



(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 I675015 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：106111688 (22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 07 日

(51)Int. Cl. : C03C10/12 (2006.01) C03C3/093 (2006.01)
C03C21/00 (2006.01) H05K5/03 (2006.01)

(30)優先權：2016/04/08 美國 62/320,077
2016/07/25 美國 62/366,338

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

(72)發明人：德奈卡 馬修約翰 DEJNEKA, MATTHEW JOHN (US)；高曼茲 希紐 GOMEZ, SINUE (US)；胡廣立 HU, GUANGLI (CN)；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：
TW 201402490A US 5322819A
US 2008/0026927A1

審查人員：楊鈞皓

申請專利範圍項數：30 項 圖式數：40 共 158 頁

(54)名稱

包含金屬氧化物濃度梯度之玻璃基底物件

(57)摘要

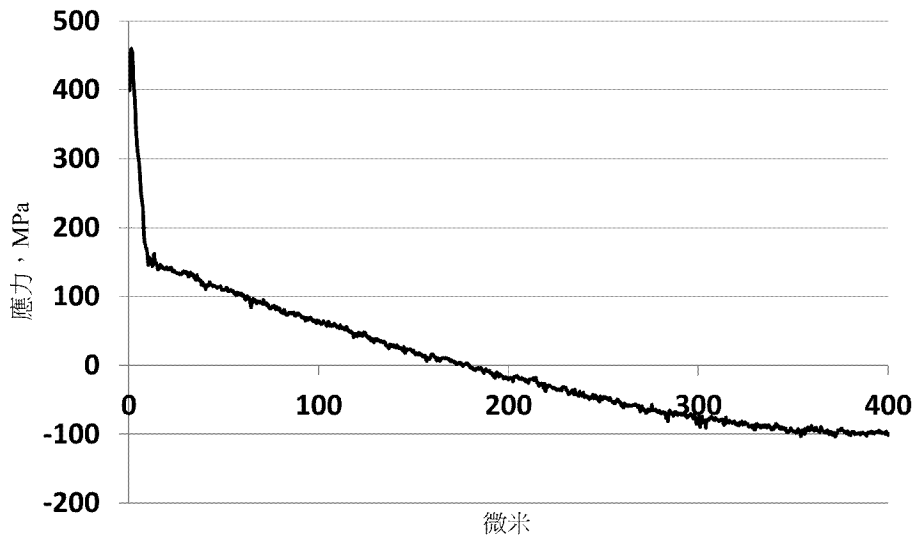
本案揭示一種玻璃基底物件之實施例，玻璃基底物件包含：第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約 3 毫米或更小(例如，約 1 毫米或更小)之厚度(t)；及應力分佈，其中應力分佈中介於約 $0 \cdot t$ 至多 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍與大於約 $0.7 \cdot t$ 至多 t 之厚度範圍之間的所有點包括具有絕對值大於約 0.1MPa/微米之斜率的切線。在一些實施例中，玻璃基底物件包含非零金屬氧化物濃度，其沿厚度之至少一部分(例如， $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$)變化，及在約 80MPa 至約 100MPa 範圍內之最大中心張力。在一些實施例中，金屬氧化物或鹼金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加。金屬氧化物之濃度可遍及厚度為約 0.05mol%或更大或約 0.5mol%或更大。本案亦揭示用於形成此種玻璃基底物件之方法。

Embodiments of 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 $0.7 \cdot t$ up to t , comprise a tangent with a slope having an absolute value greater than about 0.1 MPa/micrometer, are disclosed. 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 in the range from about 80 MPa to about 100 MPa. In some embodiments, the concentration of metal oxide or alkali metal oxide decreases from the first surface to a value at a point

between the first surface and the second surface and increases from the value 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33圖



【發明說明書】

【中文發明名稱】包含金屬氧化物濃度梯度之玻璃基底物件

【英文發明名稱】GLASS-BASED ARTICLES INCLUDING A METAL OXIDE CONCENTRATION GRADIENT

【技術領域】

【0001】 本申請案根據專利法主張2016年7月25日申請之美國臨時申請案序列號第62/366338號及2016年4月8日申請之美國臨時申請案序列號第62/320077號之優先權權益，該等申請案中每一者之內容為本文之基礎且以全文引用方式併入本文中。

【0002】 本揭示內容係關於展現改良抗破壞性(包含改良抗斷裂性)之玻璃基底物件，且更特地而言係關於展現沿厚度之一實質部分變化的非零金屬氧化物濃度梯度或濃度的玻璃及玻璃陶瓷物件。

【先前技術】

【0003】 玻璃基底物件常常經歷可在此種物件之表面中引入大的瑕疵的嚴重衝擊。此種瑕疵可延伸至離表面至多約200微米(微米或 μm)之深度。傳統上，熱回火玻璃已用於防止由此種瑕疵於玻璃中之引入而引起的斷裂，因為熱回火玻璃常常展現大的壓縮應力(*compressive stress*; *CS*)層(例如，玻璃總厚度之大致21%)，其可防止瑕疵進一步擴張至玻璃中，且因此可防止斷裂。由熱回火產生的應力分佈之實例展示於第1圖中。在第1圖中，熱處理玻璃物件100包括第一表面101、厚度 t_1 及表

面CS 110。熱處理玻璃物件100展現自第一表面101至如本文所定義的壓縮深度(depth of compression; DOC) 130減小之CS，在該深度處，應力自壓縮應力變化成拉伸應力且到達最大中心張力(central tension; CT) 120。

【0004】 熱回火當前限於厚玻璃基底物件（亦即，具有約3毫米或更大之厚度 t_1 的玻璃基底物件），因為，為達成熱強化及所欲殘餘應力，必須在此等物件之芯部與表面之間形成足夠的熱梯度。此等厚物件在許多應用中為不合需要的或不實用的，該等應用諸如顯示器（例如，消費者電子設備，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統及類似設備），建築（例如，窗戶、擋雨板、檯面等），運輸（例如，汽車、火車、飛機、船舶等），電器，或需要優異抗斷裂性但薄且輕的物件之任何應用。

【0005】 儘管化學強化不以與熱回火相同的方式受玻璃基底物件之厚度的限制，但已知的經化學強化之玻璃基底物件不展現熱回火玻璃基底物件之應力分佈。由化學強化（例如，由離子交換製程）產生的應力分佈之實例展示於第2圖中。在第2圖中，經化學強化之玻璃基底物件200包括第一表面201、厚度 t_2 及表面CS 210。玻璃基底物件200展現自第一表面201至如本文所定義的DOC 230減小之CS，在該深度處，應力自壓縮應力變化成拉伸應力且達到最大CT 220。如第2圖所示，此種分佈展現實質上平坦的CT區域或沿CT區域之至少一部分具有恆定

或近恆定拉伸應力之CT區域。常常，相較於第1圖所示的最大中心值而言，已知的經化學強化之玻璃基底物件展現更低的最大CT值。

【0006】 因此，對展現改良抗斷裂性之薄玻璃基底物件存在需要。

【發明內容】

【0007】 本揭示內容之第一態樣係關於一種玻璃基底物件，其包含第一表面及相對第一表面之第二表面，該等表面界定厚度(t)；金屬氧化物之濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍變化；以及中心張力(central tension; CT)區域，其包括大於或等於 $71.5 / \sqrt{t}$ 之最大CT，其中，當玻璃基底物件斷裂時，玻璃基底物件斷裂成至少2個碎片/吋²（每平方吋之碎片數），其中所使用的樣本大小為5.08 cm乘5.08 cm（2吋乘2吋）平方，如藉由「易碎性試驗」所量測，該「易碎性試驗」如Z. Tang等人Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass. Experimental Mechanics (2014) 54:903-912所述。將碎片之數量除以所測試樣本之面積（以平方吋計）。如本文所使用，金屬氧化物濃度中之變化可在本文中稱為金屬氧化物濃度梯度。在一或多個實施例中，金屬氧化物之濃度為非零的且沿全部厚度變化。在一或多個實施例中，CT區域可包含為非零且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍變化的金屬氧

之深度處。在一或多個實施例中，自在約 $0.1t$ 至約 $0.5t$ 範圍內之厚度，應力分佈包括在約 $20 \text{ MPa}/\text{微米}$ 至約 $200 \text{ MPa}/\text{微米}$ 範圍內之斜率。在一或多個實施例中，應力分佈係藉由如自 $0.5t$ 至表面量測的複數個誤差函數來近似。

【0013】 根據本文描述的玻璃基底物件之一或多個實施例，金屬氧化物之單價離子沿厚度範圍(亦即，約 $0.1t$ 至約 $0.3t$ 、約 $0.1t$ 至約 $0.4t$ 或約 $0.1t$ 至約 $0.45t$) 產生應力。一或多個實施例之金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的值減小，且自該值至第二表面增加。

【0014】 在一或多個實施例中，金屬氧化物之濃度遍及厚度為約 $0.05 \text{ mol}\%$ 或更大。例如，在一或多個實施例中，金屬氧化物於第一表面處之濃度比金屬氧化物於等於約 $0.5t$ 之深度處的濃度大約 1.5 倍(或更多)。在示範性實施例中，玻璃基底物件包括在約 $1 \text{ mol}\%$ 至約 $15 \text{ mol}\%$ 範圍內的金屬氧化物之總濃度。在一或多個實施例中，金屬氧化物之實例包含 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 之任何一或多者。在一或多個實施例中，金屬氧化物之單價離子可具有在玻璃基底基板或物件中所有總體金屬氧化物之最大離子直徑。

【0015】 在一或多個實施例中，CT區域包括為非零且沿約 $0.1t$ 至約 $0.3t$ 之厚度範圍變化的金屬氧化物。在本文描述的玻璃基底物件之一或多個實施例中，最大CT大

於或等於 $71.5/\sqrt{t}$ (MPa)，其中「71.5」以 MPa·(mm)^{0.5} 為單位，且「t」係以毫米(mm)計。

【0016】 一些實施例之玻璃基底物件包括第一金屬氧化物濃度及第二金屬氧化物濃度。在一些實施例中，第一金屬氧化物濃度在約 $0 \cdot t$ 至約 $0.5 \cdot t$ 之第一厚度範圍內在約 0 mol% 至約 15 mol% 範圍內。在一些實施例中，第二金屬氧化物濃度在約 0 微米至約 25 微米之第二厚度範圍內在約 0 mol% 至約 10 mol% 範圍內。玻璃基底物件可包括可選的第三金屬氧化物。

【0017】 在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件可展現大於最大 CT 之表面壓縮應力 (compressive stress; CS)。本文描述的玻璃基底物件之一或多個實施例可包括約 300 MPa 或更大之表面 CS。在一些情況下，當玻璃基底物件具有約 2 mm 或更小之厚度時展現此表面 CS。在一或多個實施例中，玻璃基底物件展現約 200 MPa 或更大之表面 CS 及約 $0.4 \cdot t$ 或更大之化學層深度之組合。在一或多個實施例中，玻璃基底物件包括自第一表面延伸至 DOC 之 CS，其中 DOC 為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。在一些情況下，最大 CT 與表面 CS 之絕對值之比率在約 0.1 至約 0.8 範圍內。

【0018】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件具有非晶形結構。在一些實施例中，玻璃基底物件可包括晶體結構。

【0019】 在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件可展現在約 380 nm 至約 780 nm 範圍內之波長上約

88%或更大之透射率。在一些情況下，本文描述的玻璃基底物件可在CIE施照體F02下展現以下CIELAB色空間坐標：約88及更大之 L^* 值、在約-3至約+3範圍內的 a^* 值，以及在約-6至約+6範圍內之 b^* 值。

【0020】 在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件可包含約70 GPa或更大之楊氏模數。在一些實施例中，本文描述的玻璃基底物件包含小於約100千泊(kPa)之液相黏度。在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件展現約 $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大的斷裂韌性(K_{1c})。在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件包含以下任何一或多者：包括約15 mol%或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物、包括約4 mol%或更大 Na_2O 之組成物、包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物以及實質上不含 P_2O_5 之組成物。在一或多個實施例中，玻璃基底物件包括在約 460°C 下約 $450 \mu\text{m}^2/\text{小時}$ (平方微米每小時)之單價離子(例如，鈉離子或鉀離子)擴散率。在一些實施例中，此單價離子擴散率係與大於約 $0.15 \cdot t$ 之DOC及為最大CT 1.5倍或更大之表面CS組合展現。

【0021】 在一或多個實施例中，本文描述的玻璃基底物件展現某些斷裂行為。例如，在一或多個實施例中，當玻璃基底物件因單一事件(亦即，單一衝擊，諸如實施時掉落或衝擊一次)斷裂時，玻璃基底物件斷裂成至少2個碎片/吋²(每平方吋之碎片數)，其中所使用的樣本大小為 5.08 cm 乘 5.08 cm (2吋乘2吋)平方，如藉由「易碎

性試驗」所量測，該「易碎性試驗」如 Z. Tang 等人 Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass. *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912 所述。將碎片之數量除以所測試樣本之面積(以平方吋計)。在一些實施例中，當玻璃基底物件斷裂時，玻璃基底物件斷裂成至少 1 個碎片/吋² 至多 40 個碎片/吋² (每平方吋之碎片數)，其中所使用的樣本大小為 5.08 cm 乘 5.08 cm (2 吋乘 2 吋) 平方。

【0022】本揭示內容之第七態樣係關於玻璃基板在強化玻璃基底物件中之用途。在一或多個實施例中，玻璃基板包括(以 mol% 計)：呈在約 68 至約 75 範圍內之量的 SiO₂；呈在約 12 至約 15 範圍內之量的 Al₂O₃；呈在約 0.5 至約 5 範圍內之量的 B₂O₃；呈在約 2 至約 10 範圍內之量的 Li₂O；呈在約 0 至約 6 範圍內之量的 Na₂O；呈在約 1 至約 4 範圍內之量的 MgO；呈在約 0 至約 3 範圍內之量的 ZnO；及呈在約 0 至約 5 範圍內之量的 CaO，其中玻璃基板為離子可交換的且為非晶形的。在一個或實施例中，玻璃基板展現以下任何一或多者：在約 0.45 至約 1 範圍內的 Li₂O 與 R₂O 之比率；在約 -5 至約 0 範圍內的 R₂O 之總量與 Al₂O₃ 之量之間的差異；在約 0 至約 3 範圍內的 R_xO 之總量(以 mol% 計)與 Al₂O₃ 之量之間的差異；及在約 0 至約 1 範圍內的 MgO 之量(以 mol% 計)與 RO 之總量(以 mol% 計)的比率，且其中玻璃基板實質上不含成核劑。

【0023】 本揭示內容之第八態樣係關於一種包括一組成物之玻璃基板，該組成物包含以 mol% 計：呈在約 68 至約 75 範圍內之量的 SiO_2 ；呈在約 12 至約 15 範圍內之量的 Al_2O_3 ；呈在約 0.5 至約 5 範圍內之量的 B_2O_3 ；呈在約 2 至約 10 範圍內之量的 Li_2O ；呈在約 0 至約 6 範圍內之量的 Na_2O ；呈在約 1 至約 4 範圍內之量的 MgO ；呈在約 0 至約 3 範圍內之量的 ZnO ；及呈在約 0 至約 5 範圍內之量的 CaO ，其中玻璃基板為離子可交換的且為非晶形的。在一或多個實施例中，玻璃基板展現以下任何一或多者：在約 0.45 至約 1 範圍內的 Li_2O 與 R_2O 之比率；在約 -5 至約 0 範圍內的 R_2O 之總量與 Al_2O_3 之量之間的差異；在約 0 至約 3 範圍內的 R_xO 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量之間的差異；及在約 0 至約 1 範圍內的 MgO 之量 (以 mol% 計) 與 RO 之總量 (以 mol% 計) 的比率。在一或多個實施例中，玻璃基板實質上不含成核劑。

【0024】 本揭示內容之第九態樣係關於一種玻璃基板，其包含以 mol% 計：呈在約 68 至約 75 範圍內之量的 SiO_2 ；呈在約 12 至約 15 範圍內之量的 Al_2O_3 ；呈在約 0.5 至約 5 範圍內之量的 B_2O_3 ；呈在約 2 至約 10 範圍內之量的 Li_2O ；呈在約 0 至約 6 範圍內之量的 Na_2O ；呈在約 1 至約 4 範圍內之量的 MgO ；呈在約 0 至約 3 範圍內之量的 ZnO ；及呈在約 0 至約 5 範圍內之量的 CaO ，其中玻璃基板為非晶形的且為強化的。在一或多個實施例中， Na_2O 濃度在玻璃基板中有所變化。在一或多個實施例中，玻璃

基板實質上不含成核劑。根據一或多個實施例，強化玻璃基板展現以下組成關係中之任何一或多者：在約0.45至約1範圍內的 Li_2O 與 R_2O 之比率；在約-5至約0範圍內的 R_2O 之總量與 Al_2O_3 之量之間的差異；在約0至約3範圍內的 R_xO 之總量(以mol%計)與 Al_2O_3 之量之間的差異；及在約0至約1範圍內的 MgO 之量(以mol%計)與 RO 之總量(以mol%計)的比率。

【0025】 本揭示內容之第十態樣係關於一種裝置，其包括：外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；及蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括根據本文描述的實施例之玻璃基底物件。

【0026】 另外特徵及優點將在以下的詳細描述中闡述，且在部分程度上，熟習此項技術者將根據該描述而容易明白該等特徵及優點，或藉由實踐如本文(包括隨後的實施方式、發明申請專利範圍以及隨附圖式)所述的實施例來認識該等特徵及優點。

【0027】 應理解，前述的一般描述及以下詳細描述僅僅為示範性的，且意欲提供用於理解發明申請專利範圍之性質及特性的概述及框架。隨附圖式係納入來提供進一步理解，且併入本說明書中並構成本說明書之一部分。圖式例示一或多個實施例，且連同說明書一起用以解釋各種實施例之原理及操作。

【圖式簡單說明】

【0028】 第1圖為跨於已知、熱回火玻璃物件之厚度的橫截面圖；

【0029】 第2圖為跨於已知、化學強化玻璃物件之厚度的橫截面圖；

【0030】 第3圖為跨於根據本揭示內容之一或多個實施例的經化學強化之玻璃基底物件之厚度的橫截面圖；

【0031】 第4圖為例示根據本揭示內容之一或多個實施例的各種應力分佈之圖表

【0032】 第5圖為環對環設備之示意性橫截面視圖；

【0033】 第6圖為用於執行本揭示內容中所述的砂紙上倒置球(inverted ball on sandpaper; IBoS)試驗的設備之實施例之示意性橫截面視圖；

【0034】 第7圖為歸因於破壞引入加彎曲的主要斷裂機制之示意性橫截面表示，該彎曲典型地在用於行動電子裝置或手持式電子裝置的玻璃基底物件中發生；

【0035】 第8圖為用於在本文描述的設備中進行IBoS試驗之方法的流程圖；

【0036】 第9圖為展示在已知的經化學強化之玻璃基底物件及根據本揭示內容之一或多個實施例的玻璃基底物件中 Na_2O 之濃度的圖表；

【0037】 第10圖為根據本揭示內容之一或多個實施例的CT值及DOC值隨離子交換時間變化之圖表；

【0038】 第11圖為比較已知的經化學強化之玻璃基底物件及根據本揭示內容之一或多個實施例的玻璃基底物件之應力分佈隨深度變化的圖表

【0039】 第12圖展示已知的經化學強化之玻璃及玻璃陶瓷之應力分佈的圖表；

【0040】 第13圖展示根據本揭示內容之一或多個實施例的玻璃及玻璃陶瓷之應力分佈之圖表；

【0041】 第13A圖展示在實例3D之掉落測試中的斷裂高度之圖表；

【0042】 第14圖為比較經化學強化之玻璃基底物件之已知應力分佈及根據本揭示內容之一或多個實施例的玻璃基底物件的圖表；

【0043】 第15圖為展示實例4A-4D之應力分佈隨厚度變化的圖表；

【0044】 第16圖為展示實例4B-4D之離散儲存拉伸能量資料點的圖表；

【0045】 第17圖為展示實例4A-4D中 K_2O 及 Na_2O 之濃度隨深度變化的圖表；

【0046】 第18圖為展示與第16圖相同資料的圖表，但利用不同標度來更清楚地例示 Na_2O 之濃度隨深度的變化；

【0047】 第19圖為展示實例4A及4C-4F之應力分佈隨深度變化的圖表；

【0048】 第20圖為展示第18圖之不同標度的圖表；

【0049】 第21圖為展示實例5A-5G之應力分佈隨深度變化的圖表；

【0050】 第22圖為展示實例5A-5G之DOC值隨第二及/或第三離子交換步驟之持續時間變化的圖表；

【0051】 第23圖為展示實例5A-5G之CT值隨第二及/或第三離子交換步驟之持續時間變化的圖表；

【0052】 第24圖為展示實例6A-6G的CT隨離子交換時間變化之圖表；

【0053】 第25圖為展示實例6A-6G的中心張力值及儲存拉伸能量二者之改變隨離子交換時間變化的圖表；

【0054】 第26圖為展示比較實例7A及實例7B之應力分佈隨深度變化的圖表；

【0055】 第27圖為比較實例7A及實例7B之儲存拉伸能量隨CT變化的圖表；及

【0056】 第28圖為展示比較實例7C及實例7D之儲存拉伸能量隨CT變化的圖表。

【0057】 第29圖為展示實例2及8以及比較實例8A及8B之掉落高度斷裂的圖表；

【0058】 第30圖為展示實例2及8以及比較實例8B及8C之研磨環對環結果的圖表；及

【0059】 第31圖為展示實例2及8B之4點彎曲結果的韋伯分佈曲線圖

【0060】 第32圖為展示實例9A-9E之最大CT值隨離子交換時間變化的圖表；

【0061】 第33圖為展示實例9D之所量測應力隨深度變化的圖表，該深度自實例9D之玻璃基底物件之表面延伸至玻璃基底物件中；

【0062】 第34圖為展示在於不同負載或壓力下研磨之後根據實例10A之玻璃基底物件的斷裂負載值的圖表；

【0063】 第35圖為展示根據實例10A的玻璃基底物件在掉落於180粒砂紙上且隨後掉落於30粒砂紙上之後試驗失敗所處之高度的圖表；

【0064】 第36圖為展示根據實例10A及比較實例10B的玻璃基底物件在掉落於30粒砂紙上之後試驗失敗所處之高度的圖表；

【0065】 第37圖為比較在於25 psi之負載或壓力下研磨之後根據實例10A及比較實例10B的玻璃基底物件之平均斷裂負載的圖表；

【0066】 第38圖為比較在於45 psi之負載或壓力下研磨之後根據實例10A及比較實例10B的玻璃基底物件之平均斷裂負載的圖表；

【0067】 第39圖為併入有本文描述的玻璃基底物件之一或多個實施例的電子裝置之前平面視圖。

【0068】 第40圖為展示根據一些實施例的樣本之IBoS試驗結果的圖表。

【實施方式】

【0069】 現將詳細參考各種實施例，該等實施例之實例例示於隨附實例及圖式中。

【0070】 在以下描述中，相同元件符號在圖式中展示的若干視圖中始終指定相同或相應部件。亦應瞭解，除非另外規定，否則諸如「頂部」、「底部」、「向外」、「向內」及其類似語之術語為方便用詞且不應解釋為限制術語。另外，每當一群組係描述為包含一組要素中之至少一者及其組合時，應理解的是，該群組可包含任何數目的彼等所列舉要素，基本上由彼等要素組成或由彼等要素組成，彼等要素係單獨的或彼此組合的。類似地，每當一群組係描述為由一組要素中之至少一者或其組合組成時，應理解的是，該群組可由任何數目的彼等所列舉要素組成，彼等要素係單獨的或彼此組合的。除非另外規定，否則在列舉時，值之範圍包含該範圍之上限及下限，以及上限與下限之間的任何範圍。除非另外規定，否則如本文所使用，不定冠詞「一(a/an)」及相應定冠詞「該」意謂「至少一個」或「一或多個」。亦應理解，在本說明書中及在圖式中揭示的各種特徵可以任何及所有組合來使用。

