0.8 mm 的厚度。將玻璃基材在包括 51 % K N O<sub>3</sub> 和 49 % N a N O<sub>3</sub> 並且溫度約 380 °C 的單熔融鹽浴中離子交換 3.75 小時。所得玻璃基物件表現出如表 4 所述的應力分佈。

【0222】 表 4：實例 2 A 的應力分佈。

|              |         |
|--------------|---------|
| 表面壓縮應力       | 500 MPa |
| 鉀的鉀 DOL      | 12 微米   |
| 在鉀的鉀 DOL 的應力 | 161 MPa |

|       |        |
|-------|--------|
| 最大 CT | 70 MPa |
| DOC   | 150 微米 |

【 0 2 2 3 】 如本文所述，對依據實例 2 A 的玻璃基物件進行 A R O R 測試。將一組玻璃基物件使用 5 p s i 的負載或壓力磨損，將第二組玻璃基物件使用 2 5 p s i 的負載或壓力磨損，並將第三組玻璃基物件使用 4 5 p s i 的負載或壓力磨損。將 A R O R 數據圖示於第 1 2 圖中。如第 1 2 圖所示，依據實例 2 A 的所有玻璃基物件都表現出大於約 2 0 k g f 的平均損壞負載。

【 0 2 2 4 】 將依據實例 2 A 的玻璃基物件加裝到相同的行動電話裝置上。讓電話裝置從 2 0 公分開始的遞增高度掉落到 1 8 0 號粒度的砂紙上。假使玻璃基物件完好渡過從一個高度（例如 2 0 c m ）的掉落，則讓行動電話再次從更高的高度（例如 3 0 c m 、 4 0 c m 、 5 0 c m 等）掉落，直到高達 2 2 5 c m 的高度。然後讓完好的玻璃基物件掉落到 3 0 號粒度的砂紙上（在相同的電話裝置中）。將玻璃基物件在 1 8 0 號粒度的砂紙和 3 0 號粒度的砂紙上皆毀壞的高度描繪在第 1 3 圖中。如第 1 3 圖所示，除了兩個實例 2 A 的玻璃基物件之外，所有的玻璃基物件都完好渡過被掉落到 1 8 0 號粒度的砂紙上，直到高達約 2 2 5 c m 的高度（提供約 2 1 6 c m 的平均完好掉落高度）。到 3 0 號粒度砂紙上的平均完好掉落高度為 6 6 c m ，其中一些完好渡過超過 1 0 0 c m 的掉落高度。

【0225】 依據實例2A的玻璃基物件在約480 mHz至約3000 mHz的頻率範圍間表現出約6.9至約7.05的介電常數。依據實例2A的玻璃基物件在約480 mHz至約3000 mHz的頻率範圍間表現出在約0.012至約0.015的範圍中的介電損耗角正切。

【0226】 依據實例2A的玻璃基物件的折射率在從約380 nm至約1550 nm的範圍間在從約1.49至約1.518的範圍中，而且在從約380 nm至約800 nm的波長範圍間在從約1.497至約1.518。

【0227】 讓依據實例2A的玻璃基物件接受如表5所示的各種化學處理。將玻璃基物件的化學耐久性與比較例2B、2C及2D相比較。比較例2B是標稱成分為64.3莫耳% SiO<sub>2</sub>、7.02莫耳% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、14莫耳% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、14莫耳% Na<sub>2</sub>O、0.5莫耳% K<sub>2</sub>O、0.03莫耳% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、及0.1莫耳% SnO<sub>2</sub>的玻璃基材。比較例2C是標稱成分為64.75莫耳% SiO<sub>2</sub>、5莫耳% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、14莫耳% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、13.75莫耳% Na<sub>2</sub>O、2.4莫耳% MgO、及0.08莫耳% SnO<sub>2</sub>的玻璃基材。比較例2D包括標稱成分為57.5莫耳% SiO<sub>2</sub>、16.5莫耳% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、16.71莫耳% Na<sub>2</sub>O、2.8莫耳% MgO、0.05莫耳% SnO<sub>2</sub>及6.5莫耳% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的玻璃基材。

【0228】 表5：實例2A和比較例2B、2C及2D的化學耐久性。

| 化學處理                               | 重量損失 (mg/cm <sup>2</sup> ) |        |        |       |
|------------------------------------|----------------------------|--------|--------|-------|
|                                    | 比較例 2B                     | 比較例 2C | 比較例 2D | 實例 2A |
| 5% w/w HCl ,<br>95 °C , 24 小時      | 29.3                       | 6.7    | 50     | 5.77  |
| 5% w/w<br>NaOH , 95 °C ,<br>6 小時   | 2.8                        | 2.4    | 5.8    | 2.68  |
| 10% HF , 室<br>溫 , 20 分鐘            | 20.8                       | 18.1   | 37.4   | 24.03 |
| 10% 二氟化銨<br>(ABF) , 室<br>溫 , 20 分鐘 | 2                          | 2.7    | 3.2    | 0.98  |

實 例 3

【 0 2 2 9 】 實例 3 A 包括的玻璃基材具有與實例 1 相同的成分和 0 . 8 m m 的厚度。比較例 3 B 包括的玻璃基材具有與比較例 2 D 相同的成分和 0 . 8 m m 的厚度。在單一步驟中使用單個浴對實例 3 A 的玻璃基材進行化學強化，如表 6 所述。以二步驟製程對比較例 3 B 的玻璃基材進行離子交換，如表 6 所述。

【 0 2 3 0 】 表 6：用於實例 3 A 和比較例 3 B 的離子交換條件。

|         |        | 實例 3A                                       | 比較例 3B                                         |
|---------|--------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 第一步驟    | 熔融鹽浴成分 | 49% NaNO <sub>3</sub> /51% KNO <sub>3</sub> | 49% NaNO <sub>3</sub> /51% KNO <sub>3</sub>    |
|         | 浴溫度    | 380 °C                                      | 460 °C                                         |
|         | 浸泡時間   | 3.75 小時                                     | 14 小時                                          |
| 第二步驟    | 熔融鹽浴成分 | -                                           | 99.5% KNO <sub>3</sub> /0.5% NaNO <sub>3</sub> |
|         | 浴溫度    | -                                           | 390 °C                                         |
|         | 浸泡時間   | -                                           | 0.25 小時                                        |
| 生成玻璃物件的 | 表面 CS  | 500 MPa                                     | 825 MPa                                        |



|    |            |         |         |
|----|------------|---------|---------|
| 性質 | 鉀 DOL      | 12 微米   | 10 微米   |
|    | 在鉀 DOL 的應力 | 160 MPa | 220 MPa |
|    | DOC        | 150 微米  | 100 微米  |

