



(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 I814830 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：108118685

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl. : C03C21/00 (2006.01)

C03B27/03 (2006.01)

(30)優先權：2018/05/31 美國

62/678,560

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

美國

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

建 LUO, JIAN (CN)；路瑟夫 羅斯提斯拉夫費契夫 ROUSSEV, ROSTISLAV

VATCHEV (BG)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

CN 107226614A

US 2016/0102014A1

US 2017/0305786A1

US 2017/0355640A1

審查人員：黃詩涵

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 57 頁

(54)名稱

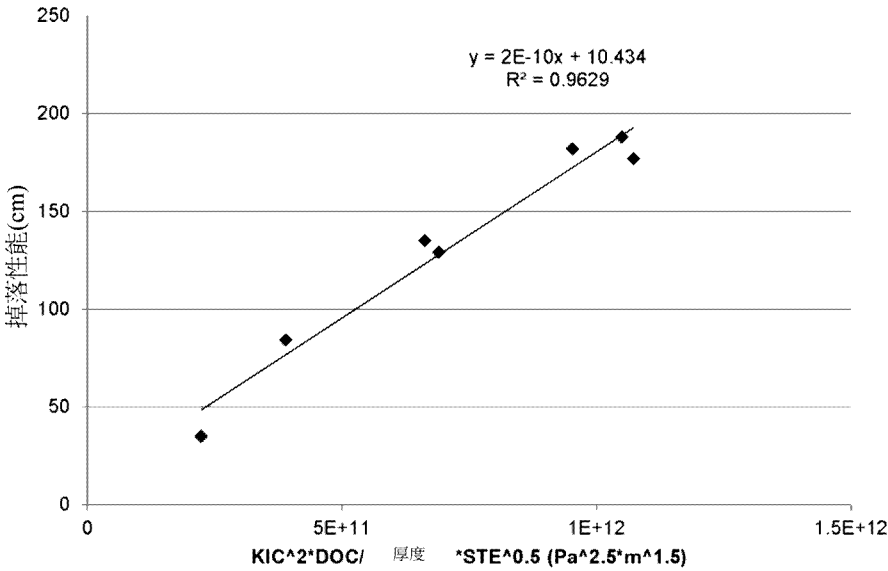
有改善掉落性能的玻璃

(57)摘要

提供展現改善之掉落性能之基於玻璃之製品。提供可歸因於玻璃組合物與該基於玻璃之製品之應力分佈之特性之間的關係，該關係指示改善之掉落性能。

Glass-based articles are provided that exhibit improved drop performance. The relationship between properties attributable to the glass composition and stress profile of the glass-based articles are provided that indicate improved drop performance.

指定代表圖：



第4圖



I814830

【發明摘要】

【中文發明名稱】有改善掉落性能的玻璃

【英文發明名稱】GLASS WITH IMPROVED DROP PERFORMANCE

【中文】

提供展現改善之掉落性能之基於玻璃之製品。提供可歸因於玻璃組合物與該基於玻璃之製品之應力分佈之特性之間的關係，該關係指示改善之掉落性能。

【英文】

Glass-based articles are provided that exhibit improved drop performance. The relationship between properties attributable to the glass composition and stress profile of the glass-based articles are provided that indicate improved drop performance.

【指定代表圖】第（4）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】有改善掉落性能的玻璃

【英文發明名稱】GLASS WITH IMPROVED DROP PERFORMANCE

【技術領域】

相關申請案之交互參照

【0001】 本申請案主張根據專利法於2018年5月31日提出申請之美國臨時申請案第62/678,560號之優先權益，該申請案之內容依賴於且全文以引用方式併入本文中。

【0002】 本說明書概言之係關於適合用作電子裝置之蓋玻片之玻璃組合物。

【先前技術】

【0003】 諸如智能手機、平板電腦、便攜式媒體播放器、個人電腦及照相機等便攜式裝置之移動性質使得該等裝置特別容易意外掉落在堅硬之表面上，例如地面上。該等裝置通常納入蓋玻片，該等蓋玻片在與堅硬表面碰撞時可能會損壞。在許多該等裝置中，蓋玻片起顯示蓋之作用，並且可以納入觸摸功能，使得當蓋玻片損壞時，裝置之使用受到負面影響。

【0004】 當相關便攜式裝置掉落在堅硬之表面上時，有兩種主要的蓋玻璃失效模式。其中一種模式係彎曲失效，此係由當裝置經受來自與堅硬表面碰撞之動態負載時彎曲玻璃造成的。另一種模式係尖銳接觸失效，此係由引入玻璃表面之損傷引起。玻璃與粗糙堅硬表面如瀝青、花崗

岩等之碰撞會導致玻璃表面出現尖銳之凹痕。該等凹痕成為玻璃表面之失效點，裂紋可能自該等失效點形成並擴展。

【0005】藉由離子交換技術，玻璃可以更好地抵抗彎曲失效，此涉及在玻璃表面引起壓縮應力。然而，離子交換玻璃仍然容易受到動態尖銳接觸之影響，此歸因於尖銳接觸在玻璃中之局部壓痕造成之高應力集中。

【0006】玻璃製造商及手持裝置製造商一直在努力改善手持裝置對尖銳接觸失效之抵抗力。解決方案之範圍自蓋玻片上之塗層至擋板，該等擋板防止蓋玻片在裝置掉落在堅硬表面上時直接撞擊該堅硬表面。然而，由於美學及功能要求之限制，很難完全防止蓋玻片撞擊堅硬表面。