【0071】 如本文所使用，術語「玻璃基底物件」及「玻璃基底基板」係以其最廣意義用於包含完全或部分由玻璃製得之任何物體。玻璃基底物件包含玻璃及非玻璃材料之積層體、玻璃及結晶材料之積層體及玻璃陶瓷(包括非晶相及結晶相)。除非另外規定，否則所有組成係以莫耳百分比(mol%)表示。

【0072】 應注意，術語「實質上」及「約」可在本文中用於表示可歸因於任何定量比較、值、量測值或其他表示

法之固有不確定度。此等術語亦在本文中用於表示定量表示法可自所陳述參照值變化而不導致所論述標的之基本功能發生變化的程度。

【0073】 如本文所使用，術語「約」意指量、大小、調配物、參數及其他量及特徵並非且無需為確切的，但可為近似值及/或較大或較小的、視需要而定、反映公差、轉換因數、捨入、量測誤差及類似者以及熟習此項技術者所知的其他因素。當術語「約」用於描述值或範圍之端點時，本揭示內容應理解為包括所提及具體值或端點。無論本說明書中的數值或範圍之端點是否敘述為「約」，數值或範圍之端點意欲包含兩個實施例：由「約」修飾的實施例及不由「約」修飾的實施例。應進一步理解，範圍中每一者之端點相對於另一端點而言及獨立於另一端點而言均有意義。

【0074】 除非另外規定，否則所有溫度係以攝氏度(°C)表示。如本文所使用，術語「軟化點」係指玻璃之黏度為大致 $10^{7.6}$ 泊(P)時的溫度，術語「退火點」係指玻璃之黏度為大致 $10^{13.2}$ 泊時的溫度，術語「200泊溫度(T^{200P})」係指玻璃之黏度為大致200泊時的溫度，術語「 10^{11} 泊溫度」係指玻璃之黏度為大致 10^{11} 泊時的溫度，術語「35 kP溫度(T^{35kP})」係指玻璃之黏度為大致35千泊(kP)時的溫度，且術語「160 kP溫度(T^{160kP})」係指玻璃之黏度為大致160 kP時的溫度。

【0075】 總體上參照圖式並且尤其參照第1圖至第3圖，應理解，圖解係出於描述特定實施例之目的且並非意欲限制本揭示內容或其所附之發明申請專利範圍。圖式未必按比例繪製，且為明晰及簡明起見，圖式之某些特徵及某些視圖可在尺度上誇大展示或以示意方式展示。

【0076】 如本文所使用，DOC係指玻璃基底物件內之應力自壓縮應力變化至拉伸應力所在之深度。在DOC處，應力自正(壓縮)應力跨至負(拉伸)應力(例如，第1圖中之130)，且因此展現具有零應力值。

【0077】 如本文所使用，術語「化學深度」、「化學層深度(chemical depth of layer)」及「化學層深度(depth of chemical layer)」可互換地使用且係指金屬氧化物或鹼金屬氧化物之離子(例如，金屬離子或鹼金屬離子)擴散至玻璃基底物件中所處的深度及離子之濃度達到最小值所處的深度，如藉由電子探針微量分析(Electron Probe Micro-Analysis; EPMA)或輝光放電-光學發射光譜學(Glow Discharge-Optical Emission Spectroscopy; GD-OES))所測定。詳言之，為進行評估，可使用EPMA及表面應力計(在下文更詳細地描述)測定 Na_2O 擴散深度或 Na^+ 離子濃度。

【0078】 根據常用於此項技術中之慣例，壓縮係表示為負(<0)應力，且拉伸係表示為正(>0)應力，除非另外特別說明。然而，在本說明書全文中，當以壓縮應力CS表

述時，此係不考慮正值或負值而給出 - 亦即，如本文所述， $CS = |CS|$ 。

【0079】 本文描述的為薄的、經化學強化之玻璃基底物件，其包含玻璃及玻璃陶瓷，該等玻璃諸如包含含鹼金屬玻璃之矽酸鹽玻璃，該等玻璃陶瓷可用作用於行動電子裝置及觸控啟用式顯示器之蓋玻璃。玻璃基底物件亦可用於顯示器(或用作顯示物件)(例如，告示牌、銷售點系統、電腦、導航系統及類似物)，建築物件(牆壁、夾具、面板、窗戶等)，運輸物件(例如，用於汽車應用、火車、飛機、船舶等中)，電器(例如，洗滌機、乾燥機、洗碟機、冰箱及類似物)，或需要一些抗斷裂性之任何物件。

【0080】 詳言之，本文描述的玻璃基底物件為薄的且展現應力分佈，該等應力分佈典型地僅可經由回火厚玻璃物件(例如，具有約 2 mm 或 3 mm 或更大之厚度)達成。玻璃基底物件展現沿其厚度的獨特應力分佈。在一些狀況下，本文描述的玻璃基底物件展現比回火玻璃物件更大的表面 CS 。在一或多個實施例中，玻璃基底物件具有壓縮應力層，該壓縮應力層延伸至玻璃基底物件中之較深處(其中， CS 比已知的經化學強化之玻璃基底物件更為漸進地減小及增加)，以使得玻璃基底物件展現實質上改良的抗斷裂性，甚至當玻璃基底物件或包含其之裝置掉落於硬表面(例如，花崗岩)或硬且粗糙表面(例如，瀝青)上時如此。一或多個實施例之玻璃基底物件展現比一些已知的經化學強化之玻璃基板更大的最大 CT 值。

【0081】CS及鉀離子穿透深度(「鉀DOL」)係使用在此項技術中已知的彼等手段來量測。鉀DOL區別於DOC，因為其表示由離子交換製程產生的鉀穿透深度。對本文描述的物件而言，鉀DOL典型地小於DOC。CS及鉀DOL係由表面應力計(surface stress meter; FSM)使用可商購儀器來量測，該等可商購儀器諸如由Orihara Industrial Co., Ltd. (日本)製造的FSM-6000。表面應力量測依賴於應力光學係數(stress optical coefficient; SOC)之準確量測，該應力光學係數與玻璃之雙折射率有關。SOC又根據標題為「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」之ASTM標準C770-98 (2013)中所述的程序C之修改版來量測，該標準之內容係以全文引用方式併入本文中。修改包含使用玻璃盤，試樣具有5至10 mm之厚度及12.7 mm之直徑，其中圓盤為等向性及均質的且芯部經鑽孔，其中兩面經拋光且平行。修改亦包含計算所施加的最大力Fmax。力應足以產生至少20 MPa或更大的壓縮應力。Fmax如下計算：

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

其中：

Fmax = 以牛頓計的力

D = 圓盤之直徑

h = 光徑之厚度

對所施加的每一力，應力如下計算：

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

其中：

F = 以牛頓計的力

D = 圓盤之直徑

h = 光徑之厚度。

【0082】 DOC及最大CT值係使用此項技術中所知的散射光偏光鏡 (scattered light polariscope; SCALP) 技術來量測。折射近場 (refracted near-field; RNF) 方法或SCALP可用於量測應力分佈。當利用RNF方法時，利用由SCALP提供的最大CT值。詳言之，由RNF量測的應力分佈經力平衡且校準至由SCALP量測提供的最大CT值。標題為「Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample」之美國專利第8,854,623號中描述RNF方法，該專利以全文引用方式併入本文中。詳言之，RNF方法包括相鄰於參考區塊置放玻璃基底物件，產生以1 Hz與50 Hz之間的速率在正交極化之間切換的極化切換光束，量測極化切換光束之功率量且產生極化切換參考信號，其中正交極化中每一者的所量測功率量彼此相差50%以內。該方法進一步包括使極化切換光束透射穿過玻璃樣本及參考區塊達進入玻璃樣本中之不同深度，隨後使用中繼光學系統將所透射極化切換光束中繼至信號光偵測器，其中信號光偵測器產生極化切換偵測器信

號。該方法亦包括將偵測器信號除以參考信號以形成正規化偵測器信號，及自正規化偵測器信號判定玻璃樣本之分佈特性。隨後使RNF輪廓平滑化，且用於CT區域。如上文所指出，FSM技術係用於表面CS及表面附近的CS區域中的應力分佈之斜率。

【0083】 如上文所述，本文描述的玻璃基底物件係藉由離子交換化學強化，且展現區別於藉由已知強化玻璃物件展現的彼等者的應力分佈。在本揭示內容中，玻璃基底基板通常為未強化的，且玻璃基底物件通常係指已強化(藉由例如離子交換強化)的玻璃基底基板。在此製程中，玻璃基底物件之表面處或附近的離子由具有相同原子價或氧化狀態的較大離子置換或與其交換。在其中玻璃基底物件包含鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃的彼等實施例中，玻璃之表面層中的離子及較大離子為單價鹼金屬陽離子，諸如 Li^+ (當存在於玻璃基底物件中時)、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 及 Cs^+ 。替代地，表面層中之單價陽離子可利用不同於鹼金屬陽離子之單價陽離子(諸如 Ag^+ 或類似離子)置換。在此種實施例中，交換至玻璃基底基板中之單價離子(或陽離子)在所得玻璃基底物件中產生應力。

【0084】 離子交換製程典型地藉由將玻璃基底基板浸沒於熔融鹽浴(或兩個或兩個以上熔融鹽浴)中來進行，該熔融鹽浴含有待與玻璃基底基板中之較小離子互換的較大離子。應注意，亦可使用水性鹽浴。另外，浴之組成可包括多於一種類型之較大離子(例如， Na^+ 及 K^+)或單一

較大離子。熟習此項技術者將瞭解的是，用於離子交換製程之參數包括但不限於浴組成及溫度、浸沒時間、玻璃基底物件於(一或多個)鹽浴中之浸沒次數、多個鹽浴之使用、另外的步驟(諸如，退火、洗滌)及類似參數，該等參數通常由玻璃基底物件之組成(包括物件之結構及存在的任何結晶相)及因強化而產生的玻璃基底物件之所欲DOC以及CS決定。舉例而言，玻璃基底基板之離子交換可藉由將玻璃基底基板浸沒於含有鹽的至少一個熔融浴中來達成，該鹽諸如但不限於較大鹼金屬離子之硝酸鹽、硫酸鹽及氯化物。典型硝酸鹽包含 KNO_3 、 NaNO_3 、 LiNO_3 、 NaSO_4 及其組合。熔融鹽浴之溫度典型地在約 380°C 至多約 450°C 範圍內，而浸沒時間在約15分鐘至多約100小時範圍變化，此取決於玻璃厚度、浴溫度及玻璃(或單價離子)擴散率。然而，亦可使用與上文所述之彼等者不同的溫度及浸沒時間。

【0085】 在一或多個實施例中，玻璃基底基板可浸沒於具有約 370°C 至約 480°C 之溫度的100% NaNO_3 熔融鹽浴中。在一些實施例中，玻璃基底基板可浸沒於包含約5%至約90% KNO_3 及約10%至約95% NaNO_3 之熔融混合鹽浴中。在一些實施例中，玻璃基底基板可浸沒於包含 Na_2SO_4 及 NaNO_3 且具有較寬溫度範圍(例如，至多約 500°C)之熔融混合鹽浴中。在一或多個實施例中，玻璃基底物件可在浸沒於第一浴之後浸沒於第二浴中。於第二

浴中之浸沒可包括浸沒於包括100% KNO_3 之熔融鹽浴中歷時15分鐘至8小時。

【0086】 在一或多個實施例中，玻璃基底基板可浸沒於包含 NaNO_3 及 KNO_3 （例如，49%/51%、50%/50%、51%/49%）並具有小於約 420°C （例如，約 400°C 或約 380°C ）之溫度的熔融、混合鹽浴中歷時小於約5小時或甚至約4小時或更少。

【0087】 離子交換條件可特製來提供在所得玻璃基底物件之表面處或附近的應力分佈之「尖峰」或增加該應力分佈之斜率。此尖峰可由單一浴或多個浴來達成，其中該或該等浴具有單一組成或混合組成，此歸因於用於本文描述的玻璃基底物件的玻璃組成物之獨特性質。

【0088】 如第3圖所例示，一或多個實施例之玻璃基底物件300包含第一表面302及與第一表面相對的第二表面304，該等表面界定厚度 t 。在一或多個實施例中，厚度 t 可為約3毫米或更小（例如，在以下範圍內：約0.01毫米至約3毫米、約0.1毫米至約3毫米、約0.2毫米至約3毫米、約0.3毫米至約3毫米、約0.4毫米至約3毫米、約0.01毫米至約2.5毫米、約0.01毫米至約2毫米、約0.01毫米至約1.5毫米、約0.01毫米至約1毫米、約0.01毫米至約0.9毫米、約0.01毫米至約0.8毫米、約0.01毫米至約0.7毫米、約0.01毫米至約0.6毫米、約0.01毫米至約0.5毫米、約0.1毫米至約0.5毫米或約0.3毫米至約0.5毫米）。

【0089】 玻璃基底物件包含應力分佈，該應力分佈自第一表面302延伸至第二表面304（或沿厚度 t 之整個長度）。在第3圖所示的實施例中，應力分佈312。y軸表示應力量值且x軸表示玻璃基底物件內之厚度或深度。

【0090】 如在第3圖中所例示，應力分佈312包含CS層315（具有表面CS 310）、CT層325（具有最大CT 320）以及DOC 330，在DOC 330處，應力分佈312自壓縮轉為拉伸。CS層具有自表面302、304延伸至DOC 330的相關聯深度或長度317。CT層325亦具有相關聯深度或長度327（CT區域或層）。

【0091】 表面CS 310可為約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可為至多約900 MPa、至多約1000 MPa、至多約1100 MPa或至多約1200 MPa。本文的表面CS值亦可包括最大CS。在一些實施例中，表面CS小於最大CS。

【0092】 最大CT 320可為大於或等於約 $71.5/\sqrt{t}$ 。在一些實施例中，最大CT 320為約80 MPa或更大、約85 MPa或更大或約90 MPa或更大。在一些實施例中，最大CT 320可在大於約80 MPa至約100 MPa範圍內（例如，約85 MPa至約100 MPa、約90 MPa至約100 MPa、約80 MPa至約95 MPa、約80 MPa至約90 MPa、約85 MPa至約95 MPa或約88 MPa至約92

MP)。最大CT 320可定位在以下範圍處：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 $0.55 \cdot t$ 。應注意，表面CS 310及最大CT 320之任何一或多者可取決於玻璃基底物件之厚度。例如，具有約0.8 mm之厚度的玻璃基底物件可具有在約85 MPa至約100 MPa範圍內之最大CT。當玻璃基底物件之厚度減小時，最大CT可增加。換言之，最大CT隨厚度減小而增加(或在玻璃基底物件變得更薄時增加)。

【0093】 在一些實施例中，最大CT 320與表面CS 310之比率在約0.1至約0.8範圍內(例如，在以下範圍內：約0.1至約0.7、約0.1至約0.6、約0.1至約0.5、約0.1至約0.4、約0.1至約0.3、約0.1至約0.25、約0.1至約0.2、約0.15至約0.8、約0.2至約0.8、約0.3至約0.8、約0.4至約0.8、約0.5至約0.8或約0.6至約0.8)。在已知的經化學強化之玻璃基底物件中，最大CT 320與表面CS 310之比率為0.1或更小。在一些實施例中，表面CS可為最大CT的4倍或更大(例如，5倍、6倍或6.5倍)。在一些實施例中，表面CS可為最大CT的至多約47.5倍。表面CS可在最大CT的約4倍至多約7.5倍範圍內。

【0094】 在一或多個實施例中，應力分佈312包含最大CS，其典型地為表面CS 310且可在第一表面302及第二表面304之一或兩者處發現。在一或多個實施例中，CS層或區域315沿厚度317之一部分延伸至DOC 330及最

大CT 320。在一或多個實施例中，DOC 330可為 $0.1 \cdot t$ 或更大。例如，DOC 330可為約 $0.12 \cdot t$ 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 $0.21 \cdot t$ 或更大或至多約 $0.25 \cdot t$ 。在一些實施例中，DOC 330小於化學深度。化學深度可為約 $0.4 \cdot t$ 或更大、 $0.5 \cdot t$ 或更大、約 $55 \cdot t$ 或更大或約 $0.6 \cdot t$ 或更大。

【0095】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件包含在約6微米至約20微米範圍內的鉀DOL。在一些實施例中，鉀DOL可表示為玻璃基底物件之厚度 t 的函數。在一或多個實施例中，鉀DOL可在約 $0.005t$ 至約 $0.05t$ 範圍內。在一些實施例中，鉀DOL可在以下範圍：約 $0.005t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.045t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.04t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.035t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.03t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.025t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.02t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.015t$ 、約 $0.005t$ 至約 $0.01t$ 、約 $0.006t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.008t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.01t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.015t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.02t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.025t$ 至約 $0.05t$ 、約 $0.03t$ 至約 $0.05t$ 或約 $0.01t$ 至約 $0.02t$ 。

【0096】 在一或多個實施例中，鉀DOL深度處的壓縮應力值可在約50 MPa至約300 MPa範圍內。在一些實施例中，鉀DOL深度處的壓縮應力值可在以下範圍：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

微米或小於約 $0.2 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之量值的斜率。在一些實施例中，應力分佈中在深度方向上實質上不含任何平坦段之一或多個部分在玻璃基底物件內自第一表面或第二表面之一或兩者約 5 微米或更大 (例如，10 微米或更大或 15 微米或更大) 的深度處存在。例如，沿自第一表面約 0 微米至小於約 5 微米之深度，應力分佈可包括線性段，但自第一表面約 5 微米或更大之深度，應力分佈可實質上不含平坦段。如本文所使用，「線性」包含具有平坦斜率之線段以及不具有平坦斜率之線段；後者例如參見第 33 圖中在自表面約 12 微米之深度內。

【0100】 在一些實施例中，應力分佈可包含在約 $0t$ 至多約 $0.1t$ 之深度處的線性段，且可在約 $0.1t$ 至約 $0.4t$ 之深度處實質上不含平坦段。在一些實施例中，在約 $0t$ 至約 $0.1t$ 厚度範圍內的應力分佈可具有其量值 (以絕對值計) 在約 $20 \text{ MPa}/\text{微米}$ 至約 $200 \text{ MPa}/\text{微米}$ 範圍內的斜率。如將在本文所述的，此等實施例可使用單一離子交換製程形成，藉由該單一離子交換製程，浴包括兩種或兩種以上鹼性鹽或為混合鹼性鹽浴，或使用多個 (例如，2 個或 2 個以上) 離子交換製程來形成。

【0101】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件可就沿 CT 區域 (第 3 圖中之 327) 的應力分佈形狀而言來描述。例如，在一些實施例中，沿 CT 區域 (應力處於拉伸) 之應力分佈可藉由方程式近似。在一些實施例中，沿 CT 區域之應力分佈可藉由方程式 (1) 近似：

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

在方程式(1)中，應力(x)為位置 x 處之應力值。此處，應力為正(拉伸)。在方程式(1)中，Max T 為最大張力值且 CT_n 為 n 處之張力值且小於或等於 Max T。Max T 及 CT_n 兩者以 MPa 為單位皆為正值。值 x 為沿以微米計的範圍為 0 至 t 的厚度(t)之位置；x = 0 為一個表面(第 3 圖中之 302)，x = 0.5t 為玻璃基底物件之中心(在該位置處，應力(x) = Max T)且 x = t 為相反表面(第 3 圖中之 304)。用於方程式(1)之 Max T 等於最大 CT，其可大於或等於約 71.5 / √(t)。在一些實施例中，用於方程式(1)之 Max T 可在大於約 80 MPa 至約 100 MPa 範圍內(例如，約 85 MPa 至約 100 MPa、約 90 MPa 至約 100 MPa、大於約 80 MPa 至約 95 MPa、大於約 80 至約 90 MPa 或約 85 MPa 至約 95 MPa)，且 n 為 1.5 至 5 (例如，2 至 4、2 至 3 或 1.8 至 2.2)或約 1.5 至約 2 的擬合參數。在一或多個實施例中，n = 2 可提供拋物線應力分佈，由 n = 2 導出的指數提供具有近拋物線應力分佈之應力分佈。第 4 圖為例示根據本揭示內容之一或多個實施例的各種應力分佈之圖表，該等應力分佈基於擬合參數 n 之變化。