【 0 2 3 1 】 將 依 據 實 例 3 A 和 比 較 例 3 B 的 玻 璃 基 物 件 加 裝 到 相 同 的 行 動 電 話 裝 置 上 。 讓 電 話 裝 置 從 2 0 公 分 開 始 的 遞 增 高 度 掉 落 到 3 0 號 粒 度 的 砂 紙 上 。 將 玻 璃 基 物 件 在 3 0 號 粒 度 的 砂 紙 上 毀 壞 的 高 度 描 繪 在 第 1 4 圖 中 。 如 第 1 4 圖 所 示 ， 實 例 3 A 的 玻 璃 基 物 件 表 現 出 比 比 較 例 3 B 的 平 均 完 好 掉 落 高 度 （ 即 3 8 c m ） 的 兩 倍 更 高 的 平 均 完 好 掉 落 高 度 （ 即 9 1 c m ） 。

【 0 2 3 2 】 如 本 文 所 述 ， 使 用 2 5 p s i 的 負 載 或 壓 力 讓 依 據 實 例 3 A 和 比 較 例 3 B 的 玻 璃 基 物 件 接 受 A R O R 測 試 。 實 例 3 A 的 玻 璃 基 基 材 表 現 出 約 3 0 k g f 的 平 均 損 壞 負 載 ， 而 比 較 例 3 B 的 玻 璃 基 基 材 表 現 出 約 2 7 k g f 的 平 均 損 壞 負 載 ， 如 第 1 5 圖 所 示 。 當 將 磨 損 負 載 或 壓 力 增 加 到 4 5 p s i 時 ， 實 例 3 A 與 比 較 例 3 B 的 平 均 損 壞 負 載 差 異 增 加 了 。 具 體 來 說 ， 在 4 5 p s i 的 負 載 或 壓 力 下 ， 實 例 3 A 表 現 出 約 2 5 . 9 k g f 的 平 均 損 壞 負 載 ， 而 比 較 例 3 B 表 現 出 約 1 9 . 6 k g f 的 平 均 損 壞 負 載 ， 如 第 1 6 圖 所 示 。

實 例 4

【 0 2 3 3 】 讓 標 稱 成 分 5 7 . 5 莫 耳 % S i O <sub>2</sub> 、 1 6 . 5 莫 耳 % A l <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、 1 6 . 7 莫 耳 % N a <sub>2</sub> O 、 2 . 5 莫 耳 % M g O 、 及 6 . 5 莫 耳 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 並 且 厚 度 為 約 0 . 4 m m 、 0 . 5 5 m m 或 1 m m 的

玻璃基材接受化學強化。將化學強化的厚度和條件列於表 7。

【 0 2 3 4 】 表 7：實例 4 A - 4 D 的厚度和化學強化條件。

| 實例 | 厚度      | 浴的成分                                           | 浴的溫度   |
|----|---------|------------------------------------------------|--------|
| 4A | 0.4 mm  | 80% KNO <sub>3</sub> ，20%<br>NaNO <sub>3</sub> | 430 °C |
| 4B | 0.55 mm | 80% KNO <sub>3</sub> ，20%<br>NaNO <sub>3</sub> | 430 °C |
| 4C | 0.55 mm | 90% KNO <sub>3</sub> ，10%<br>NaNO <sub>3</sub> | 430 °C |
| 4D | 1.0 mm  | 70% KNO <sub>3</sub> ，30%<br>NaNO <sub>3</sub> | 430 °C |

【 0 2 3 5 】 如表 7 所示將實例 4 A 浸入熔融鹽浴中 4 小時、8 小時、16 小時、32 小時、64 小時及 128 小時（實例 4 A - 1 至 4 A - 6）。如表 7 所示將實例 4 B 浸入熔融鹽浴中 4 小時、8 小時、16 小時、32 小時、64 小時及 128 小時（實例 4 B - 1 至 4 B - 6）。如表 7 所示將實例 4 C 浸入熔融鹽浴中 1 小時、2 小時、4 小時、8 小時、16 小時及 32 小時（實例 4 C - 1 至 4 C - 6）。如表 7 所示將實例 4 D 浸入熔融鹽浴中 4 小時、8 小時、16 小時、32 小時、64 小時及 128 小時（實例 4 D - 1 至 4 D - 6）。將實例 4 A - 1 至 4 A - 6、4 B - 1 至 4 B - 6、4 C - 1 至 4 C - 6、及 4 D - 1 至 4 D - 6 的應力分佈分別圖示於第 17 圖、第 19 圖、第 21 圖、及第 23 圖。在第 17 圖、第 19 圖、第 21 圖、及第 23 圖中，將玻璃物件的深度

或厚度標繪在 x 軸上，並將應力標繪在 y 軸上。正應力值是 C T 值，而負應力值是 C S 值。

【 0 2 3 6 】 將實例 4 A - 1 至 4 A - 6 、實例 4 B - 1 至 4 B - 6 、實例 4 C - 1 至 4 C - 6、及 4 D - 1 至 4 D - 6 的 C T 和 D O C 值為在熔融鹽浴中的浸泡時間的函數分別圖示於第 1 8 圖、第 2 0 圖、第 2 2 圖、及第 2 4 圖中。

實例 5

【 0 2 3 7 】 讓具有如表 8 所示的標稱成分並且具有約 0 . 8 m m 的厚度的玻璃基材各自在包括 N a N O <sub>3</sub> 和 N a S O <sub>4</sub> 的混合物且溫度為 5 0 0 °C 的熔融鹽浴中接受化學強化 1 5 分鐘（比較例 8 A ）和 1 6 小時（實例 8 B ）。

【 0 2 3 8 】 表 8 ：在化學強化之前實例 5 的玻璃基材的成分。

| 實例 =>                                                 | 5                          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| 氧化物 [莫耳%]                                             |                            |
| SiO <sub>2</sub>                                      | 69.2                       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | 12.6                       |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                         | 1.8                        |
| Li <sub>2</sub> O                                     | 7.7                        |
| Na <sub>2</sub> O                                     | 0.4                        |
| MgO                                                   | 2.9                        |
| ZnO                                                   | 1.7                        |
| TiO <sub>2</sub>                                      | 3.5                        |
| SnO <sub>2</sub>                                      | 0.1                        |
| $\frac{[Li_2O+Na_2O+MgO+ZnO+K_2O]}{[Al_2O_3+B_2O_3]}$ | $\frac{12.7}{14.4} = 0.88$ |
| $\frac{[TiO_2+SnO_2]}{[SiO_2+B_2O_3]}$                | $\frac{3.6}{71} = 0.051$   |