【0102】 在一或多個實施例中，CT_n可小於 Max T，其中在玻璃基底物件之一或兩個主表面上存在壓縮應力尖

峰。在一或多個實施例中，當玻璃基底物件之一或兩個主表面上不存在壓縮應力尖峰時， CT_n 等於 $Max T$ 。

【0103】 在一些實施例中，應力分佈可由熱處理來修改。在此等實施例中，熱處理可發生在任何離子交換製程之前，離子交換製程之間或所有離子交換製程之後。在一些實施例中，熱處理可減小表面處或附近的應力分佈之斜率的量值絕對值。在一些實施例中，在表面處意欲較陡或較大斜率的情況下，可利用熱處理之後的離子交換製程來提供表面處或附近的應力分佈之「尖峰」或斜率增加。

【0104】 在一或多個實施例中，應力分佈 312 歸因於沿厚度之一部分變化的金屬氧化物之非零濃度而產生。如上文所提及，金屬氧化物濃度中之變化可在本文中稱為金屬氧化物濃度梯度。在一些實施例中，金屬氧化物之濃度為非零的且有所變化，皆沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍。在一些實施例中，金屬氧化物濃度為非零的，且沿以下厚度範圍變化：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 $0.48 \cdot t$ 。金屬氧化物可描述為在玻璃基底物件中產生應力。濃度變化可沿上文提及的厚度範圍為連續的。濃度變化可包含沿約 100 微米之厚度段的約 0.2 mol% 之金屬氧化物濃度變化。此變化可藉由此項技術中已知的方法（包含微探針）來量測，如實例 1 所示。濃度非零且沿厚度之一部分變化的金屬氧化物可描述為在玻璃基底物件中產生應力。

【0105】 濃度變化可沿上文提及的厚度範圍為連續的。在一些實施例中，濃度變化可沿約10微米至約30微米範圍內的厚度段為連續的。在一些實施例中，金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加。

【0106】 金屬氧化物之濃度可包括多於一種金屬氧化物(例如， Na_2O 及 K_2O 之組合)。在一些實施例中，在利用兩種金屬氧化物的情況下且在離子之半徑彼此有所不同的情況下，在淺深度處，具有較大半徑的離子之濃度大於具有較小半徑的離子之濃度，而在較深深度處，具有較小半徑的離子之濃度大於具有較大半徑的離子之濃度。例如，在含單一 Na^- 及 K^- 之浴用於離子交換製程的情況下，在較淺深度處，玻璃基底物件中 K^+ 離子之濃度大於 Na^+ 離子之濃度，而在較深深度處， Na^+ 之濃度大於 K^+ 離子之濃度。此部分地歸因於進入玻璃中交換較小單價離子的單價離子之大小。在此等玻璃基底物件中，表面處或附近之區域包含較大 CS ，此歸因於表面處或附近的較大量的較大離子(亦即， K^+ 離子)。此較大 CS 可藉由在表面處或附近具有較陡斜率之應力分佈(亦即，表面處之應力分佈的尖峰)而展現。

【0107】 一或多種金屬氧化物之濃度梯度或變化藉由化學強化玻璃基底基板而產生，如本文先前所述，其中玻璃基底基板中的複數個第一金屬離子與複數個第二金屬離子交換。第一離子可為鋰、鈉、鉀及銣之離子。第二金

屬離子可為鈉、鉀、銣及銿中一者之離子，其限制條件為第二鹼金屬離子具有大於第一鹼金屬離子之離子半徑的離子半徑。第二金屬離子以其氧化物形式(例如， Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 或其組合)存在於玻璃基底基板中。

【0108】 在一或多個實施例中，金屬氧化物濃度梯度延伸穿過基於玻璃之製品之厚度 t 的一實質部分或全部厚度 t (包括CT層327)。在一或多個實施例中，金屬氧化物之濃度在CT層327中為約0.5 mol%或更大。在一些實施例中，金屬氧化物之濃度可沿玻璃基底物件之全部厚度為約0.5 mol%或更大(例如，約1 mol%或更大)，且在第一表面302及/或第二表面304處最大並實質上恆定地減小至第一表面302與第二表面304之間的一點處的一值。在彼點處，金屬氧化物之濃度沿全部厚度 t 為最小；然而，彼點處之濃度亦為非零的。換言之，彼特定金屬氧化物之非零濃度沿厚度 t 之一實質部分(如本文描述)或全部厚度 t 延伸。在一些實施例中，特定金屬氧化物之最低濃度處於CT層327中。玻璃基底物件中特定金屬氧化物之總濃度可在約1 mol%至約20 mol%範圍內。

【0109】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件包含第一金屬氧化物濃度及第二金屬氧化物濃度，以使得第一金屬氧化物濃度沿約 $0t$ 至約 $0.5t$ 之第一厚度範圍在約0 mol%至約15 mol%範圍內，且第二金屬氧化物濃度在約0微米至約25微米(或約0微米至約12微米)之第二厚度範圍在約0 mol%至約10 mol%範圍內；然而，第一

金屬氧化物及第二金屬氧化物中一或兩者之濃度沿玻璃基底物件之一實質部分或全部厚度為非零的。玻璃基底物件可包含可選的第三金屬氧化物濃度。第一金屬氧化物可包含 Na_2O ，而第二金屬氧化物可包含 K_2O 。

【0110】 金屬氧化物之濃度可自玻璃基底物件於改質來包含金屬氧化物之濃度梯度之前的此種金屬氧化物之基線量判定。

【0111】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件可就其如何斷裂及由此種斷裂引起的碎片來描述，如藉由「易碎性試驗」所量測，該「易碎性試驗」如 Z. Tang 等人 *Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912 所述。在一或多個實施例中，當斷裂時，玻璃基底物件斷裂成玻璃基底物件(斷裂之前)之每平方吋(或每 6.4516 平方公分)2 個或更多個碎片。在一些狀況下，玻璃基底物件斷裂成玻璃基底物件(斷裂之前)之每平方吋(或每 6.4516 平方公分)3 個或更多個、4 個或更多個、5 個或更多個或 10 個或更多個碎片。在一些情況下，當斷裂時，玻璃基底物件斷裂成碎片以使得 50% 或更多之碎片具有為玻璃基底物件(斷裂之前)之表面積的小於 5%、小於 2% 或小於 1% 的表面積，且所使用的樣本大小為 5.08 cm 乘 5.08 cm (2 吋乘 2 吋)平方。在一些情況下，當斷裂時，玻璃基底物件斷裂成碎片以使得 90%

或更多或甚至100%之碎片具有為玻璃基底物件(斷裂之前)之表面積的小於5%、小於2%或小於1%的表面積。

【0112】 在一或多個實施例中，在化學強化玻璃基底物件之後，玻璃基底物件之所得應力分佈312提供改良抗斷裂性。例如，在一些實施例中，在斷裂後，玻璃基底物件包括具有小於或等於約 $2 \cdot t$ (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)之平均最長橫截面尺寸的碎片，如藉由「易碎性試驗」所量測，該「易碎性試驗」如Z. Tang等人*Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912所述。將碎片之數量除以所測試樣本之面積(以平方吋計)，且所使用的樣本大小為5.08 cm乘5.08 cm (2吋乘2吋)平方。

【0113】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件可展現約 $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大的斷裂韌性(K_{1c})。在一些狀況下，斷裂韌性可為約 $0.69 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大、約 $0.7 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大、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，斷裂韌性可在約 $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 至約 $1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 範圍內。本揭示內容中敘述的斷裂韌性值(K_{1c})係指如藉由人字形缺口短棒(*chevron notched short bar; CNSB*)方法量測的值，該方法揭示於Reddy, K.P.R.等人「*Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic*

Materials Using Chevron-Notched Specimens」, J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988)中，只不過 Y^*_m 係使用 Bubsey, R.T. 等人，「Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements」, NASA Technical Memorandum 83796, 第1-30頁 (1992年10月)之方程式5來計算。

【0114】 在一些實施例中，基板亦可特性化為具有約 500 HVN 至約 800 HVN (kgf/mm^2) 之硬度，如藉由在 200 g 之負載下的維氏硬度試驗所量測。在一些實施例中，玻璃基底物件可包含在約 600 HVN 至約 800 HVN 範圍內之維氏硬度。

【0115】 本文描述的玻璃基底物件可展現在大於 $0 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $40 \text{ J}/\text{m}^2$ 範圍內的儲存拉伸能量。在一些情況下，儲存拉伸能量可在以下範圍：約 $5 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $40 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $10 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $40 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $15 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $40 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $20 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $40 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $35 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $30 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $25 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $20 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $15 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $1 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $10 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $10 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $30 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $10 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $25 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $15 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $30 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $15 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $25 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 $18 \text{ J}/\text{m}^2$ 至約 $22 \text{ J}/\text{m}^2$ 、約 25

J/m^2 至約 40 J/m^2 或約 25 J/m^2 至約 30 J/m^2 。一或多個實施例之經熱及化學強化之玻璃基底物件可展現約 6 J/m^2 或更大、約 10 J/m^2 或更大、約 15 J/m^2 或更大或約 20 J/m^2 或更大之儲存拉伸能量。

【0116】 儲存拉伸能量可使用以下方程式(2)來計算：

$$\text{儲存拉伸能量}(J/m^2) = [(1 - \nu)/E] \int (\sigma^2)(dt) \quad (2)$$

其中 ν 為帕松比， E 為楊氏模數(以 MPa 計)， σ 為應力(以 MPa 計)，且僅跨於拉伸區域之厚度(以微米計)計算積分。

本揭示內容中敘述的每一楊氏模數值係指如藉由標題為「Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts」之 ASTM E2001-13 中闡述的通用類型之共振超音波光譜技術來量測。

【0117】 本文描述的玻璃基底物件大體上具有約 70 GPa 或更大之楊氏模數(例如，在以下範圍內：約 70 GPa 至約 100 GPa、約 72 GPa 至約 100 GPa、約 75 GPa 至約 100 GPa、約 76 GPa 至約 100 GPa、約 78 GPa 至約 100 GPa、約 80 GPa 至約 100 GPa、約 82 GPa 至約 100 GPa、約 84 GPa 至約 100 GPa、約 86 GPa 至約 100 GPa、約 88 GPa 至約 100 GPa、約 90 GPa 至約 100 GPa、約 70 GPa 至約 95 GPa、約 70 GPa 至約 90 GPa、約 70 GPa 至約 88 GPa、約 70 GPa 至約 86 GPa、約 70 GPa 至約 85 GPa、約 70 GPa 至約 84

GPa、約 70 GPa 至約 82 GPa 或約 70 GPa 至約 80 GPa)。玻璃基底物件之組成物固有的楊氏模數可向由其產生的最終玻璃基底物件提供為非固有性質的所欲高剛度。

【0118】 在一些實施例中，玻璃基底物件包括低液相黏度，其致能玻璃基底物件經由薄輥軋技術之形成。如本文所使用，術語「液相黏度」係指在液相溫度下熔融玻璃之黏度，其中術語「液相溫度」係指自熔融溫度冷卻時晶體第一次呈現為熔融玻璃所處的溫度(或在溫度自室溫增加時最後晶體熔融所處的溫度)。通常，本文描述的玻璃基底物件(或用於形成此種物件之組成物)具有小於約 100 千泊(kP)之液相黏度。在一些實施例中，玻璃基底物件(或用於形成此種物件之組成物)展現小於約 80 kP、小於約 60 kP、小於約 40 kP、小於約 30 kP (例如，在約 15 kP 至約 30 kP 範圍內)之液相黏度。液相黏度係藉由以下方法測定。首先，玻璃之液相溫度係根據標題為「Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method」之 ASTM C829-81 (2015) 來量測。接著，玻璃在液相溫度下之黏度係根據標題為「Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point」之 ASTM C965-96 (2012) 來量測。

【0119】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件展現在以下範圍內之努普側向開裂刮痕閾值：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。如本文所使用，努普刮痕側向開裂閾值為側向開裂之開始(5個刮痕事件中之3個或更多個)。進行一系列漸增恆定負載刮痕(每個負載最少3個，但每個負載更多個可用於增加信賴水準)以識別努普刮痕閾值。在努普刮痕側向開裂閾值測試中，針對每一負載，玻璃基板及/或物件之樣本係利用努普壓頭在10 mm之長度上以0.25 mm/s之速度刮痕。可藉由將試驗試樣與以下3種斷裂模式之一比較來決定努普刮痕閾值範圍：1)大於凹槽寬度兩倍的持續側表面裂紋，2)含在凹槽內之破壞，但存在側表面裂紋，該等裂紋小於凹槽寬度的兩倍且存在肉眼可見的破壞，或3)存在大於凹槽寬度兩倍的大表面下側向裂紋及/或在刮痕之頂點處存在中值裂紋。刮痕閾值則為在5個事件中的3個或更多個中不發生斷裂的最高負載。

【0120】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件展現在約10 kgf或更大、約12 kgf或更大或約15 kgf或更大範圍內之維氏壓痕斷裂閾值。在一些情況下，玻璃基底物件展現在約15 kgf至約25 kgf範圍內之維氏壓痕斷裂閾值。如本文所使用，維氏壓痕斷裂閾值為自壓痕位點之至少一個拐角延伸的中值/徑向開裂之開始(5個壓痕事件中之3個或更多個)。在維氏壓痕斷裂閾值測試中，利用金

剛石尖端(以 136° 角)在漸增負載下重複地將玻璃基板及物件之樣本壓痕。每一壓痕有可能產生4個徑向裂紋，一個裂紋來自壓痕之每一拐角。藉由對在每一壓痕負載下徑向裂紋之平均數計數，可將開裂閾值定義為每個壓痕存在平均2個裂紋時的負載(或50%開裂閾值)。

【0121】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件在經受研磨環對環(abraded ring-on-ring; AROR)測試時展現改良的表面強度。材料之強度係定義為斷裂發生時的應力。AROR試驗為用於測試平坦玻璃試樣之表面強度量測法，且標題為「Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature」之ASTM C1499-09 (2013)充當用於本文描述的AROR測試方法學之基礎。ASTM C1499-09之內容以全文引用方式併入本文。在一個實施例中，玻璃試樣在環對環測試之前利用90粒碳化矽(SiC)粒子研磨，該等粒子使用標題為「Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture)」之ASTM C158-02 (2012)中標題為「abrasion Procedures」之附錄A2中所述的方法及設備來遞送至玻璃樣本。ASTM C158-02之內容及尤其附錄2之內容以全文引用方式併入本文。

【0122】 在環對環測試之前，如ASTM C158-02附錄2所述使用ASTM C158-02之第A2.1圖所示的設備來研磨玻璃基底物件之表面以正規化及/或控制樣本之表面缺陷條件。將磨料材料典型地使用304 kPa (44 psi)之氣壓以15 psi之負載噴砂在玻璃基底物件之表面110上；但在下文之實例中，磨料材料係以其他負載(例如，25 psi或45 psi)噴砂至表面110上。在建立空氣流之後，將5 cm³之磨料材料傾倒至漏斗中，且在引入磨料材料之後將樣本噴砂5秒。

【0123】 對AROR試驗而言，如第5圖所示的具有至少一個研磨表面之玻璃基底物件410係置放於具有不同大小的兩個同心環之間，以測定等雙軸撓曲強度(亦即，當經受兩個同心環之間的撓曲時材料能夠維持的最大應力，亦如第5圖所示)。在AROR配置400中，研磨玻璃基底物件410係藉由具有直徑D2之支撐環420支撐。藉由荷重元(未展示)，由具有直徑D1之裝載環430向玻璃基底物件之表面施加力F。

【0124】 裝載環及支撐環之直徑比D1/D2可在約0.2至約0.5範圍內。在一些實施例中，D1/D2為約0.5。裝載環130及支撐環120應同心對準至支撐環直徑D2之0.5%內。用於測試的荷重元應精確至選定範圍內的任何負載的±1%內。在一些實施例中，在23±2℃之溫度及40±10%之相對濕度下進行測試。

【0125】 針對夾具設計，裝載環430之突出表面之半徑 r ， $h/2 \leq r \leq 3h/2$ ，其中 h 為玻璃基底物件410之厚度。裝載環430及支撐環420典型地由具有硬度 $HRC > 40$ 之硬化鋼製成。AROR夾具為可商購的。

【0126】 AROR試驗之所欲破裂機制將觀察到起源於裝載環430內之表面430a的玻璃基底物件410之斷裂。自資料分析省略在此區域外部—亦即，裝載環130與支撐環120之間—發生的斷裂。然而，歸因於玻璃基底物件410之薄度及高強度，有時觀察到超過試樣厚度 h 之 $1/2$ 的大偏轉。因此觀察到起源於裝載環430之下的高斷裂百分比並非不常見。無法在不知曉環內部及下方的應力發展（經由應變計分析收集）及每一試樣中斷裂起源的情況下精確地計算應力。AROR測試因此集中在斷裂時的峰值負載作為所量測回應。

【0127】 玻璃基底物件之強度取決於表面瑕疵之存在。然而，給定大小的瑕疵存在的可能性無法精確預測，因為玻璃之強度本質上為統計性的。機率分佈可因此通常用作所獲得資料之統計學表示。

【0128】 在一些實施例中，本文描述的玻璃基底物件具有20 kgf或更大及至多約30 kgf之表面或等雙軸撓曲強度，如藉由AROR測試，使用25 psi或甚至45 psi之負載來研磨表面所測定。在其他實施例中，表面強度為25 kgf或更大，且在其他實施例中為30 kgf或更大。

【0129】 在一些實施例中，本文描述的玻璃基底物件可就砂紙上倒置球 (inverted ball on sandpaper ; IBoS) 試驗中之效能來描述。IBoS 試驗為模擬歸因於破壞引入加彎曲的斷裂之主要機制的動態組件級試驗，該彎曲典型地在用於行動電子裝置或手持式電子裝置的玻璃基底物件中發生，如第6圖示意所示。在現場，破壞引入(第7圖中之a)發生在玻璃基底物件之頂部表面上。斷裂起始於玻璃基底物件之頂部表面上且破壞或穿透玻璃基底物件(第7圖中之b)，或斷裂由頂部表面上之彎曲或由玻璃基底物件之內部部分擴張(第7圖中之c)。IBoS 試驗係設計來同時向玻璃之表面引入破壞且在動態負載下施加彎曲。在一些情況下，當玻璃基底物件包含壓縮應力時，該玻璃基底物件比相同的玻璃基底物件不包含壓縮應力之情況展現改良的掉落效能。

【0130】 第6圖示意地展示IBoS 試驗設備。設備500包含試驗台510及球530。球530為剛性或實心球，諸如，例如不銹鋼球或類似物。在一個實施例中，球530為具有10 mm之直徑的4.2公克不銹鋼球。自預定高度h使球530直接地掉落於玻璃基底物件樣本518上。試驗台510包含實心基座512，該實心基座包括硬的、剛性材料，諸如花崗岩或類似物。表面上安置有磨料材料之片材514係置放於實心基座512之上表面上以使得具有磨料材料之表面面向上。在一些實施例中，片材514為具有30粒表面之砂紙，且在其他實施例中，為具有180粒表面之

砂紙。玻璃基底物件樣本 518 藉由樣本固持器 515 在片材 514 上方固持於適當位置中，以使得氣隙 516 存在於玻璃基底物件樣本 518 與片材 514 之間。片材 514 與玻璃基底物件樣本 518 之間的氣隙 516 允許玻璃基底物件樣本 518 在藉由球 530 衝擊時彎曲且彎曲至片材 514 之磨料表面上。在一個實施例中，跨於所有拐角夾緊玻璃基底物件樣本 218 以便將所含的彎曲僅保持至球衝擊之點且確保可重複性。在一些實施例中，樣本固持器 514 及試驗台 510 適於容納厚度至多約 2 mm 之樣本。氣隙 516 在約 50 μm 至約 100 μm 範圍內。氣隙 516 經調適來針對材料剛度(楊氏模數，E mod)之差異而調整，且亦包括樣本之楊氏模數及厚度。黏著劑膠帶 520 可用於覆蓋玻璃基底物件樣本之上表面以便收集玻璃基底物件樣本 518 在球 530 之衝擊時的斷裂事件中之碎片。

【0131】 各種材料可用作磨料表面。在一個特定實施例中，磨料表面為砂紙，諸如碳化矽或氧化鋁砂紙、工程砂紙或熟習此項技術者已知用於獲得可比較硬度及/或銳度的任何磨料材料。在一些實施例中，可使用具有 30 粒之砂紙，因為其具有比混凝土或瀝青更一致的表面形貌，及產生所欲等級試樣表面破壞之粒度及銳度。

【0132】 在一個態樣中，第 8 圖中展示使用上文描述的設備 500 進行 IB o S 試驗之方法 600。在步驟 610 中，將玻璃基底物件樣本(第 6 圖中之 218)置放於先前所述的試驗台 510 中，且緊固在樣本固持器 515 中以使得在玻璃基

底物件樣本 518 與具有磨料表面之片材 514 之間形成氣隙 516。方法 600 推定：具有磨料表面之片材 514 已置放於試驗台 510 中。然而，在一些實施例中，方法可包含將片材 514 置放於試驗台 510 中，以使得具有磨料材料之表面面向上。在一些實施例中(步驟 610 a)，將黏著劑膠帶 520 施加至玻璃基底物件樣本 518 之上表面，之後將玻璃基底物件樣本 518 緊固於樣本固持器 510 中。