【 0 2 3 9 】 將實例 5 A 和 5 B 的玻璃基物件的應力分佈圖示於第 2 5 圖中。如第 2 5 圖所示，比較例 5 A 表現出習知的應力分佈，而實例 5 B 顯示依據本揭示的一個或更多個實

施例的應力分佈。從量測的 S C A L P 應力分佈數據並使用以上式 ( 2 ) 計算實例 5 A 和 5 B 的玻璃基物件的儲存拉伸能。將計算出的儲存拉伸能描繪為量測 C T ( M P a ) 的函數，如第 2 6 圖所示。

【 0 2 4 0 】 如第 2 6 圖所示，對於給定的 C T 值，比較例 5 A 表現出遠比實例 5 B ( 相同的 C T 值 ) 更大的儲存拉伸能量值。在此圖中，C T 是樣品中的最大 C T。具體來說，在約 5 5 M P a 的 C T 下，比較例 5 A 表現出約 6 . 5 J / m <sup>2</sup> 的儲存拉伸能，而實例 5 B 表現出約 3 . 5 J / m <sup>2</sup> 的儲存拉伸能。比較例 5 A 和實例 5 B 碎裂，並且實例 5 B 碎裂成比比比較例 5 A 更少的碎片，比較例 5 A 碎裂成數量明顯較多的碎片。因此，不受理論的約束，據信控制儲存拉伸能可以提供控制或預測碎裂模式或從碎裂產生的碎片數量的方式。在這些實例中，藉由將樣品保持在離子交換浴中持續更長的時間同時使用相同的浴溫度和成分來改變 C T。在第 2 6 圖中，點 0 , 0 不是實驗的，但是所屬技術領域中具有通常知識者將可預期的情況，即當有 0 C T 時，將有 0 的儲存拉伸能。

【 0 2 4 1 】 讓具有如表 8 所示的標稱成分並且具有約 1 m m 的厚度的玻璃基材各自在包括 N a N O <sub>3</sub> 且溫度為 4 3 0 ° C 的熔融鹽浴中接受化學強化 4 小時 ( 比較例 5 C ) 和 6 1 . 5 小時 ( 實例 5 D ) 。比較例 5 C 表現出習知的應力分佈，而實例 5 D 顯示依據本揭示的一個或更多個實施例的應力分佈。使用與實例 5 A - 5 B 使用的相同的方法計算實

例 5 C 和 5 D 的儲存拉伸能，並將儲存拉伸能描繪為量測 C T ( M P a ) 的函數，如第 2 7 圖所示。

【 0 2 4 2 】 如第 2 7 圖所示，對於給定的 C T 值（再次地，如同第 2 7 圖，這些是最大 C T 值，而且再次地藉由使用相同的離子交換浴溫度和成分、但較長的時間來改變該等值），比較例 5 C 表現出遠比實例 5 D（相同的 C T 值）更大的儲存拉伸能量值。比較例 5 C 和實例 5 D 碎裂，並且實例 5 D 碎裂成比比較例 5 C 更少的碎片，比較例 5 C 碎裂成數量明顯較多的碎片。

實例 6

【 0 2 4 3 】 表 9 列出本文所述玻璃基材的例示成分（實例 6 A - 6 J）。表 1 0 列出為表 9 所列實例測得的選擇物理性質。表 1 0 列出的物理性質包括：密度；C T E；應變、退火及軟化點；液相線溫度；液相線黏度；楊氏模量；折射率、及應力光學係數。

表 9：鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成物的實例。

| 成分<br>(mol%)                                                                                                               | 實例 6A | 實例 6B | 實例 6C | 實例 6D | 實例 6E | 實例 6F | 實例 6G |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                             | 16.67 | 16.73 | 16.70 | 16.73 | 16.17 | 16.13 | 15.73 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                              |       |       |       |       |       |       |       |
| Cs <sub>2</sub> O                                                                                                          |       |       |       | 0.46  |       |       |       |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                          | 7.46  | 7.41  | 7.30  | 7.42  | 7.45  | 7.54  | 7.45  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                          | 8.75  | 8.28  | 7.77  | 7.85  | 8.30  | 7.76  | 8.77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                                                              | 3.46  | 3.95  | 3.94  | 3.92  | 3.45  | 3.94  | 3.38  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                           | 63.62 | 63.58 | 64.24 | 63.56 | 63.61 | 63.61 | 63.71 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                           | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |       |
| ZnO                                                                                                                        |       |       |       |       | 0.98  | 0.97  | 0.96  |
| R <sub>2</sub> O                                                                                                           | 16.21 | 15.69 | 15.07 | 15.27 | 15.75 | 15.30 | 16.22 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +<br>SiO <sub>2</sub> +<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 83.74 | 84.26 | 84.88 | 84.22 | 83.23 | 83.68 | 82.82 |

| 成分<br>(mol%)                                                                                                               | 實例 6H | 實例 6I | 實例 6J |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                             | 15.65 | 16.68 | 16.66 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                              |       |       |       |
| Cs <sub>2</sub> O                                                                                                          |       |       |       |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                          | 7.47  | 9.99  | 12.38 |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                          | 8.27  | 7.32  | 4.84  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                                                              | 3.91  | 2.45  | 2.44  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                           | 63.67 | 63.50 | 63.63 |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                           | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| ZnO                                                                                                                        | 0.98  |       |       |
| R <sub>2</sub> O                                                                                                           | 15.74 | 17.31 | 17.22 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +<br>SiO <sub>2</sub> +<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 83.23 | 82.64 | 82.73 |