【0133】 在步驟 520 中，具有預定質量及大小的實心球 530 自預定高度 h 掉落至玻璃基底物件樣本 518 之上表面上，以使得球 530 在上表面之大致中心處(亦即，中心之 1 mm 內，或 3 mm 內，或 5 mm 內，或 10 mm 內)衝擊上表面(或附著至上表面之黏著劑膠帶 520)。在步驟 520 之衝擊之後，測定對玻璃基底物件樣本 518 之破壞程度(步驟 630)。此處，如上文先前所述，術語「斷裂」意指當基板掉落或由物體衝擊時，裂紋跨於基板之全部厚度及/或全部表面擴張。

【0134】 在方法 600 中，具有磨料表面之片材 518 可在每次掉落之後替換以便避免「老化」效應，該等效應已在其他類型(例如，混凝土或瀝青)之掉落試驗表面之重複使用中觀察到。

【0135】 典型地將各種預定掉落高度 h 及增量用於方法 600 中。試驗可例如利用最小掉落高度來開始(例如，約 10 - 20 cm)。隨後可針對連續掉落以設定增量或可變增量來增加高度。一旦玻璃基底物件樣本 518 碎裂或斷

裂，即停止方法 600 中之所述試驗(步驟 631)。替代地，若掉落高度 h 達到最大掉落高度(例如，約 100 cm)而無斷裂，亦可停止方法 300 之掉落試驗，或可在最大高度處重複步驟 520 直至斷裂發生。

【0136】 在一些實施例中，方法 600 之 IBoS 試驗僅在每一玻璃基底物件樣本 518 上、在每一預定高度 h 處進行一次。然而，在其他實施例中，每一樣本可在每一高度經受多次試驗。

【0137】 若玻璃基底物件樣本 518 之斷裂已發生(第 8 圖中之步驟 631)，則結束根據方法 600 之 IBoS 試驗(步驟 640)。若沒有觀察到由預定掉落高度處掉落的球引起的斷裂(步驟 632)，則將掉落高度增加預定增量(步驟 634)——諸如，例如，5 cm、10 cm 或 20 cm——且重複步驟 620 及 630 直至觀察到樣本斷裂(631)或達到最大試驗高度(636)而無樣本斷裂。當達到步驟 631 或 636 時，結束根據方法 600 之試驗。

【0138】 當經受如上文所述的砂紙上倒置球(inverted ball on sandpaper; IBoS)試驗時，本文描述的玻璃基底物件之實施例在球自 100 cm 高度掉落至玻璃之表面上時具有約 60% 或更大保存率。例如，玻璃基底物件係描述為在自給定高度掉落時，當五個相等(或幾乎相等)樣本(亦即，具有大致相同組成且當經強化時，大致相同的壓縮應力及壓縮深度或壓縮應力層深度，如本文描述)中之三者自規定高度(此處為 100 cm)掉

落時自 I B o S 掉落試驗保存而無斷裂時具有 60% 保存率。在其他實施例中，經強化的玻璃基底物件之 80 c m I B o S 試驗中的保存率為約 70% 或更大，在其他實施例中，為約 80% 或更大，且在其他實施例中，為約 90% 或更大。在其他實施例中，在 I B o S 試驗中自 100 c m 之高度掉落的經強化的玻璃基底物件之保存率為約 60% 或更大，在其他實施例中，為約 70% 或更大，在其他實施例中，為約 80% 或更大，且在其他實施例中，為約 90% 或更大。在一或多個實施例中，在 I B o S 試驗中自 150 c m 之高度掉落的經強化的玻璃基底物件之保存率為約 60% 或更大，在其他實施例中，為約 70% 或更大，在其他實施例中，為約 80% 或更大，且在其他實施例中，為約 90% 或更大。

【0139】 為測定玻璃基底物件在使用上文所述的 I B o S 試驗方法及設備自預定高度掉落時的可保存率，測試玻璃基底物件之至少五個相等(或幾乎相等)樣本(亦即，具有大致相同組成，且若經強化，則大致相同壓縮應力及壓縮深度或層深度)，儘管可使更大數量(例如，10 個、20 個、30 個等)之樣本經受測試來提高試驗結果之信賴水準。每一樣本自預定高度(例如，100 c m 或 150 c m)掉落單次，或替代地，自漸進更高的高度掉落而無斷裂直至達到預定高度，且視覺上(亦即，利用肉眼)檢查斷裂之跡象(跨於樣本之全部厚度及 / 或全部表面的裂紋形成及擴張)。若在自預定高度掉落之後未觀察到斷裂，則認為

樣本得以「保存」，且若當樣本自小於或等於預定高度之高度掉落時觀察到斷裂，則認為樣本「失敗(或「未保存」)。可保存率係測定為自掉落試驗保存的樣本群體百分比。例如，若一組10個樣本中的7個樣本在自預定高度掉落時不斷裂，則玻璃之可保存率將為70%。

【0140】 本文描述的玻璃基底物件可為透明的。在一或多個中，玻璃基底物件可具有約3毫米或更小之厚度，例如1毫米或更小之厚度，且展現在約380 nm至約780 nm範圍內的波長上約88%或更大之透射率。

【0141】 玻璃基底物件亦可展現實質上白色的顏色。例如，玻璃基底物件可在CIE施照體F02下展現以下CIELAB色空間坐標：約88及更大之L*值、在約-3至約+3範圍內的a*值，以及在約-6至約+6範圍內之b*值。替代地，玻璃基底物件可在CIE施照體F02下展現以下CIELAB色空間坐標：約40及更小之L*值、在約-3至約+3範圍內的a*值，以及在約-6至約+6範圍內之b*值。此種色空間坐標可在其他CIE施照體(例如，D65)下存在。

【0142】 基板之選擇不受特定限制。在一些實例中，玻璃基底物件可描述為具有用於離子交換之高陽離子擴散率。在一或多個實施例中，玻璃或玻璃陶瓷具有快速離子交換能力，亦即，玻璃或玻璃陶瓷展現在460°C下約450 μm^2 /小時或更大或在460°C下為約500 μm^2 /小時或更大的單價離子擴散率。在一或多個實施例中，玻璃或玻璃

陶瓷展現在 460°C 下約 $450\ \mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更大或在 460°C 下為約 $500\ \mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更大的鈉離子擴散率。在一或多個實施例中，玻璃或玻璃陶瓷展現在 460°C 下約 $450\ \mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更大或在 460°C 下為約 $500\ \mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更大的鉀離子擴散率。

【0143】 玻璃基底物件可包含非晶形基板、結晶基板或其組合(例如，玻璃陶瓷基板)。在一或多個實施例中，玻璃基底物件基板(在如本文描述的化學強化之前)可包含以莫耳百分比(mol%)計包含以下各項之玻璃組成物：在約 40 至約 80 範圍內之 SiO_2 、在約 10 至約 30 範圍內之 Al_2O_3 、在約 0 至約 10 範圍內之 B_2O_3 、在約 0 至約 20 範圍內之 R_2O ，及在約 0 至約 15 範圍內之 RO 。如本文所使用， R_2O 係指鹼金屬氧化物之總量，該等鹼金屬氧化物諸如 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。如本文所使用， RO 係指鹼土金屬氧化物之總量，該等鹼土金屬氧化物諸如 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 及類似者。在一些情況下，組合物可包含約 0 mol% 至約 5 mol% 範圍內之 ZrO_2 及約 0 至約 15 mol% 範圍內之 P_2O_5 中一或兩者。 TiO_2 可以約 0 mol% 至約 2 mol% 存在。

【0144】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含以 mol% 計在以下範圍內之量的 SiO_2 ：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 或約 50 至約 65。

【0145】 在一些實施例中，玻璃組成物可包括以 mol% 計在以下範圍內之量的 Al_2O_3 ：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 12 至約 18 或約 12 至約 14。

【0146】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包括以 mol% 計在以下範圍內之量的 B_2O_3 ：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。在一些情況下，玻璃組成物可實質上不含 B_2O_3 。如本文所使用，相對於組成物之組分的片語「實質上不含」意指組分並非在初始混配期間主動地或有意地添加至組成物，但可作為呈小於約 0.001 mol% 之量的雜質存在。

【0147】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含一或多種鹼土金屬氧化物，諸如 MgO 、 CaO 及 ZnO 。在一些實施例中，一或多種鹼土金屬氧化物之總量可為非零量至多約 15 mol%。在一或多個特定實施例中，任何鹼土金屬氧化物之總量可為非零量至多約 14 mol%、至多約 12 mol%、至多約 10 mol%、至多約 8 mol%、至多約 6 mol%、至多約 4 mol%、至多約 2 mol% 或至多約 1.5 mol%。在一些實施例中，一或多種鹼土金屬氧化物之總

量(以 mol% 計)可在以下範圍內：約 0.1 至 10、約 0.1 至 8、約 0.1 至 6、約 0.1 至 5、約 1 至 10、約 2 至 10 或約 2.5 至 8。MgO 之量可在約 0 mol% 至約 5 mol% 範圍內(例如，約 2 mol% 至約 4 mol%)。ZnO 之量可在約 0 mol% 至約 2 mol% 範圍內(例如，約 0.1 mol% 至約 2 mol%、約 0.1 mol% 至約 1 mol% 或約 0.5 mol% 至約 1.5 mol%)。CaO 之量可為約 0 mol% 至約 2 mol%。在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含 MgO 且可實質上不含 CaO 及 ZnO。在一個變體中，玻璃組成物可包含 CaO 或 ZnO 中之任一者，且可實質上不含 MgO、CaO 及 ZnO 中之其他者。在一或多個特定實施例中，玻璃組成物可包含 MgO、CaO 及 ZnO 中僅兩種鹼土金屬氧化物，且可實質上不含該等鹼土金屬氧化物之第三者。

【0148】 玻璃組成物中鹼土金屬氧化物 R_2O 之總量(以 mol% 計)可在以下範圍內：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 8 至約 18、約 8 至約 16、約 8 至約 14、約 8 至約 12 或約 8 至約 11。

【0149】 在一或多個實施例中，玻璃組成物包含呈以下範圍內之量的 Na_2O ：約 0 mol% 至約 18 mol%、約 0 mol% 至約 16 mol% 或約 0 mol% 至約 14 mol%、約 0 mol% 至約 12 mol%、約 1 mol% 至約 18 mol%、約 1 mol% 至約 16 mol%、約 1 mol% 至約 14 mol%、約 1

mol% 至約 12 mol%、約 1 mol% 至約 10 mol%、約 1 mol% 至約 8 mol%、約 1 mol% 至約 5 mol%、約 1 mol% 至約 4 mol% 或約 1 mol% 至約 3 mol%。在一些實施例中，組成物可包含小於約 4 mol% Na_2O 。

【0150】 在一些實施例中， Li_2O 及 Na_2O 之量經控制至特定量或比率以平衡可形成性及可離子交換性。例如，在 Li_2O 之量增加時，液相黏度可減少，因此阻止一些成形方法得以使用；然而，此等玻璃組成物經離子交換至較深 DOC 位準，如本文所述。 Na_2O 之量可改質液相黏度，但可抑制離子交換至較深 DOC 位準。在一或多個實施例中，針對含 Li_2O 玻璃組成物（或其中 Na^+ 交換 Li^+ 為主要強化機制之彼等組成物）中處於深度處的足夠應力，一或多個實施例之玻璃組成物包含大於約 0.3、約 0.45 或更大、約 0.5 或更大或約 0.7 或更大之 $\text{Li}_2\text{O}/(\text{R}_2\text{O})$ 組成比率。為在本文描述的玻璃基底物件中且尤其在包含 Na_2O 之此種玻璃基底物件（或其中 K^+ 交換 Na^+ 為主要強化機制之彼等組成物）中之較深深度處維持較高 CS 值，一或多個實施例之玻璃組成物可包含大於約 0.3、約 0.5 或更大或約 0.7 或更大之 $\text{Na}_2\text{O}/(\text{R}_2\text{O})$ 組成比率。

【0151】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含呈小於約 5 mol%、小於約 4 mol%、小於約 3 mol%、小於約 2 mol% 或小於約 1 mol% 之量的 K_2O 。在一或多個替代實施例中，玻璃組成物可如本文所定義實質上不含 K_2O 。

【0152】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含呈約 0 mol% 至約 18 mol%、約 0 mol% 至約 15 mol% 或約 0 mol% 至約 10 mol%、約 0 mol% 至約 8 mol%、約 0 mol% 至約 6 mol%、約 0 mol% 至約 4 mol% 或約 0 mol% 至約 2 mol% 之量的 Li_2O 。在一些實施例中，玻璃組成物可包含呈約 2 mol% 至約 10 mol%、約 4 mol% 至約 10 mol%、約 6 mol% 至約 10 mol 或約 5 mol% 至約 8 mol% 之量的 Li_2O 。在一或多個替代實施例中，玻璃組成物可如本文所定義實質上不含 Li_2O 。

【0153】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含 Fe_2O_3 。在此等實施例中， Fe_2O_3 可以如下量存在：小於約 1 mol%、小於約 0.9 mol%、小於約 0.8 mol%、小於約 0.7 mol%、小於約 0.6 mol%、小於約 0.5 mol%、小於約 0.4 mol%、小於約 0.3 mol%、小於約 0.2 mol%、小於約 0.1 mol% 及其之間的所有範圍及子範圍。在一或多個替代實施例中，玻璃組成物可如本文所定義實質上不含 Fe_2O_3 。

【0154】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含 ZrO_2 。在此等實施例中， ZrO_2 可以如下量存在：小於約 1 mol%、小於約 0.9 mol%、小於約 0.8 mol%、小於約 0.7 mol%、小於約 0.6 mol%、小於約 0.5 mol%、小於約 0.4 mol%、小於約 0.3 mol%、小於約 0.2 mol%、小於約 0.1 mol% 及其之間的所有範圍及子範

圍。在一或多個替代實施例中，玻璃組成物可如本文所定義實質上不含 ZrO_2 。

【0155】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含在以下範圍內之 P_2O_5 ：約 0 mol% 至約 10 mol%、約 0 mol% 至約 8 mol%、約 0 mol% 至約 6 mol%、約 0 mol% 至約 4 mol%、約 0.1 mol% 至約 10 mol%、約 0.1 mol% 至約 8 mol%、約 2 mol% 至約 8 mol%、約 2 mol% 至約 6 mol% 或約 2 mol% 至約 4 mol%。在一些情形中，玻璃組成物可實質上不含 P_2O_5 。

【0156】 在一或多個實施例中，玻璃組成物可包含 TiO_2 。在此等實施例中， TiO_2 可以小於約 6 mol%、小於約 4 mol%、小於約 2 mol% 或小於約 1 mol% 之量存在。在一或多個替代實施例中，玻璃組成物可如本文所定義實質上不含 TiO_2 。在一些實施例中， TiO_2 以在約 0.1 mol% 至約 6 mol% 或約 0.1 mol% 至約 4 mol% 範圍內之量存在。

【0157】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含各種組成關係。例如，玻璃組成物可包含在約 0 至約 1、約 0.4 至約 1、約 0.45 至約 1、約 0.5 至約 1 或約 0.6 至約 1 範圍內的 Li_2O 之量 (以 mol% 計) 與 R_2O 之總量 (以 mol% 計) 之比率。

【0158】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含在約 -5 至約 2 (例如，約 -5 至約 1.5、約 -5 至約 1、約 -5 至約 0、約 -5 至約 -1、約 -5 至約 -2、約 -4 至約 2、約 -3 至約 2、約

-2 至約 2 或約 -3 至約 -1) 範圍內的 R_2O 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量 (以 mol% 計) 之差異 ($R_2O - Al_2O_3$)。

【0159】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含在約 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 1 至約 2) 範圍內的 R_xO 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量 (以 mol% 計) 之差異 ($R_xO - Al_2O_3$)。如本文所使用， R_xO 包含 R_2O 及 RO ，如本文所定義。

【0160】 在一些實施例中，玻璃組成物可包含在約 -4 至約 5、約 -2 至約 4 或約 0.1 至約 5 範圍內的 R_2O 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量 (以 mol% 計) 比率 (R_2O / Al_2O_3)。例如， R_2O 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量 (以 mol% 計) 之比率 (R_2O / Al_2O_3) 可在以下範圍內：約 -4 至約 4.5、約 -4 至約 4、約 -4 至約 3.5、約 -4 至約 3、約 -4 至約 2.5、約 -4 至約 2、約 -4 至約 1.5、約 -4 至約 1、約 -3.5 至約 5、約 -3 至約 5、約 -2.5 至約 5、約 -2 至約 5、約 -1.5 至約 5、約 -1 至約 5、約 0 至約 5、約 0 至約 4、約 0 至約 3、約 0.1 至約 4、約 0.1 至約 3 或約 0.1 至約 2。

【0161】 在一或多個實施例中，玻璃組成物包含約 15 mol% 或更小 (例如，14 mol% 或更小、13 mol% 或更小、12 mol% 或更小、11 mol% 或更小或約 10.5 mol% 或更小) 之 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量。 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量可大於約 5 mol%。

【0162】 一或多個實施例之玻璃組成物可展現在約0至約1範圍內的MgO之量(以mol%計)與RO之總量(以mol%計)之比率。在一些實施例中，比率MgO/RO在以下範圍內：約0至約0.9、約0至約0.8、約0至約0.7、約0至約0.6、約0至約0.5、約0.1至約1、約0.2至約1、約0.3至約1、約0.4至約1或約0.5至約1。

【0163】 在一些實施例中，玻璃組成物可實質上不含成核劑。典型成核劑之實例為TiO₂、ZrO₂及類似物。成核劑可就功能而言來描述，因為成核劑為玻璃中可起始玻璃中之微晶形成的成分。

【0164】 在一些實施例中，用於玻璃基板之組成物可用約0 mol%至約2 mol%的至少一種澄清劑分批處理，該至少一種澄清劑選自以下任何一或多者：Na₂SO₄、NaCl、NaF、NaBr、K₂SO₄、KCl、KF、KBr、As₂O₃、Sb₂O₃及SnO₂。根據一或多個實施例之玻璃組成物可進一步包含在以下範圍內的SnO₂：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。本文揭示的玻璃組成物可實質上不含As₂O₃及/或Sb₂O₃。

【0165】 在一或多個實施例中，組成物可具體而言包含：62 mol%至75 mol% SiO₂；10.5 mol%至約17 mol% Al₂O₃；5 mol%至約13 mol% Li₂O；0 mol%至約4 mol% ZnO；0 mol%至約8 mol% MgO；2 mol%至約5 mol% TiO₂；0 mol%至約4 mol% B₂O₃；0 mol%至約5 mol% Na₂O；0 mol%至約4 mol% K₂O；

0 mol% 至約 2 mol% ZrO_2 ; 0 mol% 至約 7 mol% P_2O_5 ; 0 mol% 至約 0.3 mol% Fe_2O_3 ; 0 mol% 至約 2 mol% MnO_x ; 及 0.05 mol% 至約 0.2 mol% SnO_2 。

【0166】 在一或多個實施例中，組成物可包含：67 mol% 至約 74 mol% SiO_2 ; 11 mol% 至約 15 mol% Al_2O_3 ; 5.5 mol% 至約 9 mol% Li_2O ; 0.5 mol% 至約 2 mol% ZnO ; 2 mol% 至約 4.5 mol% MgO ; 3 mol% 至約 4.5 mol% TiO_2 ; 0 mol% 至約 2.2 mol% B_2O_3 ; 0 mol% 至約 1 mol% Na_2O ; 0 mol% 至約 1 mol% K_2O ; 0 mol% 至約 1 mol% ZrO_2 ; 0 mol% 至約 4 mol% P_2O_5 ; 0 mol% 至約 0.1 mol% Fe_2O_3 ; 0 mol% 至約 1.5 mol% MnO_x ; 及 0.08 mol% 至約 0.16 mol% SnO_2 。

【0167】 在一或多個實施例中，組成物可包含：70 mol% 至 75 mol% SiO_2 ; 10 mol% 至約 15 mol% Al_2O_3 ; 5 mol% 至約 13 mol% Li_2O ; 0 mol% 至約 4 mol% ZnO ; 0.1 mol% 至約 8 mol% MgO ; 0 mol% 至約 5 mol% TiO_2 ; 0.1 mol% 至約 4 mol% B_2O_3 ; 0.1 mol% 至約 5 mol% Na_2O ; 0 mol% 至約 4 mol% K_2O ; 0 mol% 至約 2 mol% ZrO_2 ; 0 mol% 至約 7 mol% P_2O_5 ; 0 mol% 至約 0.3 mol% Fe_2O_3 ; 0 mol% 至約 2 mol% MnO_x ; 及 0.05 mol% 至約 0.2 mol% SnO_2 。

【0168】 在如本文描述的化學強化之前玻璃基底物件之其他示範性組成展示於表 1A 中。表 1B 列出針對表 1A

中所列實例而測定的選定物理性質。表 1 B 中所列物理性質包括：密度；低溫及高溫 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；鋯石分解及液相黏度；帕松比；楊氏模數；折射率以及應力光學係數。在一些實施例中，本文描述的玻璃基底物件及玻璃基板具有小於或等於 30 ppm/°C 之高溫 CTE 及 / 或至少 70 GPa 或更大之楊氏模數及在一些實施例中至多 80 GPa 之楊氏模數。