表 10：表 9 所列玻璃的選擇物理性質。

|                              | 實例<br>6A | 實例 6B  | 實例 6C   | 實例<br>6D | 實例 6E   | 實例 6F  | 實例<br>6G |
|------------------------------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|----------|
| Fulchers A                   | -3.933   | -3.681 | -3.994  | -4.132   | -4.049  | -3.657 | -4.147   |
| Fulchers B                   | 10000.7  | 9453.7 | 10199.7 | 10556.7  | 10414.5 | 9531.9 | 10785.5  |
| Fulchers To                  | 50.4     | 85.5   | 41.3    | 22.6     | -0.8    | 50.1   | -38.5    |
| 200 P 溫度 (°C)                | 1655     | 1666   | 1662    | 1664     | 1639    | 1650   | 1634     |
| 35000 P 溫度<br>(°C)           | 1230     | 1235   | 1236    | 1239     | 1211    | 1212   | 1202     |
| 200000 P 溫度<br>(°C)          | 1133     | 1138   | 1139    | 1142     | 1113    | 1114   | 1103     |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.396    | 2.389  | 2.389   | 2.413    | 2.413   | 2.406  | 2.415    |
| CTE<br>25-300 °C<br>(ppm/°C) | 73.9     | 71.7   | 72.5    | 72.8     | 71.5    | 69     | 74.7     |
| 應變點 (°C)                     | 606      | 605    | 604     | 605      | 587     | 589    | 578      |
| 退火點 (°C)                     | 661      | 662    | 661     | 661      | 642     | 644    | 631      |
| 軟化點 (°C)                     | 926.4    | 931.7  | 930.3   | 935.1    | 908.6   | 912.3  | 898.4    |
| 液相線溫度 (°C)                   | 1080     | 1095   | 1090    | 1095     | 1080    | 1100   | 1055     |
| 液相線黏度 (P)                    | 602823   | 482764 | 539563  | 515222   | 386294  | 264159 | 520335   |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)        | 30.04    | 30.43  | 30.43   | 30.4     | 30.51   | 3.083  | 30.34    |
| 在 589.3 nm 的折<br>射率          | 1.5016   | 1.5003 | 1.5003  | 1.5010   | 1.5037  | 1.5021 | 1.5035   |
| 楊氏模量 (GPa)                   | 75.84    | 75.57  | 75.70   | 75.15    | 76.67   | 75.77  | 76.12    |

|                         | 實例 6H  | 實例 6I  | 實例 6J  |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| Fulchers A              | -3.649 | -3.231 | -2.918 |
| Fulchers B              | 9623.9 | 8275.1 | 7331.7 |
| Fulchers To             | 33.9   | 126.8  | 188.3  |
| 200 P 溫度 (°C)           | 1651   | 1623   | 1593   |
| 35000 P 溫度 (°C)         | 1209   | 1191   | 1171   |
| 200000 P 溫度 (°C)        | 1109   | 1097   | 1080   |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.408  | 2.401  | 2.394  |
| CTE                     |        |        |        |
| 25-300 °C (ppm/°C)      | 71.7   | 74.5   | 70.4   |
| 應變點 (°C)                | 579    | 607    | 607    |
| 退火點 (°C)                | 633    | 656    | 656    |
| 軟化點 (°C)                | 898.7  | 900.7  | 900    |
| 液相線溫度 (°C)              | 1090   | 1180   | 1265   |
| 液相線黏度 (P)               | 290856 | 42277  | 7788   |
| 應力光學係數<br>(nm/mm/MPa)   | 3.028  | 2.937  | 2.926  |
| 在 589.3 nm 的折射率         | 1.5022 | 1.5071 | 1.5099 |
| 楊氏模量 (GPa)              | 75.84  | 78.60  | 79.91  |

【 0 2 4 4 】 將 實 例 6 A - 6 H 成 形 為 玻 璃 物 件 （ 具 有 片 的 形 式 和 特 定 厚 度 ） ， 然 後 藉 由 浸 入 具 有 特 定 溫 度 的 熔 融 鹽 浴 中 持 續 指 定 的 時 間 來 進 行 化 學 強 化 。 表 1 1 顯 示 每 個 玻 璃 物 件 的 厚 度 、 化 學 強 化 條 件 、 以 及 生 成 的 強 化 玻 璃 物 件 量 測 到 的 最 大 C T 和 D O C 值 。

【 0 2 4 5 】 表 1 1 ： 玻 璃 物 件 的 化 學 強 化 條 件 和 所 得 屬 性 。

|                                                 | 實例 6A | 實例 6B | 實例 6C | 實例 6D |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 4 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.07  | 1.11  | 1.11  | 1.05  |
| 最大 CT<br>(MPa)                                  | 81    | 76    | 72    | 74    |
| DOC 作為<br>厚度的一<br>部分                            | 0.19  | 0.19  | 0.19  | 0.17  |
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 6 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.08  | 1.1   | 1.12  | 1.04  |
| 最大 CT<br>(MPa)                                  | 89    | 80    | 87    | 86    |

|                                                 | 實例 6A | 實例 6B | 實例 6C | 實例 6D |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| DOC 作為厚度的一部分                                    | 0.18  | 0.2   | 0.19  | 0.19  |
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 8 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.07  | 1.1   | 1.11  | 1.03  |
| 最大 CT (MPa)                                     | 88    | 83    | 84    | 87    |
| DOC 作為厚度的一部分                                    | 0.19  | 0.2   | 0.2   | 0.17  |

|                                                 | 實例 6E | 實例 6F | 實例 6G | 實例 6H |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 4 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.05  | 1.02  | 1.09  | 1.09  |
| 最大 CT (MPa)                                     | 81    | 82    | 77    | 73    |
| DOC 作為厚度的一部分                                    | 0.17  | 0.16  | 0.17  | 0.18  |
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 6 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.08  | 1.03  | 1.07  | 1.1   |
| 最大 CT (MPa)                                     | 81    | 82    | 85    | 85    |
| DOC 作為厚度的一部分                                    | 0.2   | 0.2   | 0.19  | 0.2   |
| 在溫度 390°C 的 100% NaNO <sub>3</sub> 熔融鹽浴中浸沒 8 小時 |       |       |       |       |
| 厚度 (mm)                                         | 1.06  | 1.04  | 1.09  | 1.1   |
| 最大 CT (MPa)                                     | 84    | 87    | 84    | 83    |
| DOC 作為厚度的一部分                                    | 0.18  | 0.18  | 0.2   | 0.19  |

【 0 2 4 6 】 對於所屬技術領域中具有通常知識者而言顯而易見的是，可以在不偏離本發明的精神或範圍下進行各種修改和變化。例如，可以依據以下的例示性實施例組合各種特徵。



【0247】 實施例1：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度（ $t$ ）（mm）；

一金屬氧化物之一濃度，該濃度非零且沿著一從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍變化；以及

一中心張力（CT）區域，包含一小於約 $71.5 / \sqrt{t}$ 的最大CT（MPa），

其中當在2吋×2吋的樣品上測試時，當該玻璃基物件碎裂時，該玻璃基物件碎裂成2個或更少個碎片/吋<sup>2</sup>。

【0248】 實施例2：如實施例1所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物之該濃度非零且沿著整個厚度變化。