【0169】 表 1 A：化學強化之前的示範性組成。

| Mol% | 實例 A | 實例 B | 實例 C | 實例 D | 實例 E | 實例 F |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| SiO ₂ | 71.8 | 69.8 | 69.8 | 69.8 | 69.8 | 69.8 |
| Al ₂ O ₃ | 13.1 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| B ₂ O ₃ | 2 | 2.5 | 4 | 2.5 | 2.5 | 4 |
| Li ₂ O | 8 | 8.5 | 8 | 8.5 | 8.5 | 8 |
| MgO | 3 | 3.5 | 3 | 3.5 | 1.5 | 1.5 |
| ZnO | 1.8 | 2.3 | 1.8 | 2.3 | 2.3 | 1.8 |
| Na ₂ O | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| TiO ₂ | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Fe ₂ O ₃ | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SnO ₂ | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

| Mol% | 實例 G | 實例 H | 實例 I | 實例 J | 實例 K | 實例 L | 實例 M | 實例 N |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 70.18 | 70.91 | 71.28 | 71.65 | 71.65 | 71.65 | 74.77 | 72.00 |
| Al ₂ O ₃ | 12.50 | 12.78 | 12.93 | 13.07 | 13.07 | 13.07 | 10.00 | 12.50 |
| B ₂ O ₃ | 1.91 | 1.95 | 1.98 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.99 | 2.00 |
| Li ₂ O | 7.91 | 7.95 | 7.96 | 7.98 | 6.98 | 5.00 | 6.13 | 6.00 |
| Na ₂ O | 4.43 | 2.43 | 1.42 | 0.41 | 1.41 | 3.40 | 3.97 | 0.50 |
| MgO | 2.97 | 2.98 | 2.99 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 2.94 | 2.10 |
| ZnO | 0.00 | 0.89 | 1.34 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 0.00 | 0.00 |
| CaO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 4.90 |
| SnO ₂ | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Li ₂ O/R ₂ O | 0.64 | 0.77 | 0.85 | 0.95 | 0.83 | 0.60 | 0.61 | 0.92 |
| R ₂ O-Al ₂ O ₃ | -0.16 | -2.41 | -3.54 | -4.68 | -4.68 | -4.67 | 0.10 | -6.00 |
| R _x O-Al ₂ O ₃ | 2.81 | 1.47 | 0.79 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 3.09 | 1.00 |
| R ₂ O/Al ₂ O ₃ | 0.99 | 0.81 | 0.73 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 1.01 | 0.52 |

| | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| MgO/RO | 1.00 | 0.77 | 0.69 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 1.00 | 1.00 |
| R ₂ O | 12.34 | 10.38 | 9.39 | 8.39 | 8.39 | 8.40 | 10.10 | 6.50 |
| RO | 2.97 | 3.88 | 4.34 | 4.79 | 4.79 | 4.79 | 2.99 | 7.00 |
| Na ₂ O + Al ₂ O ₃ | 16.93 | 15.21 | 14.35 | 13.48 | 14.48 | 16.47 | | |

表 1 B . 實例 G - L 之選定物理性質。

| | 實例 G | 實例 H | 實例 I | 實例 J | 實例 K | 實例 L |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 應變點(°C) | 553 | 592 | 604 | 617 | 613 | 615 |
| 退火點(°C) | 602 | 642 | 654 | 667 | 666 | 668 |
| 軟化點(°C) | | | | 919 | 921 | 929 |
| Fulcher A | -3.277 | -2.717 | -2.47 | -3.039 | -3.216 | -3.212 |
| Fulcher B | 9103.3 | 7328.4 | 6642 | 7326.7 | 8338.1 | 8522.4 |
| Fulcher T ₀ | 7.1 | 193.8 | 260 | 176.7 | 147 | 136.1 |
| T ^{200KP} (°C) | 1640 | 1654 | 1652 | 1642 | | |
| 液相溫度(°C) | 1175 | 1235 | 1240 | 1265 | 1280 | 1290 |
| 液相 | 鋰輝石 | 鋰輝石 | 鋰輝石 | 鋰輝石 | 鋅尖晶石 | 鋅尖晶石 |
| 液相黏度(P) | 33000 | 21000 | 20000 | 14000 | 13900 | 14500 |
| 低溫 CTE 25-300°C (ppm/°C) | | 4.6 | | | | |
| 密度(g/cm ³) | | 2.386 | | | | |
| 應力光學係數 (nm/cm/MPa) | 30.47 | 30.9 | 30.75 | 30.83 | 31.07 | 31.44 |
| 589 nm 處的 折射率 | 1.5073 | 1.5087 | 1.51 | 1.5112 | 1.51 | 1.5076 |
| 楊氏模數 (GPa) | 80.39 | 81.4 | 82.19 | 82.05 | 82.6 | 81.63 |
| 剪力模數 (GPa) | 33.16 | 33.8 | 33.85 | 33.78 | 34.13 | 33.58 |
| 帕松比 | 0.211 | 0.205 | 0.213 | 0.215 | 0.209 | 0.214 |
| 比模數 (GPa/g/cc) | | 34.1 | | | | |
| K _{IC} (MPa•m ^{1/2})* | | 0.75 | | | | |
| 維氏硬度 (HVN)* | | 605 | | | | |

* 指示強化之前所量測的玻璃基板性質。

【0170】 表 1C 展示在具有 80% KNO_3 及 20% NaNO_3 以及 430 °C 之溫度的熔融鹽浴中離子交換 16 小時之後，實例 H 之性質。

【0171】 表 1C：在包含 80% KNO_3 及 20% NaNO_3 並具有 430 °C 之溫度的熔融鹽浴中離子交換 16 小時之後，實例 H 之性質。

| | 實例 H |
|--------------|------------------------|
| 最大 CT (MPa) | 75 |
| 努普刮痕閾值* | 在大於約 4 至小於或等於約 6 範圍內 |
| 維氏硬度 (HVN) | 635 |
| 維氏 IFT (kgf) | 在大於約 10 至小於或等於約 15 範圍內 |

* 指示強化之前所量測的玻璃基板性質。

【0172】 在玻璃基底物件包含玻璃陶瓷的情況下，結晶相可包含 β -鋰輝石、金紅石、鋅尖晶石或其他已知結晶相及其組合。

【0173】 玻璃基底物件可為實質上平坦的，儘管其他實施例可利用彎曲或以其他方式成形或雕刻的基板。在一些情況下，玻璃基底物件可具有 3D 或 2.5D 形狀。玻璃基底物件可為實質上光學清透、透明且無光散射的。玻璃基底物件可具有在約 1.45 至約 1.55 範圍內之折射率。如本文所使用，折射率值係就 550 nm 之波長而言。

【0174】 另外或替代地，玻璃基底物件之厚度可沿一或多個維度為恆定的，或可出於審美學及 / 或功能性原因而沿其維度之一或多者而變化。例如，相較於玻璃基底物件之較為中心的區域，玻璃基底物件之邊緣可較厚。玻璃基

底物件之長度、寬度及厚度尺寸亦可根據物件之應用或用途而變化。

【0175】 玻璃基底物件可藉由其形成之方式而特性化。例如，玻璃基底物件可特性化為可浮製形成的(亦即，藉由浮製製程形成)、可下拉的及尤其為可熔合形成或可狹槽拉製(亦即，藉由下拉製程，諸如熔合拉製製程或狹槽拉製製程形成)的情況。

【0176】 可浮製形成的玻璃基底物件可以光滑表面特性化，且均勻厚度係藉由在熔融金屬(典型地為錫)之床層上浮製熔融玻璃來製成。在一示例性製程中，進料至熔融錫床層之表面上的熔融玻璃形成浮製玻璃帶。隨著玻璃帶沿著錫浴流動，溫度逐步降低直至玻璃帶固化成固體玻璃基底物件，該固體玻璃基底物件可自錫提升至滾筒上。一旦離開浴槽，玻璃基底物件即可進一步冷卻並經退火來減少內部應力。在玻璃基底物件為玻璃陶瓷的情況下，由浮製製程形成的玻璃基底物件可經受陶瓷化製程，藉由陶瓷化製程產生一或多個結晶相。

【0177】 下拉製程產生具有均勻厚度之玻璃基底物件，該玻璃基底物件擁有相對原始的表面。因為玻璃基底物件之平均撓曲強度係藉由表面瑕疵之量及大小控制，所以有過最小接觸的原始表面具有較高的初始強度。當此高強度玻璃基底物件接著經進一步強化(例如，化學強化)時，所得強度可高於具有已研磨及拋光的表面之玻璃基底物件的強度。下拉玻璃基底物件可經拉製至小於約 2 mm

之厚度。另外，下拉玻璃基底物件具有極平坦、光滑表面，該表面可用於其最終應用中而無需高成本的研磨及拋光。在玻璃基底物件為玻璃陶瓷的情況下，由下拉製程形成的玻璃基底物件可經受陶瓷化製程，藉由陶瓷化製程產生一或多個結晶相。

【0178】 熔合拉製製程例如使用拉伸槽，該拉伸槽具有用於接收熔融玻璃原料之通道。通道具有堰口，該等堰口在通道之兩側上沿通道之長度於頂部處敞開。當通道充滿熔融材料時，熔融玻璃溢出堰口。由於重力，熔融玻璃作為兩個流動的玻璃膜沿拉製槽之外表面向下流動。拉製槽之此等外表面向下延伸且向內延伸，以使得此等表面在拉製槽下方的邊緣處會合。兩個流動玻璃膜在此邊緣處會合以便熔合並形成單一流動玻璃基底物件。熔合拉製方法提供的優點在於：因為在通道上方流動的兩個玻璃膜熔合在一起，所以所得玻璃基底物件之任一外表面均不與設備之任何部分接觸。因此，熔合拉製玻璃基底物件之表面性質不受此種接觸影響。在玻璃基底物件為玻璃陶瓷的情況下，由熔合製程形成的玻璃基底物件可經受陶瓷化製程，藉由陶瓷化製程產生一或多個結晶相。

【0179】 狹槽拉製製程不同於熔合拉製方法。在狹槽拉製製程中，熔融原料玻璃係提供至拉製槽。拉製槽之底部具有敞開狹槽，該狹槽具有沿狹槽之長度延伸的噴嘴。熔融玻璃流動穿過狹槽/噴嘴且作為連續玻璃基底物件向下拉製並進入退火區域。在玻璃基底物件為玻璃陶瓷的情況

下，由狹槽拉製製程形成的玻璃基底物件可經受陶瓷化製程，藉由陶瓷化製程產生一或多個結晶相。

【0180】 在一些實施例中，玻璃基底物件可使用薄輥軋製程形成，如以下各項中所述：標題為「Precision Glass Roll Forming Process and Apparatus」之美國專利第8,713,972號、標題為「Precision Roll Forming of Textured Sheet Glass」之美國專利第9,003,835號、標題為「Methods And Apparatus For Forming A Glass Ribbon」之美國專利公開案第20150027169號以及標題為「Apparatus and Method for Forming Thin Glass Articles」之美國專利公開案第20050099618號，該等案件之內容係以全文引用方式併入本文。更具體而言，玻璃基底物件可藉由以下方式形成：供應垂直熔融玻璃流，利用維持在約500℃或更高或約600℃或更高之表面溫度下的一對成形輥形成熔融玻璃或玻璃陶瓷之供應流以便形成具有所形成厚度之成形玻璃帶，利用維持在約400℃或更低之表面溫度下之一對定大小輥將所形成的玻璃帶設定大小以便產生具有小於所形成厚度之所欲厚度及所欲厚度均勻性之經大小設定的玻璃帶。用於形成玻璃帶之設備可包括：玻璃進料裝置，用於供應所供應的熔融玻璃流；維持在約500℃或更高之表面溫度下的一對成形輥，該等成形輥相鄰彼此緊密間隔，從而在該等成形輥之間界定玻璃成形間隙，其中玻璃成形間隙垂直地位於玻璃進料裝置下方

以用於接收所供應的熔融玻璃流且在該等成形輥之間薄化所供應的熔融玻璃流，以便形成具有所形成厚度的成形玻璃帶；以及維持在約400°C或更低之表面溫度下的一對大小設定輥，該等大小設定輥相鄰彼此緊密間隔，從而在該等大小設定輥之間界定玻璃大小設定間隙，其中玻璃大小設定間隙垂直地位於成形輥下方以用於接收成形玻璃帶且薄化成形玻璃帶以產生具有所欲厚度及所欲厚度均勻性之經大小設定的玻璃帶。

【0181】 在一些情況下，在玻璃之黏度不允許使用熔合或狹槽拉製方法的情況下，可利用薄輥軋製程。例如，當玻璃展現小於100 kP之液相黏度時，可利用薄輥軋來形成玻璃基底物件。

【0182】 玻璃基底物件可經酸拋光或以其他方式處理來移除或減少表面瑕疵之效應。

本揭示內容之另一態樣係關於包含本文描述的玻璃基底物件之裝置。例如，裝置可包含包括顯示器或需要強化薄玻璃之任何裝置。在一或多個實施例中，裝置為電子裝置，其可包含行動裝置，諸如行動電話、膝上型電腦、平板、mp3播放器、導航裝置及類似裝置；或固定裝置，諸如電腦、電子顯示器、車輛資訊/娛樂系統、告示牌、銷售點系統、導航系統及類似裝置。在一些實施例中，本文描述的玻璃基底物件可併入以下各項中：建築物件(牆壁、夾具、面板、窗戶等)，運輸物件(例如，用於汽車應用、火車、飛機、船舶等中之窗玻璃(glazing)或內表面)，

電器(例如,洗滌機、乾燥機、洗碟機、冰箱及類似物),或需要一些抗斷裂性之任何物件。如第39圖所示,電子裝置1000可包含根據本文描述的一或多個實施例的玻璃基底物件100。裝置100包括外殼1020,該外殼具有前表面1040、背表面1060及側表面1080;電氣組件(未展示),該等電氣組件至少部分地處於外殼內或完全在外殼內且至少包括控制器、記憶體及處於外殼之前表面處或相鄰於前表面的顯示器1120。玻璃基底物件100係展示為安置於外殼之前表面處或之上的蓋件以使得其處於顯示器1120之上。在一些實施例中,玻璃基底物件可用作背面蓋件。

【0183】 本揭示內容之另一態樣係關於一種形成抗斷裂玻璃基底物件之方法。該方法包含提供玻璃基底基板,該玻璃基底基板具有第一表面及第二表面,該等表面界定約3毫米或更小(例如,1毫米或更小)之厚度;以及如本文描述在玻璃基底基板中產生應力分佈以便提供抗斷裂玻璃基底物件。在一或多個實施例中,產生該應力分佈包括將複數種鹼金屬離子離子交換至玻璃基底基板中以形成非零鹼金屬氧化物濃度,該非零鹼金屬氧化物濃度沿厚度之實質部分(如本文所述)或沿全部厚度變化。在一個實例中,產生該應力分佈包含將玻璃基底基板浸沒於包括 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 、 Cs^+ 或其組合之硝酸鹽的熔融鹽浴中,該熔融鹽浴具有約 350°C 或更大(例如,約 350°C 至約 500°C)之溫度。在一個實例中,熔融浴可包含 NaNO_3 、

KNO_3 或其組合，且可具有約 485°C 或更小之溫度。在另一實例中，浴可包含 NaNO_3 及 KNO_3 之混合物且具有約 460°C 之溫度。玻璃基底基板可浸沒於浴中約 2 小時或更久、至多約 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）。

【0184】 在一些實施例中，該方法可包含在單一浴中或在多於一個步驟中使用在多於一個浴中的連續浸沒步驟來化學強化或離子交換該玻璃基底基板。例如，可連續使用兩個或兩個以上的浴。一或多個浴之組成可包括單一金屬（例如， Ag^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 或 Cs^+ ）或在相同浴中金屬之組合。當利用多於一個浴時，浴可彼此具有相同或不同組成及 / 或溫度。在每一此種浴中之浸沒時間可為相同的，或可變化以提供所欲應力分佈。

【0185】 在方法之一或多個實施例中，可利用第二浴或後繼浴來產生較大表面 CS。在一些情況下，該方法包含將玻璃基底基板浸沒在第二或後繼浴以產生較大表面 CS，而不顯著地影響層及 / 或 DOC 之化學深度。在此等實施例中，第二或後繼浴可包括單一金屬（例如， KNO_3 或 NaNO_3 ）或金屬之混合物（ KNO_3 及 NaNO_3 ）。第二或後繼浴之溫度可經特製以產生較大表面 CS。在一些實施例中，玻璃基底基板於第二或後繼浴中之浸沒時間亦可經特製以產生較大表面 CS，而不影響層及 / 或 DOC 之化學深度。例如，於第二或後繼浴中之浸沒時間可小於 10 小

時(例如,約8小時或更少、約5小時或更少、約4小時或更少、約2小時或更少、約1小時或更少、約30分鐘或更少、約15分鐘或更少或約10分鐘或更少)。

【0186】 在一或多個替代實施例中,該方法可包含一或多個熱處理步驟,其可與本文描述的離子交換製程組合使用。熱處理包含熱處理玻璃基底物件以獲得所欲應力分佈。在一些實施例中,熱處理包含將玻璃基底基板退火、回火或加熱至約300°C至約600°C範圍內之溫度。熱處理可持續1分鐘至多約18小時。在一些實施例中,熱處理可在一或多個離子交換製程之後使用或在離子交換製程之間使用。

實例

【0187】 各種實施例將藉由以下實例進一步闡明。在實例中,在強化之前,實例係稱為「基板」。在經受強化之後,實例係稱為「物件」或「玻璃基底物件」。

實例 1

【0188】 提供具有如下文在表2中所示的標稱組成之玻璃陶瓷基板。玻璃陶瓷基板具有0.8毫米之厚度且包含結晶相集合,該結晶相集合包括作為主結晶相的 β -鋰輝石固溶體及包含金紅石之一或多個次要相。玻璃陶瓷基板係浸沒於包含 NaNO_3 的具有485°C之溫度的熔融鹽浴中歷時10小時(條件A)、13小時(條件B)或24小時(條件C),或浸沒於包含 NaNO_3 的具有430°C之溫度的熔融鹽浴中歷時2小時(比較條件D)以形成玻璃陶瓷物件。

【0189】 表2：在化學強化之前，實例1之玻璃陶瓷基板之組成。

| | |
|--|----------------------------|
| 實例=▶ | 1 |
| 氧化物〔莫耳%〕 | |
| SiO ₂ | 69.2 |
| Al ₂ O ₃ | 12.6 |
| B ₂ O ₃ | 1.8 |
| Li ₂ O | 7.7 |
| Na ₂ O | 0.4 |
| MgO | 2.9 |
| ZnO | 1.7 |
| TiO ₂ | 3.5 |
| SnO ₂ | 0.1 |
| [Li ₂ O+Na ₂ O+MgO+ZnO+K ₂ O] [Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃] | $\frac{12.7}{14.4} = 0.88$ |
| [TiO ₂ +SnO ₂] [SiO ₂ +B ₂ O ₃] | $\frac{3.6}{72} = 0.051$ |

【0190】 玻璃陶瓷物件之化學分佈係藉由微探針來量測且在第9圖中展示。經由方程式(4)，應力與濃度成比例：

$$\text{Sigma}(z) = BE / 1 - n (C_{\text{avg}} - C(z)) \quad (4)$$

在方程式(4)中，B為晶格膨脹係數，E為楊氏模數，n為帕松比，且C_{avg}為跨於樣本之濃度積分。如第9圖所示，當利用較高溫浴時(亦即，條件A-C)，Na⁺離子經離子交換幾乎穿過物件之全部厚度。在此種玻璃陶瓷中，Na₂O係以約1.2 mol%或更大的量存在於CT區域中。離子交換至較低溫浴(比較條件D)中的玻璃陶瓷物件展現類似於已知應力分佈的應力分佈。

實例 2

【0191】 具有與表2所示相同組成及0.8 mm之厚度但具有非晶形結構(及無結晶相)的玻璃基板藉由浸沒於包含100% NaNO_3 的具有約430°C之溫度的熔融鹽浴中歷時各種持續時間來化學強化以提供玻璃物件。使用SCALP量測玻璃物件之DOC及最大CT值。如第10圖所示，DOC及最大CT取決於浸沒或離子交換之長度而增加。在將玻璃浸沒約16小時之後觀察到最大CT值。

【0192】 實例2之玻璃物件之應力分佈係使用SCALP量測且在第11圖中展示y軸中指示正應力值之上部部分為CT層，而y軸中指示負應力值之下部部分為CS值。化學強化16小時的玻璃物件之應力分佈展現最大CT值(亦即，175 MPa)及類拋物線形狀，其在深度方向上實質上不包含100微米之平坦部分。藉由SCALP量測的表面CS為約410 MPa。因此，實例2的最大CT與表面CS之絕對值之比率為約0.4375。在第11圖中，正數係用於壓縮應力，而負數指示拉伸應力。此相同慣例(壓縮應力在y軸上指示為正值，而拉伸應力在y軸上指示為負值)係用於第1圖至第3圖且亦用於第33圖。然而，在剩餘圖式中，壓縮應力在y軸上指示為負值，而拉伸應力在y軸上指示為正值。

實例 3

【0193】 比較而言，實例1之玻璃陶瓷基板及實例2之玻璃基板(各自具有約0.8 mm之厚度)藉由浸沒於具有350°C之溫度的 NaNO_3 熔融鹽浴中歷時3.5小時(分別為

實例 3 A 及 3 B) 而經受化學強化。第 12 圖中所示的玻璃陶瓷物件及玻璃物件之所得應力分佈(如使用方程式 4 藉由微探針量測的化學分佈來近似)類似於誤差函數(erfc)或準線性形狀。此外,CS 層深度小於交換至玻璃或玻璃陶瓷中之鹼金屬離子深度(或化學離子交換深度)。