【0249】 實施例3：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，包含一約300 MPa或更大的表面壓縮應力（CS）。

【0250】 實施例4：如實施例3所述之玻璃基物件，其中該表面CS為約400 MPa或更大。

【0251】 實施例5：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該CT區域包含金屬氧化物濃度梯度。

【0252】 實施例6：一種如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，包含：

一第一金屬氧化物濃度和一第二金屬氧化物濃度，

其中當厚度在從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.5 \cdot t$ 的一第一範圍間改變時，該第一金屬氧化物濃度在從約15莫耳%至約0莫耳%的範圍中變化，以及

其中當厚度在距該第一表面和該第二表面中之至少一者從約0微米至約25微米的第一範圍間改變時，該第二金屬氧化物濃度在從約0莫耳%至約10莫耳%的範圍中變化。

【0253】 實施例7：如實施例6所述之玻璃基物件，包含一第三金屬氧化物。

【0254】 實施例8：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度（ $t$ ）；及

一金屬氧化物之一濃度，該濃度非零且沿著一從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍變化；

一約200 MPa或更大的表面壓縮應力；以及

一CT區域，具有一小於約 $71.5 / \sqrt{t}$ 的最大CT。

【0255】 實施例9：如實施例8所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物濃度的該厚度範圍係從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 。

【0256】 實施例10：如實施例8或實施例9所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物濃度的該厚度範圍係從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.45 \cdot t$ 。

【0257】 實施例11：如實施例1-10中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物的一單價離子沿著該厚度範圍產生應力。

【0258】 實施例12：如實施例11所述之玻璃基物件，其中在該玻璃基物件中該金屬氧化物的所有單價離子中，該金屬氧化物的該單價離子具有最大離子直徑。

【0259】 實施例13：如實施例1-12中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物的該濃度從該第一表面減小到在介於該第一表面與該第二表面間之一點的一值，並從該值增加到該第二表面。

【0260】 實施例14：如實施例1-13中任一實施例所述之玻璃基物件，其中在約460℃下該玻璃基物件包含一約 $450\text{ }\mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更大的鈉或鉀離子擴散率及一大於約 $0.15 \cdot t$ 的DOC，並且其中該表面CS為該最大CT的1.5倍或更大。

【0261】 實施例15：如實施例8-14中任一實施例所述之玻璃基物件，其中表面CS的絕對值大於最大CT的絕對值。

【0262】 實施例16：如實施例8-15中任一實施例所述之玻璃基物件其中表面CS為約300 MPa或更大並且厚度為約2毫米或更小。

【0263】 實施例17：如實施例8-16中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該CT區域包含的該金屬氧化物為非零且沿著一從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍變化。

【0264】 實施例18：如實施例1-17中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該最大CT與表面CS之絕對值的比率在約0.1至約0.2的範圍中。

【0265】 實施例19：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一約小於約3毫米的厚度（ $t$ ）；以及

一沿著該厚度延伸的應力分佈，

其中在一從約 $0 \cdot t$ 至多達 $0.3 \cdot t$ 和從大於約 $0.7 \cdot t$ 至 $t$ 的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含一切線，該切線的斜率具有大於約 $0.1 \text{ MPa} / \text{微米}$ 的絕對值，

其中該應力分佈包含一最大CS、一DOC及一小於約 $71.5 / \sqrt{(t)}$ （MPa）的最大CT，其中該最大CT與最大CS之絕對值的比率在約0.01至約0.2的範圍中，並且其中該DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，及

其中當在2吋×2吋的樣品上測試時，當該玻璃基物件碎裂時，該玻璃基物件碎裂成2個或更少個碎片/吋<sup>2</sup>。

【0266】 實施例20：如實施例1-7中任一實施例或實施例19所述之玻璃基物件，包含一約200 MPa或更大的表面CS及一約 $0.4 \cdot t$ 或更大的化學品層深度。

【0267】 實施例21：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度（ $t$ ）（mm）；

一金屬氧化物之一濃度，該濃度非零且沿著一從約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍變化；以及

一中心張力（CT）區域，包含一小於約 $71.5 / \sqrt{(t)}$ 的最大CT（MPa），

其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予  $100 \text{ MPa}$  的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於  $500$  牛頓；及

(ii) 當將該物件彎曲以賦予  $100 \text{ MPa}$  的拉伸應力時，在被  $800 \text{ N}$  的撞擊力撞擊之後的保持強度為  $125 \text{ MPa}$  以上。

【0268】 實施例22：如實施例21所述之玻璃基物件，其中該玻璃基物件具有一大於約  $200 \text{ MPa}$  的表面壓縮應力。

【0269】 實施例23：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一約小於約  $3$  毫米的厚度 ( $t$ )；以及

一沿著該厚度延伸的應力分佈，

其中在一從約  $0 \cdot t$  至多達  $0.3 \cdot t$  和從大於約  $0.7 \cdot t$  至  $t$  的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含一切線，該切線的斜率具有大於約  $0.1 \text{ MPa/微米}$  的絕對值，

其中該應力分佈包含一最大  $CS$ 、一  $DOC$  及一小於約  $71.5 / \sqrt{(t)}$  ( $\text{MPa}$ ) 的最大  $CT$ ，其中該最大  $CT$  與最大  $CS$  之絕對值的比率在約  $0.01$  至約  $0.2$  的範圍中，並且其中該  $DOC$  為約  $0.1 \cdot t$  或更大，及

其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予  $100 \text{ MPa}$  的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於  $500$  牛頓；及

(ii) 當將該物件彎曲以賦予  $100\text{ MPa}$  的拉伸應力時，在被  $800\text{ N}$  的撞擊力撞擊之後的保持強度為  $125\text{ MPa}$  以上。

【0270】 實施例 24：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度 ( $t$ ) ( $\text{mm}$ )；以及

一金屬氧化物，該金屬氧化物形成一濃度梯度，

其中該金屬氧化物的該濃度從該第一表面減小到在介於該第一表面與該第二表面間之一點的一值，並從該值增加到該第二表面，

其中該金屬氧化物在該點的濃度為非零，及

其中該玻璃基物件包含約大於  $0\text{ J/m}^2$  至小於  $25\text{ J/m}^2$  的儲存拉伸能及小於約  $80\text{ GPa}$  的楊氏模量。

【0271】 實施例 25：如實施例 1-18 或 24 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中貫穿該厚度該金屬氧化物的該濃度為約  $0.05$  莫耳% 或更高。

【0272】 實施例 26：如實施例 1-18、24 或 25 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物在該第一表面的濃度比該金屬氧化物在一等於約  $0.5 \cdot t$  的深度的濃度大  $1.5$  或更多倍。

【0273】 實施例 27：如實施例 1-18、20、或 24-26 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物的總濃度在約  $1$  莫耳% 至約  $15$  莫耳% 的範圍中。

【0274】 實施例28：如實施例1-18、20、或24-27中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物包含 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、及 $\text{Cs}_2\text{O}$ 中之任一者或更多者。

【0275】 實施例29：如實施例1-18、20、或24-28中任一實施例所述之玻璃基物件，包含從該第一表面延伸到一DOC的CS層，其中該DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0276】 實施例30：如實施例19、20、或24-29中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該CT區域包含一最大CT，並且該最大CT與表面CS之絕對值的比率在約0.01至約0.2的範圍中。

【0277】 實施例31：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一約小於約3毫米的厚度（ $t$ ）；以及

一沿著該厚度延伸的應力分佈，

其中在一從約 $0 \cdot t$ 至多達 $0.3 \cdot t$ 和從大於約 $0.7 \cdot t$ 至 $t$ 的厚度範圍之間的所有點的應力分佈包含一局部梯度，該局部梯度具有大於約 $0.1 \text{ MPa} / \text{微米}$ 的絕對值，

其中該應力分佈包含一最大CS、一DOC及一最大CT，其中該最大CT與最大CS之絕對值的比率在約0.01至約0.2的範圍中，並且其中該DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，及

其中該玻璃基物件包含約大於  $0 \text{ J/m}^2$  至小於  $25 \text{ J/m}^2$  的儲存拉伸能及小於約  $80 \text{ GPa}$  的楊氏模量。

【0278】 實施例32：如實施例31所述之玻璃基物件，包含沿著整個厚度連續變化的非零金屬氧化物濃度。

【0279】 實施例33：如實施例31或實施例32所述之玻璃基物件，包含沿著約10微米的厚度區段連續變化的非零金屬氧化物濃度。

【0280】 實施例34：如實施例19、20、25、或31-33中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該最大CS包含約  $300 \text{ MPa}$  或更大。

【0281】 實施例35：如實施例8-18、或31-34中任一實施例所述之玻璃基物件，包含約  $0.4 \cdot t$  或更大的化學品層深度。

【0282】 實施例36：如實施例19、20、24-29、31-35中任一實施例所述之玻璃基物件，包含一CT區域，其中該CT區域包含金屬氧化物濃度梯度。

【0283】 實施例37：如實施例24-36中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該最大CT小於約  $71.5 / \sqrt{(t)}$  ( $\text{MPa}$ )。

【0284】 實施例38：一種玻璃基物件，包含：

一應力分佈，該應力分佈包括一CS區域和一CT區域，其中該CT區域係由方程式：應力(x) =  $\text{Max T} - (((\text{CT}_n \cdot (n+1)) / 0.5^n) \cdot |(x/t) - 0.5|^n)$  近似，



其中  $M_{axT}$  為最大張力值並且係以  $MPa$  為單位的正值，

其中  $CT_n$  為在  $n$  的張力值， $CT_n$  小於或等於  $M_{axT}$  並且是以  $MPa$  為單位的正值，

其中  $x$  為沿著厚度 ( $t$ ) 以微米計的位置，並且  $x = 0$  在該玻璃基物件的表面，以及

其中  $n$  在 1.5 至 5 的範圍中。

【0285】 實施例 39：如實施例 38 所述之玻璃基物件，其中  $n$  在 1.5 至 2 的範圍中。

【0286】 實施例 40：如實施例 38 或 39 所述之玻璃基物件，其中該  $CT$  區域包含一在約  $50 MPa$  至約  $250 MPa$  的範圍中的最大  $CT$  值，並且該最大  $CT$  值是在範圍從約  $0.4t$  至約  $0.6t$  的深度。

【0287】 實施例 41：如實施例 38-40 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中對於範圍從約  $0t$  至約  $0.1t$  的厚度來說，該應力分佈包含一斜率，該斜率之絕對值的大小在約  $20 MPa/微米$  至約  $200 MPa/微米$  的範圍中。

【0288】 實施例 42：如實施例 38-41 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該應力分佈係由從  $0.5t$  到表面測得的複數個誤差函數的組合近似。

【0289】 實施例 43：一種玻璃基物件，包含：

一應力分佈，該應力分佈包括一  $CS$  區域和一  $CT$  區域，其中該  $CT$  區域係由方程式：應力 ( $x$ ) =  $M_{axT} - (((CT_n \cdot (n+1)) / 0.5^n) \cdot |(x/t) - 0.5|^n)$  近似，

其中  $M_{axT}$  為最大張力值並且係以  $MPa$  為單位的正值，

其中  $CT_n$  為在  $n$  的張力值， $CT_n$  小於或等於  $M_{axT}$  並且是以  $MPa$  為單位的正值，

其中  $x$  為沿著厚度 ( $t$ ) 以微米計的位置，並且  $x = 0$  在該玻璃基物件的表面，

其中  $n$  在 1.5 至 5 的範圍中，以及

其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予  $100 MPa$  的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於  $500$  牛頓；及

(ii) 當將該物件彎曲以賦予  $100 MPa$  的拉伸應力時，在被  $800 N$  的撞擊力撞擊之後的保持強度為  $125 MPa$  以上。

**【0290】** 實施例 44：一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度 ( $t$ ) ( $mm$ )；以及  
一形成濃度梯度的金屬氧化物，

其中該金屬氧化物的濃度從該第一表面減小到在介於該第一表面與該第二表面間之一點的一值，並從該值增加到該第二表面，

其中該金屬氧化物在該點的濃度非零，及

其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予  $100 MPa$  的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於  $500$  牛頓；及

(ii) 常將該物件彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被 800 N 的撞擊力撞擊之後的保持強度為 125 MPa 以上。

【0291】 實施例 45：如實施例 21-23、43、或 44 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該物件表現出大於 600 牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0292】 實施例 46：如實施例 21-23、44、或 44 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該物件表現出大於 700 牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0293】 實施例 47：如實施例 21-23、43、或 44 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該物件表現出大於 800 牛頓的臨界損壞撞擊力。

【0294】 實施例 48：如實施例 21-23、43、或 44 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該物件表現出 150 MPa 或更大的保持強度。

【0295】 實施例 49：如實施例 21-23、43、或 44 中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該物件表現出 200 MPa 或更大的保持強度。