【0194】 當實例 1 之玻璃陶瓷基板及實例 2 之玻璃基板(各自具有約 0.8 mm 之厚度)藉由浸沒於具有 430 °C 之溫度的 NaNO_3 熔融鹽浴中歷時 24 小時(分別為實例 3 C 及 3 D)而經受化學強化,所得玻璃基底物件展現如第 13 圖所示的金屬氧化物濃度分佈(藉由 EMPA 獲得)。金屬氧化物濃度分佈為類拋物線的,且展示遍及全部厚度的 Na^+ 離子離子交換。使用 EMPA 量測化學分佈且 Na_2O 擴散之化學深度係展示為等於或大於 400 微米。此外, Na_2O 以遍及厚度(包含在 CT 層中)約 1 mol% 或更大之濃度存在。實例 3 D 之所得玻璃陶瓷物件在掉落試驗中展現優異的抗斷裂性,在該掉落試驗中玻璃陶瓷基板係改裝至相同行動電話外殼中。具體而言,將實例 3 D 之五個樣本組裝在行動電話裝置中,且以 50 cm 之高度開始掉落在砂紙上達數次連續掉落。當每一樣本自一高度掉落而得以保存時,再次將其自增加高度掉落直至其斷裂,在此點,彼樣本之斷裂高度記錄在第 13 A 圖中。實例 3 D 展現 172.5 cm 之平均斷裂高度。

【0195】 第 14 圖展示根據已知製程化學強化的玻璃基底基板及根據本文描述的方法化學強化的玻璃基底基板

之應力分佈。如第14圖所示，本文描述的實施例之玻璃基底物件之應力分佈具有實質上不含平坦段(具有大於約50微米之長度或絕對深度)的形狀，且展現約 $0.2 \cdot t$ 之DOC，而已知應力分佈展現自約0.1毫米至約0.7毫米之深度的實質上線性及/或平坦部分(達約0.6毫米或600微米之總長度)。已知的應力分佈亦展現較低CT值及較低DOC。

實例 4

【0196】具有表2之組成的玻璃基板(各自具有約1mm之厚度)藉由浸沒於具有 430°C 之溫度的 NaNO_3 之第一熔融鹽浴中歷時24小時而經受化學強化。一個玻璃基底物件不經受任何另外的強化步驟(實例4A)。三個玻璃基底物件藉由浸沒於具有約 430°C 之溫度的 KNO_3 之第二熔融鹽浴中歷時0.75小時、4小時或8小時(分別為實例4B、4C及4D)而經受第二強化步驟。如藉由SCALP量測的所得玻璃基底物件之應力分佈在第15圖中展示，其中在x軸上繪製玻璃基底物件之深度或厚度且在y軸上繪製應力。正應力值為CT值，而負應力值為CS值。儀器之空間解析度禁止相關聯於第二 KNO_3 離子交換步驟的CS之量測。實例4A及4B之玻璃基底物件展現類似分佈。實例4C及4D之玻璃基底物件展現隨時間且在第二強化步驟的浸沒之後逐漸減小的CT(相較於實例4A及4B而言)及逐漸減小的CS(相較於實例4A及4B而言)。實例4C

及 4 D 之玻璃基底物件亦展現相較於實例 4 A 及 4 B 而言增加的 D O C，且此等 D O C 值大於 $0.2 \cdot t$ 。

【0197】第 16 圖展示針對實例 4 B - 4 D 中每一者而言以 J/m^2 計的儲存拉伸能量，其取決於浸沒於 KNO_3 之第二熔融鹽浴中的時間而大於 $15 J/m^2$ 。儲存拉伸能量可由所量測的 S C A L P 應力分佈資料且使用上文方程式 (2) 來計算。

【0198】第 17 圖及第 18 圖展示隨實例 4 B - 4 D 中之每一者的深度 (以微米計) 變化的 K_2O 及 Na_2O 中每一者之濃度分佈。如第 17 圖所示， K_2O 之化學深度為 3 微米 (實例 4 B，在 KNO_3 浴中浸沒 0.75 小時)、6 微米 (實例 4 C，在 KNO_3 浴中浸沒 4 小時) 及 5 微米 (實例 4 D，在 KNO_3 浴中浸沒 8 小時)。如第 18 圖所示， Na_2O 穿透全部深度且對實例 4 B - 4 D 中之每一者而言，具有沿玻璃基底物件之全部深度的約 1 mol% 或更大之濃度。

【0199】實例 4 E 及 4 F 包含具有表 2 之組成的玻璃基板 (各自具有約 1 mm 之厚度)，該等玻璃基板藉由浸沒於具有 $430^\circ C$ 之溫度的 $NaNO_3$ 之第一熔融鹽浴中歷時 24 小時而經受化學強化，繼之以在空氣中熱處理至 $430^\circ C$ 之溫度分別歷時 4 小時或 8.25 小時。實例 4 E、4 F 之玻璃基底物件之應力分佈在第 19 圖中所示，其中展示實例 4 A、4 C 及 4 D 之應力分佈以供比較。第 20 圖以較小標度展示與第 19 圖相同的圖表，以例示應力分佈在 $0.5 \cdot t$ 之深度處或附近之差異。

實例 5

【0200】 具有表 2 之組成的玻璃基板(各自具有約 1 mm 之厚度)藉由浸沒於具有 430 °C 之溫度的 NaNO_3 之第一熔融鹽浴中歷時 24 小時而經受化學強化。一個玻璃基底物件不經受任何另外的強化步驟(實例 5 A)。兩個玻璃基底物件藉由將玻璃基底物件置放於 390 °C 下的熔爐中且在熔爐中維持玻璃基底物件歷時約 8 小時或 28 小時(分別為實例 5 B - 5 C)而經受第二強化步驟。四個玻璃基底物件藉由浸沒於具有 430 °C 之溫度的 KNO_3 之第二熔融鹽浴中歷時 4 小時或 8 小時(實例 5 D - 5 G)而經受第三強化步驟(在第一強化步驟及不同第二強化步驟中任一者之後)。用於實例 5 A - 5 G 中之每一者的強化步驟在表 3 中展示。所量測 CT 值亦在表 3 中展示。

【0201】 表 3：實例 5 A - 5 G 之強化步驟。

| 步驟 | 實例 5A | 實例 5B | 實例 5C | 實例 5D | 實例 5E | 實例 5F | 實例 5G |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 第 1 步驟 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 | NaNO_3 , 430 °C , 24 小時 |
| 第 2 步驟 | | 空氣 , 390 °C , 8 小時 | 空氣 , 390 °C , 28 小時 | 空氣 , 390 °C , 8 小時 | 空氣 , 390 °C , 28 小時 | 空氣 , 390 °C , 8 小時 | 空氣 , 390 °C , 28 小時 |
| 第 3 步驟 | | | | KNO_3 , 430 °C , 4 小時 | KNO_3 , 430 °C , 4 小時 | KNO_3 , 430 °C , 8 小時 | KNO_3 , 430 °C , 8 小時 |
| CT | 174 MPa | 148 MPa | 96 MPa | 129 MPa | 82 MPa | 103 MPa | 72 MPa |

【0202】 所得玻璃基底物件之應力分佈在第 21 圖中展示，其中在 x 軸上繪製玻璃基底物件之深度或厚度且在 y 軸上繪製應力。正應力值為 CT 值，而負應力值為 CS 值。

如第 21 圖所示，當增加第二及 / 或第三熱處理之持續時間時，DOC 增加且 CT 減小。DOC 及 CT 之減小係分別在第 22 圖及第 23 圖中更清楚地展示。

【0203】 實例 5 A - 5 G 之玻璃基底物件隨後經受捅刺試驗，在該捅刺試驗中，玻璃基底物件之一個側面黏附於膠帶且相反裸露側面利用尖銳工具衝擊且斷裂。所得碎片數量可與玻璃基底物件之儲存拉伸能量相關。實例 5 A、5 B 及 5 D 展現眾多碎片 (亦即，超過 50 個且甚至 100 個)，而實例 5 F 展現 10 個碎片，實例 5 C 展現 3 個碎片，且實例 5 E 及 5 G 展現 4 個碎片。斷裂成眾多碎片的實例 5 A、5 B 及 5 D 展現比實例 5 C、5 E、5 F 及 5 G 高的 CT (大於約 100 MPa)，實例 5 C、5 E、5 F 及 5 G 全部具有約 100 MPa 或更小之 CT 值。

實例 6

【0204】 具有如表 2 所示的標稱組成且各自具有約 1 mm 之厚度的玻璃基板在包含 100% NaNO_3 且溫度為 430 °C 之熔融鹽浴中經受化學強化。玻璃基板浸沒於熔融鹽浴中之持續時間在表 5 中展示。

【0205】 表 4：實例 6 A - 6 G 之化學強化持續時間 (或離子交換時間)。

| 實例 | IOX 時間(小時) |
|----|------------|
| 6A | 2 |
| 6B | 4 |
| 6C | 8 |
| 6D | 16 |
| 6E | 24 |
| 6F | 32.5 |

| | |
|----|----|
| 6G | 48 |
|----|----|

【0206】 實例 6 A - 6 G 之玻璃基底物件之應力分佈在第 24 圖中展示。使用 SCALP 量測應力分佈。如第 24 圖所示，玻璃基板在熔融鹽浴中浸沒 16 小時及 24 小時導致就絕對值而言展現最大表面 CS 值及最大 CT 值之玻璃基底物件。展示 CT 值及儲存拉伸能量兩者隨離子交換時間變化而改變的圖表在第 25 圖中展示。

實例 7

【0207】 具有如表 2 所示的標稱組成且具有約 0.8 mm 之厚度的玻璃基板各自在包含 NaNO_3 及 NaSO_4 之混合物且溫度為 500°C 之熔融鹽浴中經受化學強化歷時 15 分鐘(比較實例 7 A)及 16 小時(實例 7 B)。實例 7 A 及 7 B 之玻璃基底物件之應力分佈在第 26 圖中展示。如第 26 圖中所示，比較實例 7 A 展現已知應力分佈，而實例 7 B 展示根據本揭示內容之一或多個實施例的應力分佈。實例 7 A 及 7 B 之玻璃基底物件之儲存拉伸能量係以與實例 4 B - 4 D 相同的方式計算。繪製所計算儲存拉伸能量隨所量測 CT (MPa) 的變化，如第 27 圖所示。

【0208】 如第 27 圖所示，比較 7 A 展現針對給定 CT 值比實例 7 B 大得多的儲存拉伸能量值(針對相同 CT 值而言)。在此圖中，CT 為樣本中之最大 CT。具體而言，在約 55 MPa 之 CT 下，比較實例 7 A 展現約 12.5 J/m^2 之儲存拉伸能量，而實例 7 B 展現約 9 J/m^2 之儲存拉伸能量。比較實例 7 A 及實例 7 B 斷裂而實例 7 B 比比實例 7 A 斷

裂成更少的小塊，比較實例 7 A 斷裂成顯著更大數量的小塊。因此，在不受理論約束的情況下，威信控制儲存拉伸能量可提供控制或預測由斷裂引起的碎片之碎裂模式或數量之方式。在此等實例中，CT 藉由將樣本保持在離子交換浴中達較長時間段同時使用相同浴溫度及組成物而變化。在第 27 圖中，點 0,0 不是經驗的，但將為一般技藝人士將預期的狀況，亦即，當存在 0 CT 時，將存在 0 儲存拉伸能量。

【0209】 具有如表 2 所示的標稱組成且具有約 1 mm 之厚度的玻璃基板各自在包含 NaNO_3 且溫度為 430°C 之熔融鹽浴中經受化學強化歷時 4 小時(比較實例 7 C)及 61.5 小時(實例 7 D)。比較實例 7 C 展現已知應力分佈，而實例 7 D 展示根據本揭示內容之一或多個實施例的應力分佈。實例 7 C 及 7 D 之儲存拉伸能量係使用實例 4 B - 4 D 所用的相同方法計算，且繪製隨所量測 CT (MPa) 的變化，如第 28 圖所示。

【0210】 如第 28 圖所示，比較 7 C 展現針對給定 CT 值(再次，如第 27 圖，此等值為最大 CT 值，且再次，該等值藉由使用相同離子交換浴溫度及組成，但利用較長時間段而變化)比實例 7 D (針對相同 CT 值)大得多的儲存拉伸能量值。比較實例 7 C 及實例 7 D 斷裂而實例 7 D 比比較實例 7 C 斷裂成更少的小塊，比較實例 7 C 斷裂成顯著更大數量的小塊。

實例 8

【0211】 使具有以下標稱組成且具有約0.8 mm之厚度的玻璃基板經受表5之離子交換條件：70.9 mol% SiO₂、12.8 mol% Al₂O₃、1.95 mol% B₂O₃、7.95 mol% Li₂O、2.43 mol% Na₂O、2.98 mol% MgO、0.89 mol% ZnO及0.1 mol% SnO₂。實例8之各種性質係與表6中之實例2比較。

【0212】 表5：實例8之離子交換條件。

| 條件 | 浴組成 | 浴溫度(°C) | 浸沒時間 |
|----|--|---------|--------|
| 1 | 100% NaNO ₃ | 430°C | 16小時 |
| 2 | 20% NaNO ₃ , 80% KNO ₃ | 430°C | 11小時 |
| 3 | 100% NaNO ₃ | 430°C | 24小時 |
| 4 | 20% NaNO ₃ , 80% KNO ₃ | 430°C | 12.5小時 |

【0213】 表6：實例8及實例2之性質的比較。

| 性質 | 單位 | 實例8 | 實例2 |
|----------------|-----------|--------|-------|
| 應變點 | °C | 592 | 615 |
| 退火點 | °C | 642 | 663 |
| 楊氏模數 | GPa | 81.4 | 83.8 |
| 剪力模數 | GPa | 33.8 | 34.3 |
| 帕松比 | | 0.211 | 0.222 |
| CTE (RT-300°C) | ppm/°C | 4.58 | 3.84 |
| 熱傳導率 | W/cm*K | | |
| SOC | nm/cm/MPa | 30.94 | 32.65 |
| 折射率(在 550 nm) | | 1.5087 | 1.532 |

【0214】 量測實例8之玻璃基底物件之應力分佈且展現本文描述的形狀。

【0215】 提供具有與實例8相同厚度的根據實例2、比較實例8A及8B之玻璃基板。根據實例2之玻璃基板係離子交換至100% NaNO₃並具有430°C之溫度的熔融浴中歷時33小時。比較實例8A係離子交換至具有390°C之溫

度的 100% NaNO_3 熔融浴中歷時 16 小時，且亦展現已知的誤差函數應力分佈。根據實例 8 B 之玻璃基板包含 57.5 mol% SiO_2 、16.5 mol% Al_2O_3 、16.7 mol% Na_2O 、2.5 mol% MgO 及 6.5 mol% P_2O_5 之標稱組成，且經離子交換以展現已知的誤差函數應力分佈。如本文所使用，術語「誤差函數應力分佈」係指類似於第 1 圖之應力分佈。

【0216】來自實例 2、實例 8 及比較實例 8 A 及 8 B 之玻璃基底物件隨後改裝至相同行動電話裝置上。電話裝置以 20 公分開始自遞增高度掉落於 30 粒砂紙上。若玻璃基底物件自一個高度(例如，20 cm)掉落而保存，則再次將行動電話自較大高度(例如，30 cm、40 cm、50 cm 等等)掉落。玻璃基底物件之試驗失敗時的高度繪製在第 29 圖中，圖中亦展示實例 2 及 8 以及比較實例 8 A 及 8 B 之樣本的平均斷裂高度。如第 29 圖所示，實例 2 及 8 在比較實例 8 A 及 8 B 顯著更大的掉落高度情況下展現斷裂。具體而言，比較實例 8 A 及 8 B 分別在約 38 cm 及 55 cm 之掉落高度下展現斷裂，而實例 2 及 8 分別在約 147 cm 及 132 cm 之掉落高度下展現斷裂。

【0217】利用新樣本，使用相同行動電話裝置，在 180 粒砂紙上重複相同試驗。比較實例 8 A 之平均斷裂高度為 204 cm，比較實例 8 B 之平均斷裂高度為 190 cm，實例 2 之平均斷裂高度為 214 cm，且實例 8 之平均斷裂高度為 214 cm。

【0218】 使根據比較實例8C的具有以下標稱組成及0.8 mm之厚度的玻璃基板離子交換以展現已知的誤差函數應力分佈：65 mol% SiO_2 、5 mol% B_2O_3 、14 mol% Al_2O_3 、14 mol% Na_2O 、2 mol% MgO 及0.1 mol% SnO_2 如表5所示，使實例2及比較實例8B（在此實例中展現如上文所述的應力分佈）、比較實例8C之玻璃基底物件樣本及根據條件4離子交換的玻璃基底物件經受如本文描述的A-ROR試驗。

【0219】 實例6及8以及比較實例8C係使用25 psi及45 psi之負載或壓力研磨，且實例2係僅使用25 psi之負載研磨。AROR資料在第30圖中展示。如第30圖所示，在各別研磨負載或壓力下，實例2及8展現比比較實例8B及比較實例8C更高的斷裂負載。

【0220】 使實例2（在此實例中如上文所述離子交換）及8（根據條件4離子交換）之玻璃基底物件樣本經受4點彎曲試驗。結果在第31圖中之韋伯分佈曲線圖中展示。如第31圖所示，實例8展現較高的斷裂應力或負載（例如，大於約400 MPa）。

【0221】 如上文所示，自具有大於525°C之應變點的組成物製成的玻璃基底物件致能在約350°C至約480°C範圍內之離子交換溫度（或離子交換浴溫度）。在一些實施例中，展現大於約800平方微米/小時之單價離子擴散率的玻璃組成物致能金屬氧化物擴散至玻璃基底物件中以快

速穿透物件之全部深度或厚度，以使得應力鬆弛得以最小化，過度應力鬆弛可減少玻璃基底物件之表面壓縮應力。

【0222】 熟習此項技術者將明白的是，可在不脫離本發明之精神或範疇的情況下做出各種修改及變化。

實例 9

【0223】 具有與實例 8 相同組成及約 0.8 mm 之厚度的玻璃基板藉由根據提供於表 7 中之條件浸沒於具有 430 °C 之溫度的 100% NaNO₃ 熔融鹽浴中而經受離子交換。所得玻璃基底物件展現最大 CT 值，在第 32 圖中繪製其隨離子交換時間的變化。

【0224】 表 7：實例 9A - 9E 之離子交換條件。

| 實例 | 浸沒於浴中之時間(小時) | 最大 CT (MPa) |
|----|--------------|-------------|
| 9A | 2 小時 | 105 |
| 9B | 4 小時 | 145 |
| 9C | 8 小時 | 144 |
| 9D | 16.5 小時 | 115 |
| 9E | 24 小時 | 79 |

【0225】 實例 9D 之應力分佈係使用折射近場 (refracted near-field; RNF) 量測來量測，如標題為「Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample」之美國專利第 8,854,623 號所述，該專利係以全文引用方式併入本文中。第 33 圖展示所量測應力隨自實例 9D 之玻璃基底物件之表面延伸至玻璃基底物件中的深度之變化。在具體深度

處之應力在表 8 中展示，包含在「膝部」之深度，該膝部為應力之斜率猛烈變化所處的深度。

【0226】 表 8：實例 9 D 的在具體深度處之應力。

| 深度(微米) | 應力(MPa) |
|-----------|---------|
| 12 (「膝部」) | 151 |
| 50 | 105 |
| 100 | 66 |
| 150 | 20 |

實例 10

【0227】 實例 10 A 包含具有與實例 1 相同的組成及 0.8 mm 之厚度的玻璃基板。玻璃基板在包含 80% KNO_3 及 20% NaNO_3 且具有約 430 °C 之溫度的單一熔融鹽浴中離子交換歷時 16 小時。所得玻璃基底物件展現如表 9 所述的應力分佈。

【0228】 表 9：實例 10 A 之應力分佈。

| | |
|----------------------|---------|
| 表面壓縮應力 | 500 MPa |
| 鉀之層深度(如藉由 FSM 技術所量測) | 12 微米 |
| 鉀 DOL 處之應力 | 151 MPa |
| 最大 CT | 90 MPa |
| DOC | 160 微米 |

【0229】 根據實例 10 A 之玻璃基底物件經受如本文描述的 AROR 測試。一組玻璃基底物件使用 5 psi 之負載或壓力研磨，第二組玻璃基底物件使用 25 psi 之負載或壓

之範圍內，且在約380 nm至約800 nm波長範圍上處於約1.496至約1.503之範圍內。

【0233】 根據實例10A之玻璃基底物件經受如表10所示的各種化學處理。將玻璃基底物件之化學穩定性與比較實例10B、10C及10D比較。比較實例10B為具有以下標稱組成之玻璃基板：64.3 mol% SiO₂、7.02 mol% B₂O₃、14 mol% Al₂O₃、14 mol% Na₂O、0.5 mol% K₂O、0.03 mol% Fe₂O₃及0.1 mol% SnO₂。比較實例10C為具有以下標稱組成之玻璃基板：64.75 mol% SiO₂、5 mol% B₂O₃、14 mol% Al₂O₃、13.75 mol% Na₂O、2.4 mol% MgO及0.08 mol% SnO₂。比較實例10D包含具有以下標稱組成之玻璃基板：57.5 mol% SiO₂、16.5 mol% Al₂O₃、16.71 mol% Na₂O、2.8 mol% MgO、0.05 mol% SnO₂及6.5 mol% P₂O₅。

【0234】 表10：實例10A及比較實例10B、10C及10D之化學穩定性。

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

| | | | | |
|----------|--|--|--|--|
| 溫, 20 分鐘 | | | | |
|----------|--|--|--|--|

實例 11

【0235】 實例 11A 包含具有與實例 1 相同的組成及 0.8 mm 之厚度的玻璃基板。比較實例 11B 包含具有與比較實例 10D 相同的組成及 0.8 mm 之厚度的玻璃基板。實例 11A 之玻璃基板在單步中使用單一浴來化學強化，如表 11 所述。比較實例 3B 之玻璃基板係在兩步製程中離子交換，如表 11 所述。