【0296】 實施例 50：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，其中  $t$  包含約 3 毫米或更小。

【0297】 實施例 51：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，該玻璃基物件為非晶形的。

【0298】 實施例 52：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，該玻璃基物件為結晶的。

【0299】 實施例53：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，進一步在範圍從約380 nm至約780 nm的波長下表現出約88%或更高的透射率。

【0300】 實施例54：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，進一步在CIE光源F02下呈現出L\*值為約88和更大、a\*值在約-3至約+3的範圍中、及b\*值在約-6至約+6的範圍中的CIELAB色彩空間坐標。

【0301】 實施例55：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，其中該玻璃基物件包含約0.65 MPa·m<sup>1/2</sup>或更大的碎裂韌性（K<sub>IC</sub>）。

【0302】 實施例56：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，包含小於80 GPa的楊氏模量。

【0303】 實施例57：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，其中t包含約1毫米或更小。

【0304】 實施例58：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，包含約100 kP或更大的液相線黏度。

【0305】 實施例59：如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件，包含以下中之任一者或更多者：

包含大於約17莫耳%的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Na<sub>2</sub>O組合量的組成物，

包含大於約4莫耳% Na<sub>2</sub>O的組成物，

基本上不含B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnO、或B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和ZnO兩者的組成物，以及

包含非零量的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的組成物。

【0306】 實施例60：一種裝置，包含：

- 殼體，具有前表面、後表面、及側表面；
- 至少部分在該殼體內的電氣元件；
- 顯示器，在或鄰近該殼體的該前表面；以及
- 一蓋基材，位於該顯示器上方，其中該蓋基材包含如前述實施例中任一實施例所述之玻璃基物件。

【符號說明】

【0307】

- 100 玻璃物件
- 101 第一表面
- 110 表面CS
- 120 最大中心張力（CT）
- 130 壓縮深度
- 200 化學強化玻璃基物件
- 201 第一表面
- 210 表面CS
- 220 最大CT
- 230 DOC
- 300 玻璃基物件
- 302 第一表面
- 304 第二表面
- 310 表面CS
- 312 應力分佈
- 315 CS層

- 3 1 7 深度或長度
- 3 2 0 最大 C T
- 3 2 5 C T 層
- 3 2 7 深度或長度
- 3 3 0 D O C
- 4 0 0 A R O R 架構
- 4 1 0 玻璃基物件
- 4 2 0 支撐環
- 4 3 0 負載環
- 4 3 0 a 表面
- 5 0 0 裝置
- 5 1 0 測試台
- 5 1 2 堅固基座
- 5 1 4 片材
- 5 1 5 樣品固持器
- 5 1 6 氣隙
- 5 1 8 玻璃基物件樣品
- 5 2 0 膠帶
- 5 3 0 球
- 6 0 0 方法
- 6 1 0 步驟
- 6 1 0 a 步驟
- 6 2 0 步驟
- 6 3 0 步驟

6 3 1 步 驟

6 3 2 步 驟

6 3 4 步 驟

6 3 6 步 驟

6 4 0 步 驟

1 0 0 0 電 子 裝 置

1 0 2 0 殼 體

1 0 4 0 前 表 面

1 0 6 0 後 表 面

1 0 8 0 側 表 面

1 1 0 0 設 備

1 1 0 2 擺 錘

1 1 0 4 秤 錘

1 1 0 5 平 衡 位 置

1 1 0 6 樞 軸

1 1 0 8 臂

1 1 1 0 基 座

1 1 1 2 脆 性 基 材

1 1 1 3 內 表 面

1 1 1 4 端 部

1 1 1 5 外 表 面

1 1 1 6 端 部

1 1 2 0 顯 示 器 / 第 一 端

1 1 2 2 第 二 端

1 1 2 4 彎 曲 表 面

1 1 2 5 頂 點

1 1 2 7 頂 點

1 1 3 0 第 一 固 定 裝 置

1 1 3 2 第 二 固 定 裝 置

1 1 4 0 撞 擊 物 體

1 1 4 2 平 台

1 1 4 4 螺 釘

1 1 4 6 止 擋 件

1 1 4 8 工 作 台

1 1 5 0 撞 擊 表 面

1 1 5 2 狹 槽

1 2 0 0 指 示 凹 口

1 2 0 2 測 試 位 置

1 2 0 4 螺 帽

1 5 0 0 點

1 5 0 4 點

1 5 0 6 點

D 1 直 徑

D 2 直 徑

$t_1$  厚 度

$t_2$  厚 度

【生物材料寄存】

【 0 3 0 8 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)



無

【 0 3 0 9 】 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



【中文發明名稱】具有金屬氧化物濃度梯度之可熔融成形的玻璃基物件

【英文發明名稱】FUSION-FORMABLE GLASS-BASED ARTICLES

INCLUDING A METAL OXIDE CONCENTRATION GRADIENT

【中文】

一種玻璃基物件，包括第一表面和第二表面及應力分佈，該第二表面與該第一表面相對並界定約3毫米或更小（例如約1毫米或更小）的厚度（ $t$ ），其中在從約 $0 \cdot t$ 至多達 $0.3 \cdot t$ 和從大於約 $0.7 \cdot t$ 至 $t$ 的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含斜率的絕對值大於約 $0.1 \text{ MPa} / \text{微米}$ 的切線。在一些實施例中，該玻璃基物件包括非零的金屬氧化物濃度及小於約 $71.5 / \sqrt{(t)}$ （ $\text{MPa}$ ）的最大中心張力，該濃度沿著該厚度的至少一部份（例如 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ ）變化。在一些實施例中，金屬氧化物或鹼金屬氧化物的濃度從該第一表面減小到介於該第一表面與該第二表面之間的點，並從該點增加到該第二表面。貫穿該厚度，該金屬氧化物的濃度可以是約0.05莫耳%或更大或約0.5莫耳%或更大。還揭示了用於形成這種玻璃基物件的方法。

【英文】

A glass-based article including a first surface and a second surface opposing the first surface defining a thickness ( $t$ ) of about 3 millimeters or less (e.g., about 1 millimeter or less), and a stress profile, wherein all points of the stress profile between a thickness range from about  $0 \cdot t$  up to  $0.3 \cdot t$  and from greater than about  $0.7 \cdot t$  to  $t$ , comprise a tangent with a slope having an absolute value greater than about  $0.1 \text{ MPa/micrometer}$ .

In some embodiments, the glass-based article includes a non-zero metal oxide concentration that varies along at least a portion of the thickness (e.g.,  $0 \cdot t$  to about  $0.3 \cdot t$ ) and a maximum central tension of less than about  $71.5/\sqrt{t}$  (MPa). In some embodiments, the concentration of metal oxide or alkali metal oxide decreases from the first surface to a point between the first surface and the second surface and increases from the point to the second surface. The concentration of the metal oxide may be about 0.05 mol% or greater or about 0.5 mol% or greater throughout the thickness. Methods for forming such glass-based articles are also disclosed.

【指定代表圖】第 ( 3 ) 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

3 0 0 玻璃基物件

3 0 2 第一表面

3 0 4 第二表面

3 1 0 表面 C S

3 1 2 應力分佈

3 1 5 C S 層

3 1 7 深度或長度

3 2 0 最大 C T

3 2 5 C T 層

3 2 7 深度或長度

3 3 0 D O C

$t_1$  厚度

【特徵化學式】

無

PI-25149

第 2 頁(發明摘要)

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種玻璃基物件，包含：

一第一表面和一與該第一表面相對的第二表面，該第一表面和該第二表面界定一厚度（ $t$ ）（mm）；

一金屬氧化物之一濃度，該濃度非零且沿著一從約  $0 \cdot t$  至約  $0.3 \cdot t$  的厚度範圍變化；

一約 200 MPa 或更大的表面壓縮應力；以及

一中心張力（CT）區域，包含一小於約  $71.5 / \sqrt{t}$  的最大 CT（MPa）。

【第2項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物之該濃度非零且沿著整個厚度變化。

【第3項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，包含：

一第一金屬氧化物濃度和一第二金屬氧化物濃度，其中當厚度在從約  $0 \cdot t$  至約  $0.5 \cdot t$  的一第一範圍間改變時，該第一金屬氧化物濃度在從約 15 莫耳%至約 0 莫耳%的範圍中變化，以及

其中當厚度在距該第一表面和該第二表面中之至少一者從約 0 微米至約 25 微米的一第二範圍間改變時，該第二金屬氧化物濃度在從約 0 莫耳%至約 10 莫耳%的範圍中變化。

【第4項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中該 CT 區域進一步包括非零且沿著一從約  $0 \cdot t$  至約  $0.3 \cdot t$  的

厚度範圍變化的該金屬氧化物。

【第5項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物的一單價離子沿著該厚度範圍產生應力，並且其中在該玻璃基物件中該金屬氧化物的所有單價離子中，該金屬氧化物的該單價離子具有最大離子直徑。

【第6項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中該金屬氧化物的該濃度從該第一表面減小到在介於該第一表面與該第二表面間之一點的一值，並且從該值增加到該第二表面。

【第7項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中在約  $460^{\circ}\text{C}$  下該玻璃基物件包含一約  $450\text{ }\mu\text{m}^2/\text{小時}$  或更大的鈉或鉀離子擴散率及一大於約  $0.15 \cdot t$  的  $\text{DOC}$ ，並且其中該表面  $\text{CS}$  為該最大  $\text{CT}$  的  $1.5$  倍或更大。

【第8項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，其中該最大  $\text{CT}$  與表面  $\text{CS}$  之絕對值的比率在約  $0.1$  至約  $0.2$  的範圍中。

【第9項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，包含：

該厚度 ( $t$ ) 係約  $3$  毫米或更小；以及

一沿著該厚度延伸的應力分佈，

其中在一從約  $0 \cdot t$  至多達  $0.3 \cdot t$  和從大於約  $0.7 \cdot t$  至  $t$  的厚度範圍之間該應力分佈的所有點皆包含一切線，該切線的斜率具有大於約  $0.1\text{ MPa}/\text{微米}$  的絕對

值，及

其中該應力分佈包含一最大 CS、一 DOC 與該 CT 區域，其中該最大 CT 與最大 CS 之絕對值的比率在約 0.01 至約 0.2 的範圍中，並且其中該 DOC 為約  $0.1 \cdot t$  或更大。

【第10項】 如請求項 9 所述之玻璃基物件，其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於 500 牛頓；及

(ii) 當將該物件彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被 800 N 的撞擊力撞擊之後的保持強度為 125 MPa 以上。

【第11項】 如請求項 4 所述之玻璃基物件，其中該物件表現出以下中之至少一者：

(i) 當將該物件彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，臨界損壞撞擊力大於 500 牛頓；及

(ii) 當將該物件彎曲以賦予 100 MPa 的拉伸應力時，在被 800 N 的撞擊力撞擊之後的保持強度為 125 MPa 以上。

【第12項】 如請求項 1 所述之玻璃基物件，進一步在範圍從約 380 nm 至約 780 nm 的波長下表現出約 88 % 或更高的透射率。

【第13項】 如請求項1所述之玻璃基物件，進一步在 CIE 光源 F02 下呈現出  $L^*$  值為約 88 和更大、 $a^*$  值在約 -3 至約 +3 的範圍中、及  $b^*$  值在約 -6 至約 +6 的範圍中的 CIE LAB 色彩空間坐標。

【第14項】 如請求項1所述之玻璃基物件，其中該玻璃基物件包含約  $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  或更大的碎裂韌性 ( $K_{1c}$ )。

【第15項】 如請求項1所述之玻璃基物件，包含小於 80 GPa 的楊氏模量。

【第16項】 如請求項1所述之玻璃基物件，其中  $t$  包含約 1 毫米或更小。

【第17項】 如請求項1所述之玻璃基物件，包含約 100 kP 或更大的液相線黏度。

【第18項】 如請求項1所述之玻璃基物件，包含以下中之任一者或更多者：

包含大於約 17 莫耳%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  組合量的組成物，

包含大於約 4 莫耳%  $\text{Na}_2\text{O}$  的組成物，

基本上不含  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、或  $\text{B}_2\text{O}_3$  和  $\text{ZnO}$  兩者的組成物，以及

包含非零量的  $\text{P}_2\text{O}_5$  的組成物。

【第19項】 如請求項1所述之玻璃基物件，其中當在



尺寸為 2 吋×2 吋平方的樣品上測試時，當該玻璃基物件碎裂時，該玻璃基物件碎裂成 2 個或更少個碎片/吋<sup>2</sup>。

【第 20 項】 一種裝置，包含：

一殼體，具有前表面、後表面、及側表面；

至少部分在該殼體內的電氣元件；

一顯示器，在或鄰近該殼體的該前表面；以及

一蓋基材，位於該顯示器上方，其中該蓋基材包含如請求項 1 所述之玻璃基物件。