【0236】 表 11：實例 11A 及比較實例 11B 之離子交換條件。

| | | 實例 11A | 比較實例 11B |
|-----------|------------|---|--|
| 第 1 步驟 | 熔融鹽浴組成 | 20% NaNO ₃ /80% KNO ₃ | 49% NaNO ₃ /51% KNO ₃ |
| | 浴溫度 | 430°C | 460°C |
| | 浸沒時間 | 16 小時 | 14 小時 |
| 第 2 步驟 | 熔融鹽浴組成 | - | 99.5% KNO ₃ /0.5% NaNO ₃ |
| | 浴溫度 | - | 390°C |
| | 浸沒時間 | - | 0.25 小時 |
| 所得玻璃物件之性質 | 表面 CS | 500 MPa | 825 MPa |
| | 鉀 DOL | 12 微米 | 10 微米 |
| | 鉀 DOL 處之應力 | 150 MPa | 220 MPa |
| | DOC | 160 微米 | 100 微米 |

【0237】 根據實例 11A 及比較實例 11B 之玻璃基底物件係改裝至相同行動電話裝置上。電話裝置以 20 公分開始自遞增高度掉落於 30 粒砂紙上。玻璃基底物件在 30 粒砂紙上試驗失敗時的高度在第 36 圖中繪製。如第 36 圖所示，實例 11A 之玻璃基底物件展現比比較實例 11B 之平均

保存掉落高度(亦即, 38 cm)超過三倍(亦即, 127 cm)之平均保存掉落高度。

【0238】 根據實例11A及比較實例11B之玻璃基底物件使用25 psi之負載或壓力經受AROR測試, 如本文所述。實例10A之玻璃基底基板展現約31.3 kgf之平均斷裂負載, 而比較實例10B之玻璃基底基板展現約27.4 kgf之平均斷裂負載, 如第37圖所示。當研磨負載或壓力增加至45 psi時, 實例10A及比較實例10B之平均斷裂負載的差異增加。具體而言, 在45 psi負載或壓力下, 實例10A展現約28.9 kgf之平均斷裂負載, 而比較實例10B展現約19.6 kgf之平均斷裂負載, 如第38圖所示。

實例 12

【0239】 實例12A及12B包含具有如實例1H中之標稱組成及0.8 mm之厚度的玻璃基板。實例12A之玻璃基板係在430°C下在具有6.5% Na:93.5% K之浴中化學強化4.5小時, 且產生約656之CS、約8.1之DOL及約105 MPa至約130 MPa之CS_k(或在膝部處之壓縮應力)。實例12B之基板係在430°C之溫度下在具有7% Na:93% K之浴中化學強化4.5小時, 且產生約640 MPa之CS、約8.2之DOL及約100 MPa之CS_k。實例12A及12B經受根據本文描述的程序之砂紙上倒置球掉落(inverted ball drop on sandpaper; IBoS)試驗。使用30粒砂紙及具有10 mm之直徑的4.2 g不銹鋼球進行試驗。

【0240】 表12：經受IBoS測試之樣本的樣本厚度、層深度 (depth of layer; DOL)、表面壓縮應力 (compressive stress; CS)、估計平均斷裂高度及各種高度下之保存百分比 (surv.)。

| 樣本 | 厚度 (mm) | CS (MPa) | DOL (μm) | 平均斷裂高度 (cm) | % surv. 75 cm | % surv. 80 cm | % surv. 85 cm | % surv. 90 cm |
|-----|---------|----------|----------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 12A | 0.8 | 656 | 8.1 | 88 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 12B | 0.8 | 640 | 8.2 | 76 | 60 | 60 | 60 | 40 |

【0241】 樣本組12A展現88 cm之平均斷裂高度。另外，五個樣本中的四個耐受各自為75 cm、80 cm、85 cm、90 cm及95 cm之掉落高度，從而在此等高度中每一者下產生80%保存率。樣本組12B展現76 cm之平均斷裂高度。另外，五個樣本中的三個耐受各自為75 cm、80 cm及85 cm之掉落高度，從而在此等高度中每一者下產生60%保存率。

【0242】 樣本組12A及12B亦經受如上文所述的努普刮痕閾值測試。樣本組12A具有大於7 N及小於14 N之努普刮痕閾值。另一方面，樣本組12B具有大於10 N及小於16 N之努普刮痕閾值。

【0243】 熟習此項技術者將明白的是，可在不脫離本發明之精神或範疇的情況下做出各種修改及變化。例如，各種特徵可根據以下示範性實施例加以組合。

【0244】 實施例1. 一種玻璃基底物件，其包括：第一表面及與第一表面相對的界定面積(平方吋)之第二表面，該等表面界定厚度(t)；

金屬氧化物之濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍變化；及

中心張力 (central tension; CT) 區域，其包括 $71.5 / \sqrt{t}$ 至 $100 / \sqrt{t}$ 之最大 CT，

其中，當玻璃基底物件斷裂時，玻璃基底物件斷裂成大於 2 個碎片/吋² 的玻璃基底物件，其中樣本大小為 5.08 cm 乘 5.08 cm (2 吋乘 2 吋) 平方。

【0245】 實施例 2. 如實施例 1 之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度為非零的且沿全部厚度變化。

【0246】 實施例 3. 如實施例 1 或實施例 2 之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之單價離子產生沿厚度範圍之應力。

【0247】 實施例 4. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加。

【0248】 實施例 5. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約 300 MPa 或更大之表面壓縮應力 (compressive stress; CS)。

【0249】 實施例 6. 如實施例 5 之玻璃基底物件，其中表面 CS 為約 400 MPa 或更大。

【0250】 實施例 7. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度遍及厚度為約 0.05 mol% 或更大。

【0251】 實施例8. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中第一表面處的金屬氧化物之濃度比在等於約 $0.5 \cdot t$ 之深度處的金屬氧化物之濃度大約1.5倍。

【0252】 實施例9. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中玻璃基底物件包括在約1 mol%至約15 mol%範圍內的金屬氧化物之總濃度。

【0253】 實施例10. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物包括以下任何一或多者： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0254】 實施例11. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約200 MPa或更大之表面CS及約 $0.4 \cdot t$ 或更大之化學層深度。

【0255】 實施例12. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括自第一表面延伸至DOC之CS，其中DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0256】 實施例13. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中CT區域包括金屬氧化物。

【0257】 實施例14. 如實施例11之玻璃基底物件，其中最大CT與表面CS之絕對值之比率在約0.1至約0.8範圍內。

【0258】 實施例15. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其中 t 包括約3毫米或更小。

【0259】 實施例16. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括非晶形結構。

【0260】 實施例17. 如實施例1-15之玻璃基底物件，其進一步包括晶體結構。

【0261】 實施例18. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步展現在約380 nm至約780 nm範圍內的波長上約88%或更大之透射率。

【0262】 實施例19. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步展現在CIE施照體F02下的以下CIE LAB色空間坐標：約88及更大之 L^* 值、在約-3至約+3範圍內的 a^* 值，以及在約-6至約+6範圍內之 b^* 值。

【0263】 實施例20. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括：

第一金屬氧化物濃度及第二金屬氧化物濃度，

其中第一金屬氧化物濃度在約 $0 \cdot t$ 至約 $0.5 \cdot t$ 之第一厚度範圍內在約0 mol%至約15 mol%範圍內，且

其中第二金屬氧化物濃度在約0微米至約25微米之第二厚度範圍內在約0 mol%至約10 mol%範圍內。

【0264】 實施例21. 如實施例20之玻璃基底物件，其進一步包括第三金屬氧化物。

【0265】 實施例22. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約70 GPa或更大之楊氏模數。

【0266】 實施例23. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括小於約100千泊(kP)之液相黏度。

之絕對值之比率在約 0.01 至約 0.2 範圍內，且其中 DOC 為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，且

其中，當玻璃基底物件斷裂時，玻璃基底物件斷裂成至少 2 個碎片/吋²，其中樣本大小為 5.08 cm 乘 5.08 cm (2 吋乘 2 吋)平方。

【0270】 實施例 27. 如實施例 26 之玻璃基底物件，其進一步包括約 300 MPa 或更大之表面 CS。

【0271】 實施例 28. 如實施例 26 或實施例 27 之玻璃基底物件，其進一步包括約 200 MPa 或更大之表面 CS 及約 $0.4 \cdot t$ 或更大之化學層深度。

【0272】 實施例 29. 如實施例 26-28 中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括自第一表面延伸至 DOC 之 CS 層，其中 DOC 為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0273】 實施例 30. 如實施例 26-29 中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括 CT 區域，其中 CT 區域包括金屬氧化物濃度，其為非零的且有所變化。

【0274】 實施例 31. 如實施例 26-30 中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括最大 CT 與表面 CS 之絕對值之比率在約 0.1 至約 0.8 範圍內。

【0275】 實施例 32. 如實施例 26-31 中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約 70 GPa 或更大之楊氏模數。

【0276】 實施例 33. 如實施例 26-32 中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括小於約 100 kPa 之液相黏度。

【0277】 實施例34. 如實施例26-33中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：
包括約 17 mol% 或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物，
包括約 4 mol% 或更小 Na_2O 之組成物，
包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物，以及
實質上不含 P_2O_5 之組成物。

【0278】 實施例35. 一種裝置，其包括：
外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；
電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；
顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；
及
蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括如
實施例26-34中任一實施例之玻璃基底物件。

【0279】 實施例36. 一種玻璃基底物件，其包括：
第一表面及與第一表面相對之第二表面，該等表面界定厚度(t)；及
金屬氧化物之濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$
之厚度範圍變化；
大於約 200 MPa 或更大之表面壓縮應力；及
CT 區域，其具有在約 $71.5 / \sqrt{(t)}$ 至約 $100 / \sqrt{(t)}$ 範圍內
之最大 CT。

【0280】 實施例37. 如實施例36之玻璃基底物件，其中金屬氧化物濃度之厚度範圍為約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 。

【0281】 實施例38. 如實施例36或實施例37之玻璃基底物件，其中金屬氧化物濃度之厚度範圍為約 $0 \cdot t$ 至約 $0.45 \cdot t$ 。

【0282】 實施例39. 如實施例36-38中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之單價離子產生沿厚度範圍之應力。

【0283】 實施例40. 如實施例39之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之單價離子具有在玻璃基底基板中該等金屬氧化物之所有該等單價離子之最大離子直徑。

【0284】 實施例41. 如實施例36-40中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加。

【0285】 實施例42. 如實施例36-41中任一實施例之玻璃基底物件，其中，當玻璃基底物件斷裂時，玻璃基底物件斷裂成至少1個碎片/吋²至多40個碎片/吋²，其中樣本大小為5.08 cm乘5.08 cm (2吋乘2吋)平方。

【0286】 實施例43. 如實施例36-42中任一實施例之玻璃基底物件，其中玻璃基底物件包括在約460℃下約 $450 \mu\text{m}^2$ /小時或更大之鈉或鉀離子擴散率，及大於約 $0.15 \cdot t$ 之DOC，且其中表面CS為最大CT的1.5倍或更大。

【0287】 實施例44. 如實施例36-43中任一實施例之玻璃基底物件，其中玻璃基底物件包括約 $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大之斷裂韌性(K_{1c})。

【0288】 實施例45. 如實施例36-44中任一實施例之玻璃基底物件，其中表面CS大於最大CT。

【0289】 實施例46. 如實施例36-45中任一實施例之玻璃基底物件，其中表面CS為約 300 MPa 或更大，且厚度為約2毫米或更小。

【0290】 實施例47. 如實施例36-46中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度遍及厚度為約 $0.05 \text{ mol}\%$ 或更大。

【0291】 實施例48. 如實施例36-47中任一實施例之玻璃基底物件，其中第一表面處的金屬氧化物之濃度比在等於約 $0.5 \cdot t$ 之深度處的金屬氧化物之濃度大約1.5倍。

【0292】 實施例49. 如實施例36-48中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之總濃度在約 $1 \text{ mol}\%$ 至約 $15 \text{ mol}\%$ 範圍內。

【0293】 實施例50. 如實施例36-49中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約 $0.4 \cdot t$ 或更大之化學層深度。

【0294】 實施例51. 如實施例36-50中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括自第一表面延伸至DOC之CS層，其中DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0295】 實施例52. 如實施例36-51中任一實施例之玻璃基底物件，其中CT區域包括金屬氧化物。

【0296】 實施例53. 如實施例36-52中任一實施例之玻璃基底物件，其中最大CT與表面CS之絕對值之比率在約0.1至約0.8範圍內。

【0297】 實施例54. 如實施例36-53中任一實施例之玻璃基底物件，其中 t 包括約3毫米或更小。

【0298】 實施例55. 如實施例36-54中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約70 GPa或更大之楊氏模數。

【0299】 實施例56. 如實施例36-55中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括小於約100 kPa之液相黏度。

【0300】 實施例57. 如實施例36-56中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約17 mol%或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物，

包括約4 mol%或更小 Na_2O 之組成物，

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物，以及實質上不含 P_2O_5 之組成物。

【0301】 實施例58. 一種裝置，其包括：

外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；

電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；

顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；

及

蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括如實施例 36-57 中任一實施例之玻璃基底物件。

【0302】 實施例 59. 一種玻璃基底物件，其包括：
第一表面及與第一表面相對之第二表面，該等表面界定厚度 (t)；及
形成濃度梯度之金屬氧化物，
其中金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加，
其中在該點處金屬氧化物之濃度為非零的，且
其中玻璃基底物件包括約大於 0 J/m^2 至小於 20 J/m^2 之儲存拉伸能量及約 70 GPa 或更大之楊氏模數。

【0303】 實施例 60. 如實施例 59 之玻璃基底物件，其進一步包括約 300 MPa 或更大之表面 CS。

【0304】 實施例 61. 如實施例 59 或實施例 60 之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之濃度遍及厚度為約 0.05 mol\% 或更大。

【0305】 實施例 62. 如實施例 59-61 中任一實施例之玻璃基底物件，其中第一表面處的金屬氧化物之濃度比在等於約 $0.5 \cdot t$ 之深度處的金屬氧化物之濃度大約 1.5 倍。

【0306】 實施例 63. 如實施例 59-62 中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物之總濃度在約 1 mol\% 至約 15 mol\% 範圍內。

【0307】 實施例64. 如實施例59-63中任一實施例之玻璃基底物件，其中金屬氧化物包括以下任何一或多者： Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0308】 實施例65. 如實施例59-64中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括自第一表面延伸至DOC之CS層，其中DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0309】 實施例66. 如實施例59-65中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括CT區域，其中CT區域包括金屬氧化物濃度梯度。

【0310】 實施例67. 如實施例66之玻璃基底物件，其中CT區域包括最大CT，且最大CT與表面CS之絕對值之比率在約0.1至約0.8範圍內。

【0311】 實施例68. 如實施例59-67中任一實施例之玻璃基底物件，其中 t 包括約3毫米或更小。

【0312】 實施例69. 如實施例67之玻璃基底物件，其中最大CT在約 $71.5/\sqrt{t}$ 至約 $100/\sqrt{t}$ 範圍內。

【0313】 實施例70. 如實施例59-69中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括小於約100 kP之液相黏度。

【0314】 實施例71. 如實施例59-70中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約17 mol%或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物，

包括約4 mol%或更小 Na_2O 之組成物，

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物，以及

【0318】 實施例75. 如實施例73或實施例74之玻璃基底物件，其進一步包括金屬氧化物之非零濃度，其沿小於約10微米之厚度段連續地變化。

【0319】 實施例76. 如實施例73-75中任一實施例之玻璃基底物件，其中最大CS包括約300 MPa或更大。

【0320】 實施例77. 如實施例73-76中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括約 $0.4 \cdot t$ 或更大之化學層深度。

【0321】 實施例78. 如實施例73-77中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括CT區域，其中CT區域包括金屬氧化物濃度梯度。

【0322】 實施例79. 如實施例73-78中任一實施例之玻璃基底物件，其中 t 包括約3毫米或更小。

【0323】 實施例80. 如實施例73-79中任一實施例之玻璃基底物件，其中最大CT大於或等於約 $71.5 / \sqrt{t}$ 。

實施例81. 如實施例73-80中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括小於約100 kP之液相黏度。

【0324】 實施例82. 如實施例73-81中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約17 mol%或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物，

包括約4 mol%或更小 Na_2O 之組成物，

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物，以及

實質上不含 P_2O_5 之組成物。

【0325】 實施例83. 一種裝置，其包括：
 外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；
 電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；
 顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；
 及
 蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括如
 實施例73-82中任一實施例之玻璃基底物件。

【0326】 實施例84. 一種玻璃基底物件，其包括：
 應力分佈，其包含CS區域及CT區域，其中CT區域藉由
 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Max T為最大張力值， CT_n 小於或等於Max T且以
 MPa為單位提供為正值，x為以微米計的沿厚度(t)之位
 置，且n在1.5與5之間。

【0327】 實施例85. 如實施例84之玻璃基底物件，其
 中CT區域包括在約50 MPa至約250 MPa範圍內之最大
 CT值，且最大CT值處於在約0.4t至約0.6t範圍內之深
 度處。

【0328】 實施例86. 如實施例84或實施例85之玻璃基
 底物件，其中，自在約0t至約0.1t微米範圍內之厚度，
 應力分佈包括在約20 MPa/微米至約200 MPa/微米範
 圍內之斜率。

【0329】 實施例87. 如實施例84-86中任一實施例之玻璃基底物件，其中應力分佈藉由複數個誤差函數如自 $0.5t$ 至表面所量測來近似。

【0330】 實施例88. 一種玻璃基板在強化玻璃基底物件中之用途，該玻璃基板包括(以mol%計)：

呈在約68至約75範圍內之量的 SiO_2 ；

呈在約10至約15範圍內之量的 Al_2O_3 ；

呈在約0.5至約5範圍內之量的 B_2O_3 ；

呈在約2至約10範圍內之量的 Li_2O ；

呈在約0至約6範圍內之量的 Na_2O ；

呈在約1至約4範圍內之量的 MgO ；

呈在約0至約3範圍內之量的 ZnO ；及

呈在約0至約5範圍內之量的 CaO ，

其中玻璃基板為離子可交換的且為非晶形的，

其中玻璃基板展現以下任何一或多者：

在約0.45至約1範圍內的 Li_2O 與 R_2O 之比率；

在約-5至約0範圍內的 R_2O 之總量與 Al_2O_3 之量之間的差異；

在約0至約3範圍內的 R_xO 之總量(以mol%計)與 Al_2O_3 之量之間的差異；及

在約0至約1範圍內的 MgO 之量(以mol%計)與 RO 之總量(以mol%計)的比率，且

其中玻璃基板實質上不合成核劑。

【0331】 實施例89. 一種玻璃基板，其包括組成物，該組成物包含以mol%計

呈在約68至約75範圍內之量的 SiO_2 ；

呈在約10至約15範圍內之量的 Al_2O_3 ；

呈在約0.5至約5範圍內之量的 B_2O_3 ；

呈在約2至約10範圍內之量的 Li_2O ；

呈在約0至約6範圍內之量的 Na_2O ；

呈在約1至約4範圍內之量的 MgO ；

呈在約0至約3範圍內之量的 ZnO ；及

呈在約0至約5範圍內之量的 CaO ，

其中玻璃基板為離子可交換的且為非晶形的，

其中玻璃基板展現以下任何一或多者：

在約0.45至約1範圍內的 Li_2O 與 R_2O 之比率；

在約-5至約0範圍內的 R_2O 之總量與 Al_2O_3 之量之間的差異；

在約0至約3範圍內的 R_xO 之總量(以mol%計)與 Al_2O_3 之量之間的差異；及

在約0至約1範圍內的 MgO 之量(以mol%計)與 RO 之總量(以mol%計)的比率，且

其中玻璃基板實質上不含成核劑。

【0332】 實施例90. 一種玻璃基板，其包括組成物，該組成物包含以mol%計

呈在約68至約75範圍內之量的 SiO_2 ；

呈在約10至約15範圍內之量的 Al_2O_3 ；

呈在約 0.5 至約 5 範圍內之量的 B_2O_3 ；

呈在約 2 至約 10 範圍內之量的 Li_2O ；

呈在約 0 至約 6 範圍內之量的 Na_2O ；

呈在約 1 至約 4 範圍內之量的 MgO ；

呈在約 0 至約 3 範圍內之量的 ZnO ；及

呈在約 0 至約 5 範圍內之量的 CaO ，

其中玻璃基板為非晶形的且為強化的 ，

其中 Na_2O 濃度變化 ， 且玻璃基板實質上不含成核劑 。

【0333】 實施例 91. 如實施例 90 之玻璃基板 ， 其進一步展現以下任何一或多者

在約 0.45 至約 1 範圍內的 Li_2O 與 R_2O 之比率 ；

在約 -5 至約 0 範圍內的 R_2O 之總量與 Al_2O_3 之量之間的差異 ；

在約 0 至約 3 範圍內的 R_xO 之總量 (以 mol% 計) 與 Al_2O_3 之量之間的差異 ； 及

在約 0 至約 1 範圍內的 MgO 之量 (以 mol% 計) 與 RO 之總量 (以 mol% 計) 的比率 。

【0334】 實施例 92. 如實施例 1-88 中任一實施例之玻璃基底物件 ， 第一表面及第二表面中至少一者之努普刮痕閾值為大於 7 N 。

【0335】 實施例 93. 如實施例 1-88 及 92 中任一實施例之玻璃基底物件 ， 第一表面及第二表面中至少一者之努普刮痕閾值為小於 14 N 。

【0336】 實施例94. 如實施例1-88及92-93中任一實施例之玻璃基底物件，其中當經受利用具有10 mm之直徑的4.2 g不銹鋼球自以下之一者的高度於定位在玻璃之表面上方的30粒砂紙上進行的倒置球掉落試驗時：(i)約80 cm；(ii)約88 cm；(iii)約90 cm；及(iv)約95 cm，強化玻璃基底基板具有以下之一者：(i)至少60%保存率；(ii)至少80%保存率；砂紙如此定位使得在砂紙與玻璃之表面之間存在100 μm氣隙，其中保存率係基於測試至少5個樣本。

【0337】 實施例95. 如實施例1-88及92-94中任一實施例之玻璃基底物件，其中當經受利用具有10 mm之直徑的4.2 g不銹鋼球於定位在玻璃之表面上方的30粒砂紙上進行的倒置球掉落試驗時，強化玻璃基底基板具有以下之一者的平均斷裂高度：(i)大於70 cm；(ii)大於75 cm；(iii)大於80 cm；及(iv)大於85 cm，砂紙如此定位使得在砂紙與玻璃之表面之間存在100 μm氣隙，其中保存率係基於測試至少5個樣本。

【符號說明】

【0338】

100 熱處理玻璃物件

101 第一表面

110 表面CS

120 最大中心張力

130 壓縮深度

- 200 經化學強化之玻璃基底物件 / 玻璃基底物件
- 201 第一表面
- 210 表面 CS
- 220 最大 CT
- 230 DOC
- 300 玻璃基底物件
- 302 第一表面
- 304 第二表面
- 310 表面 CS
- 312 應力分佈
- 315 CS 層
- 317 相關聯深度或長度
- 320 最大 CT
- 325 CT 層
- 327 相關聯深度或長度 / CT 層
- 330 DOC
- 400 AROR 配置
- 410 研磨玻璃基底物件
- 420 支撐環
- 430 裝載環
- 430 a 表面
- 500 設備
- 510 試驗台
- 512 實心基座

- 5 1 4 片材
- 5 1 5 樣本固持器
- 5 1 6 氣隙
- 5 1 8 玻璃基底物件樣本
- 5 2 0 黏著劑膠帶
- 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 外殼
- 1 0 4 0 前表面
- 1 0 6 0 背表面
- 1 0 8 0 側表面
- 1 1 2 0 顯示器
- D 1 直徑
- D 2 直徑

h 試樣厚度 / 預定高度

t_1 厚度

t_2 厚度

【生物材料寄存】

【 0 3 3 9 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 3 4 0 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無

up to t , comprise a tangent with a slope having an absolute value greater than about 0.1 MPa/micrometer, are disclosed. 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 in the range from about 80 MPa to about 100 MPa. In some embodiments, the concentration of metal oxide or alkali metal oxide decreases from the first surface to a value at a point between the first surface and the second surface and increases from the value 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(33)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

化物。一或多個實施例之玻璃基底物件可包含約3毫米(mm)或更小、2 mm或更小或約1 mm或更小之厚度 t 。

【0008】本揭示內容之第二態樣係關於一種玻璃基底物件，其包含第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約3毫米或更小之厚度(t)；以及沿厚度延伸的應力分佈，其中在約 $0 \cdot t$ 至多 $0.3 \cdot t$ 厚度範圍與大於 $0.7 \cdot t$ 至 t 厚度範圍之間的所有應力分佈點包括具有絕對值大於約 $0.1 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之斜率的切線，其中應力分佈包括最大CS、DOC及大於或等於 $71.5/\sqrt{t}$ 之最大CT，其中最大CT與最大CS之絕對值之比率在約0.01至約0.2範圍內，且其中DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【0009】本揭示內容之第三態樣係關於一種玻璃基底物件，其包含第一表面及相對第一表面之第二表面，該等表面界定厚度(t)；以及金屬氧化物之濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ （或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.45 \cdot t$ ）之厚度範圍變化，大於約 200 MPa 或更大之表面壓縮應力；以及CT區域，其具有大於或等於 $71.5/\sqrt{t}$ 之最大CT。

【0010】本揭示內容之第四態樣係關於一種玻璃基底物件，其包括：第一表面及相對第一表面之第二表面，該等表面界定厚度(t)；以及形成濃度梯度之金屬氧化物，其中金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的值減小，且自該值至第二表面增加，其中金屬氧化物於該點處之濃度為非零的，且其中玻璃基底

物件包括約大於 0 J/m^2 至小於 20 J/m^2 之儲存拉伸能量及約 70 GPa 或更大之楊氏模數。

【0011】本揭示內容之第五態樣係關於一種玻璃基底物件，其包括：第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約3毫米或更小之厚度(t)；以及沿厚度延伸的應力分佈，其中在約 $0 \cdot t$ 至多 $0.3 \cdot t$ 厚度範圍與大於 $0.7 \cdot t$ 厚度範圍之間的所有點處之應力分佈包括具有絕對值大於約 0.1 MPa /微米之斜率的切線，其中應力分佈包括最大CS、DOC及最大CT，其中最大CT與最大CS之絕對值之比率在約0.01至約0.2範圍內且其中DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，且其中玻璃基底物件包括約大於 0 J/m^2 至小於 20 J/m^2 之儲存拉伸能量及約 70 GPa 或更大之楊氏模數。在一或多個實施例中，玻璃基底物件包含沿全部厚度連續地變化的金屬氧化物之非零濃度。在一些情況下，金屬氧化物之非零濃度沿小於約10微米之厚度段連續地變化。

【0012】本揭示內容之第六態樣係關於一種玻璃基底物件，其包含應力分佈，包含CS區域及CT區域，其中CT區域藉由方程式應力(x) = $\text{Max T} - (((\text{CT}_n \cdot (n+1)) / 0.5n) \cdot |(x/t) - 0.5|)^n$ 來近似，其中Max T為最大張力值， CT_n 小於或等於Max T，且為以MPa為單位之正值， x 為以微米計的沿厚度(t)之位置，且 n 在1.5與5之間。在一些實施例中，最大CT值在約50 MPa至約250 MPa範圍內，且最大CT值處於在約 $0.4t$ 至約 $0.6t$ 範圍內

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。

【0097】 在一或多個實施例中，應力分佈 312 可描述為類似拋物線之形狀。在一些實施例中，沿玻璃基底物件中展現拉伸應力之區域或深度的應力分佈展現類似拋物線之形狀。在一或多個特定實施例中，應力分佈 312 不含平坦應力(壓縮或拉伸)部分或展現實質上恆定應力(壓縮或拉伸)之部分。在一些實施例中，CT 區域展現實質上不含平坦應力或不含實質上恆定應力之應力分佈。在一或多個實施例中，應力分佈 312 中介於約 $0t$ 至多約 $0.2 \cdot t$ 的厚度範圍與大於 $0.8 \cdot t$ 的厚度範圍(或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍與大於約 $0.7 \cdot t$ 至多 t 的厚度範圍)之間的所有點包括具有絕對值大於約 $0.1 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之斜率的切線。在一些實施例中，切線之斜率可具有大於約 $0.2 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之絕對值。在一些更具體實施例中，切線之斜率可具有大於 $0.3 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之絕對值。在甚至更具體實施例中，切線之斜率可具有大於 $0.5 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之絕對值。換言之，沿此等厚度範圍(亦即， $0 \cdot t$ 至多約 $0.2 \cdot t$ 及大於 $0.8t$ ，或約 $0t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 及 $0.7 \cdot t$ 或更大)的一或多個實施例之應力

分佈排除具有零斜率或斜率大致為零或平坦斜率的切線之點。在不受理論約束的情況下，已知的誤差函數或準線性應力分佈具有沿此等厚度範圍(亦即，約 $0 \cdot t$ 至多約 $2 \cdot t$ 及大於 $0.8 \cdot t$ ，或約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 及約 $0.7 \cdot t$ 或更大)之點，該等厚度範圍具有斜率為零或接近於零之值的切線，亦即，可具有小於約 $0.1 \text{ MPa}/\text{微米}$ 之絕對值(指示沿此種厚度範圍之平坦或零斜率應力分佈，如第2圖220所示)。本揭示內容之一或多個實施例的玻璃基底物件不展現沿此等厚度範圍具有平坦或零斜率應力分佈之此種應力分佈，如第3圖所示。

【0098】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件展現在約 $0.1 \cdot t$ 至 $0.3 \cdot t$ 與約 $0.7 \cdot t$ 至 $0.9 \cdot t$ 之厚度範圍包括具有最大斜率及最小斜率之切線的應力分佈。在一些情況下，最大斜率與最小斜率之間的差異為約 $3.5 \text{ MPa}/\text{微米}$ 或更小、約 $3 \text{ MPa}/\text{微米}$ 或更小、約 $2.5 \text{ MPa}/\text{微米}$ 或更小或約 $2 \text{ MPa}/\text{微米}$ 或更小。

【0099】 在一或多個實施例中，玻璃基底物件包含應力分佈312，該應力分佈實質上不含在深度方向上延伸或沿玻璃基底物件之厚度 t 的至少一部分延伸的任何平坦段。換言之，應力分佈312實質上沿厚度 t 連續增加或減小。在一些實施例中，應力分佈實質上在具有約10微米或更多、約50微米或更多，或約100微米或更多，或約200微米或更多的長度之深度方向上不含任何平坦段。如本文所使用，術語「平坦」係指沿平坦段具有小於約 $0.5 \text{ MPa}/\text{微米}$

力研磨，且第三組玻璃基底物件使用45 psi之負載或壓力研磨。AROR資料在第34圖中展示。如第34圖所示，根據實例10A之所有玻璃基底物件展現大於約25 kgf之平均斷裂負載。

【0230】根據實例10A之玻璃基底物件係改裝至相同行動電話裝置上。電話裝置以20公分開始自遞增高度掉落於180粒砂紙上。若玻璃基底物件自一個高度(例如，20 cm)掉落而保存，則再次將行動電話自較大高度(例如，30 cm、40 cm、50 cm等等)至多225 cm之高度掉落。隨後將保存的玻璃基底物件掉落至30粒砂紙上(在相同電話裝置中)。玻璃基底物件在180粒砂紙及30粒砂紙兩者上都試驗失敗時的高度在第35圖中繪製。如第35圖所示，幾乎實例10A之三個玻璃基底物件皆在180粒砂紙上至多約225 cm之高度掉落時(提供約215 cm之平均保存掉落高度)保存。於30粒砂紙上之平均保存掉落高度為132 cm。

【0231】根據實例10A之玻璃基底物件展現在約480 mHz至約3000 mHz之頻率範圍內約5.8至約6之介電常數。根據實例10A之玻璃基底物件展現在約480 mHz至約3000 mHz之頻率範圍內在約0.010至約0.013範圍內之介電損耗切線。

【0232】根據實例10A的玻璃基底物件之折射率在約380 nm至約1550 nm範圍上處於約1.496至約1.523

【0267】 實施例24. 如先前實施例中任一實施例之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約 17 mol% 或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之組合量的組成物，

包括約 4 mol% 或更小 Na_2O 之組成物，

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之組成物，以及實質上不含 P_2O_5 之組成物。

【0268】 實施例25. 一種裝置，其包括：

外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；

電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；

顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；

及

蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括如實施例 1-24 中任一實施例之玻璃基底物件。

【0269】 實施例26. 一種玻璃基底物件，其包括：

第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約 3 毫米或更小之厚度 (t)；及

沿厚度延伸的應力分佈，

其中應力分佈中介於約 $0 \cdot t$ 至多約 $0.3 \cdot t$ 的厚度範圍與大於 $0.7 \cdot t$ 的厚度範圍之間的所有點包括具有絕對值大於約 $0.1 \text{ MPa} / \text{微米}$ 之斜率的切線，

其中應力分佈包括最大 CS、DOC 及在約 $71.5 / \sqrt{(t)}$ 至約 $100 / \sqrt{(t)}$ 範圍內之最大 CT，其中最大 CT 與最大 CS

實質上不含 P_2O_5 之組成物。

【0315】 實施例72. 一種裝置，其包括：
外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；
電氣組件，該等電氣組件至少部分地在外殼內側；
顯示器，該顯示器處於外殼之前表面處或相鄰於前表面；
及
蓋基板，該蓋基板安置在顯示器之上，其中蓋基板包括如
實施例59-71中任一實施例之玻璃基底物件。

【0316】 實施例73. 一種玻璃基底物件，其包括：
第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約
3 毫米或更小之厚度 (t)；及
沿厚度延伸的應力分佈，
其中應力分佈在介於約 $0t$ 至多約 $0.3t$ 的厚度範圍與大
於 $0.7t$ 的厚度範圍之間的所有點包括具有絕對值大於約
 0.1 MPa /微米之斜率的切線，
其中應力分佈包括最大 CS 、 DOC 及最大 CT ，其中最大
 CT 與最大 CS 之絕對值之比率在約 0.01 至約 0.2 範圍
內，且其中 DOC 為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，且
其中玻璃基底物件包括約大於 0 J/m^2 至小於 20 J/m^2
之儲存拉伸能量及約 70 GPa 或更大之楊氏模數。

【0317】 實施例74. 如實施例73之玻璃基底物件，其
進一步包括金屬氧化物之非零濃度，其沿全部厚度連續地
變化。



I675015

【發明摘要】

【中文發明名稱】包含金屬氧化物濃度梯度之玻璃基底物件

【英文發明名稱】GLASS-BASED ARTICLES INCLUDING A METAL OXIDE CONCENTRATION GRADIENT

【中文】

本案揭示一種玻璃基底物件之實施例，玻璃基底物件包含：第一表面及與第一表面相對的第二表面，該等表面界定約3毫米或更小(例如，約1毫米或更小)之厚度(t)；及應力分佈，其中應力分佈中介於約 $0 \cdot t$ 至多 $0.3 \cdot t$ 之厚度範圍與大於約 $0.7 \cdot t$ 至多 t 之厚度範圍之間的所有點包括具有絕對值大於約 0.1 MPa /微米之斜率的切線。在一些實施例中，玻璃基底物件包含非零金屬氧化物濃度，其沿厚度之至少一部分(例如， $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$)變化，及在約 80 MPa 至約 100 MPa 範圍內之最大中心張力。在一些實施例中，金屬氧化物或鹼金屬氧化物之濃度自第一表面至第一表面與第二表面之間的一點處的一值減小，且自該值至第二表面增加。金屬氧化物之濃度可遍及厚度為約 $0.05 \text{ mol}\%$ 或更大或約 $0.5 \text{ mol}\%$ 或更大。本案亦揭示用於形成此種玻璃基底物件之方法。

【英文】

Embodiments of 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 $0.7 \cdot t$

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種玻璃基底物件，其包括：

一第一表面及與該第一表面相對之一第二表面，該等表面界定一厚度(t)；及

一金屬氧化物之一濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之一厚度範圍變化；

約 200 MPa 或更大之一表面壓縮應力 CS；及

一 CT 區域，其具有在約 $71.5 / \sqrt{t}$ 至約 $100 / \sqrt{t}$ 範圍內之一最大 CT。

【第2項】 如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物濃度之該厚度範圍為約 $0 \cdot t$ 至約 $0.4 \cdot t$ 。

【第3項】 如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物之一單價離子產生沿該厚度範圍之一應力。

【第4項】 如請求項 3 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物之該單價離子具有在該玻璃基底基板中該等金屬氧化物之所有該等單價離子之一最大離子直徑。

【第5項】 如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物之該濃度自該第一表面減小至該第一表面與該第二表面之間的一點處的一值，且自該值增加至該第二表面。

【第6項】 如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該玻璃基底物件包括在約 460°C 下約 $450 \mu\text{m}^2/\text{小時}$ 或更

大之一鈉或鉀離子擴散率，及大於約 $0.15 \cdot t$ 之一 DOC，且其中該表面壓縮應力 CS 為該最大 CT 的 1.5 倍或更大。

【第 7 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該玻璃基底物件包括約 $0.65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 或更大之一斷裂韌性 (K_{1c})。

【第 8 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該表面壓縮應力 CS 大於該最大 CT。

【第 9 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該表面壓縮應力 CS 為約 300 MPa 或更大。

【第 10 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物之該濃度遍及該厚度範圍為約 0.05 mol% 或更大。

【第 11 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該第一表面處的該金屬氧化物之該濃度比在等於約 $0.5 \cdot t$ 之一深度處的該等金屬氧化物之該濃度大約 1.5 倍。

【第 12 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中該金屬氧化物之該總濃度在約 1 mol% 至約 15 mol% 範圍內。

【第 13 項】如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其進一步包括約 $0.4 \cdot t$ 或更大之一化學層深度。

【第14項】 如請求項1所述之玻璃基底物件，其進一步包括自該第一表面延伸至一DOC之一壓縮應力CS層，其中該DOC為約 $0.1 \cdot t$ 或更大。

【第15項】 如請求項1所述之玻璃基底物件，其中該CT區域包括該金屬氧化物。

【第16項】 如請求項1所述之玻璃基底物件，其中最大CT與表面壓縮應力CS之絕對值之比率在約0.1至約0.8範圍內。

【第17項】 如請求項1所述之玻璃基底物件，其中 t 包括約3毫米或更小。

【第18項】 如請求項1所述之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約17 mol%或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之一組含量的一組成物，

包括約4 mol%或更小 Na_2O 之一組成物，

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之一組成物，以及

實質上不含 P_2O_5 之一組成物。

【第19項】 一種裝置，其包括：

一外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；

電氣組件，該等電氣組件至少部分地在該外殼內側；

一顯示器，該顯示器處於該外殼之該前表面處或相鄰於該前表面；及

一蓋基板，該蓋基板安置在該顯示器之上，其中該蓋基板包括如請求項 1 所述之玻璃基底物件。

【第 20 項】 如請求項 1 所述之玻璃基底物件，其中以下任何一或多者：

(a) 該第一表面及第二表面中至少一者之努普刮痕閾值為大於 7 N 且小於 14 N ；

(b) 當經受利用具有 10 mm 之一直徑的一 4.2 g 不銹鋼球自以下之一者之一高度於定位在該玻璃之該表面上方的一 30 粒砂紙上進行的一倒置球掉落試驗時：(i) 約 80 cm ；(ii) 約 88 cm ；(iii) 約 90 cm ；及(iv) 約 95 cm ，該強化玻璃基底基板具有以下之一者：(i) 至少一 60 % 保存率；(ii) 至少一 80 % 保存率；該砂紙如此定位使得在該砂紙與該玻璃之該表面之間存在一 100 μm 氣隙，其中該保存率係基於測試至少 5 個樣本；

(c) 當經受利用具有 10 mm 之一直徑的一 4.2 g 不銹鋼球於定位在該玻璃之該表面上方的一 30 粒砂紙上進行的一倒置球掉落試驗時，該強化玻璃基底基板具有以下之一者之一者之一平均斷裂高度：(i) 大於 70 cm ；(ii) 大於 75 cm ；(iii) 大於 80 cm ；及(iv) 大於 85

cm，該砂紙如此定位使得在該砂紙與該玻璃之該表面之間存在一 $100\ \mu\text{m}$ 氣隙，其中該保存率係基於測試至少 5 個樣本；及

(d) 當該玻璃基底物件斷裂時，該玻璃基底物件斷裂成至少 1 個碎片/吋² 至多 40 個碎片/吋²，其中該樣本大小為一 $5.08\ \text{cm}$ 乘 $5.08\ \text{cm}$ 平方。

【第 21 項】 一種玻璃基底物件，其包括：

一第一表面及與該第一表面相對的一第二表面，該等表面界定約 3 毫米或更小之一厚度(t)；

一金屬氧化物之一濃度，其為非零的且沿約 $0 \cdot t$ 至約 $0.3 \cdot t$ 之一厚度範圍變化；及

沿該厚度延伸的一應力分佈，

其中該應力分佈在介於約 $0t$ 至多約 $0.3t$ 之一厚度範圍與大於 $0.7t$ 之一厚度範圍之間的所有點包括具有一絕對值大於約 $0.1\ \text{MPa}$ /微米之一斜率的一切線，

其中該應力分佈包括一最大壓縮應力 CS、一 DOC 及一最大 CT，其中最大 CT 與最大壓縮應力 CS 之絕對值之比率在約 0.01 至約 0.2 範圍內，且其中該 DOC 為約 $0.1 \cdot t$ 或更大，該最大 CT 在約 $71.5/\sqrt{(t)}$ 至約 $100/\sqrt{(t)}$ 範圍內，且

其中該應力分佈進一步包括一大於約 $200\ \text{MPa}$ 或

更大之表面壓縮應力 CS ；及

其中該玻璃基底物件包括約大於 0 J/m^2 至小於 20 J/m^2 之一儲存拉伸能量及約 70 GPa 或更大之一楊氏模數。

【第22項】 如請求項 21 所述之玻璃基底物件，其進一步包括一金屬氧化物之一非零濃度，其沿小於約 10 微米之厚度段連續地變化。

【第23項】 如請求項 21 所述之玻璃基底物件，其中該最大壓縮應力 CS 包括約 550 MPa 或更大。

【第24項】 如請求項 23 所述之玻璃基底物件，其中 t 包括約 1 毫米或更小。

【第25項】 如請求項 24 所述之玻璃基底物件，其中該 DOC 為約 $0.18 \cdot t$ 或更大，且該 CT 區域藉由方程式應力 $(x) = \text{Max } T - (((CT_n \cdot (n+1)) / 0.5^n) \cdot |(x/t) - 0.5|^n)$ 來近似，其中 n 係 1.5 至 3 。

【第26項】 如請求項 24 所述之玻璃基底物件，其進一步包括以下任何一或多者：

包括約 $17 \text{ mol}\%$ 或更小的 Al_2O_3 及 Na_2O 之一組合量的一組成物，及

包括 B_2O_3 及 ZnO 中任何一或多者之一組成物。

【第27項】 如請求項 26 所述之玻璃基底物件，其進一步包括一金屬氧化物之一非零濃度，其沿該全部厚度

連續地變化。

【第28項】 如請求項21所述之玻璃基底物件，其進一步包括約 $0.4 \cdot t$ 或更大之一化學層深度。

【第29項】 如請求項21所述之玻璃基底物件，其進一步包括一CT區域，其中該CT區域包括一金屬氧化物濃度梯度。

【第30項】 一種裝置，其包括：

一外殼，該外殼具有前表面、背表面及側表面；

電氣組件，該等電氣組件至少部分地在該外殼內側；

一顯示器，該顯示器處於該外殼之該前表面處或相鄰於該前表面；及

一蓋基板，該蓋基板安置在該顯示器之上，其中該蓋基板包括如請求項21所述之玻璃基底物件。