【0007】亦期望便攜式裝置儘可能薄。因此，除了強度之外，亦期望在便攜式裝置中用作蓋玻片之玻璃製造得儘可能薄。因此，除了增加蓋玻片之強度外，亦期望玻璃具有允許其藉由能夠製造薄玻璃製品如薄玻璃板之製程形成之機械特徵。

【0008】因此，需要能夠例如藉由離子交換強化並且具有允許其形成薄玻璃製品之機械特性之玻璃。

【發明內容】

【0009】根據態樣(1)，提供基於玻璃之製品。基於玻璃之製品包括：自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於玻璃之製品之特徵在於 $K_{IC}^2 \times D O C / t \times \sqrt{S T E} \geq 7.0 \times 10^{11} P a^{2.5} m^{1.5}$ ，其中 K_{IC}

係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度 (公尺)， t 係基於玻璃之製品之厚度 (公尺)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【0010】 根據態樣 (2)，提供態樣 (1) 之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times \text{DOC} / t \times \sqrt{\text{STE}} \geq 8.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 。

【0011】 根據態樣 (3)，提供態樣 (1) 或 (2) 之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times \text{DOC} / t \times \sqrt{\text{STE}} \geq 9.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 。

【0012】 根據態樣 (4)，提供態樣 (1) 至 (3) 中任一者之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times \text{DOC} / t \times \sqrt{\text{STE}} \geq 9.5 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 。

【0013】 根據態樣 (5)，提供態樣 (1) 至 (4) 中任一者之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times \text{DOC} / t \times \sqrt{\text{STE}} \geq 1.0 \times 10^{12} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 。

【0014】 根據態樣 (6)，提供基於玻璃之製品。基於玻璃之製品包括：自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於玻璃之製品之特徵在於 $K_{IC}^2 \times \text{DOC} \times \sqrt{\text{STE}} \geq 5.6 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度 (公尺)， t 係基於玻璃之製品之厚度 (公尺)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【0015】 根據態樣(7)，提供態樣(6)之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times DOC \times \sqrt{STE} \geq 6.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0016】 根據態樣(8)，提供態樣(6)或(7)之基於玻璃之製品， $K_{IC}^2 \times DOC \times \sqrt{STE} \geq 7.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0017】 根據態樣(9)，提供態樣(6)至(8)中任一者之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times DOC \times \sqrt{STE} \geq 8.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0018】 根據態樣(10)，提供基於玻璃之製品。基於玻璃之製品包括：自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於玻璃之製品之特徵在於 $K_{IC}^2 \times DOC \times H/E \times \sqrt{STE} \geq 4.1 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， H 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之硬度(帕斯卡)， E 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之楊氏模數(帕斯卡)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的應變能($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【0019】 根據態樣(11)，提供態樣(10)之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times DOC \times H/E \times \sqrt{STE} \geq 4.5 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0020】 根據態樣(12)，提供態樣(10)或(11)之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times DOC \times H / E \times \sqrt{STE} \geq 5.0 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0021】 根據態樣(13)，提供態樣(10)至(12)中任一者之基於玻璃之製品，其中： $K_{IC}^2 \times DOC \times H / E \times \sqrt{STE} \geq 5.5 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 。

【0022】 根據態樣(14)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中 $DOC \geq 75 \text{ } \mu\text{m}$ 。

【0023】 根據態樣(15)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中 $DOC \leq 300 \text{ } \mu\text{m}$ 。

【0024】 根據態樣(16)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中 $DOC \leq 0.4 t$ 。

【0025】 根據態樣(17)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中 $DOC \geq 0.1 t$ 。

【0026】 根據態樣(18)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，包括大於或等於 95 MPa 之最大中心張力 CT 。

【0027】 根據態樣(19)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，包括小於或等於 $120 / \sqrt{t} \text{ MPa}$ 之最大中心張力 CT ，其中 t 以 mm 表示。

【0028】 根據態樣(20)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中基於玻璃之製品具有厚度 $t \leq 1.0 \text{ mm}$ 。

【0029】 根據態樣(21)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中基於玻璃之製品具有厚度 $t \geq 0.3 \text{ mm}$ 。

【0030】 根據態樣(22)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中 $STE \geq 20 \text{ Pa} \cdot \text{m}$ 。

【0031】 根據態樣(23)，提供態樣(1)至(21)中任一者之基於玻璃之製品，其中 $5 \text{ Pa} \cdot \text{m} \leq STE \leq 10 \text{ Pa} \cdot \text{m}$ 。

【0032】 根據態樣(24)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中壓縮應力層包括大於或等於 100 MPa 之壓縮應力 CS 。

【0033】 根據態樣(25)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中壓縮應力層包括大於或等於 400 MPa 之壓縮應力 CS 。

【0034】 根據態樣(26)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中壓縮應力層包括小於或等於 1300 MPa 之壓縮應力 CS 。

【0035】 根據態樣(27)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中基於玻璃之製品包括玻璃陶瓷。

【0036】 根據態樣(28)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中基於玻璃之製品包括 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 及至少一種鹼金屬氧化物。

【0037】 根據態樣(29)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有大於或等於 $0.75 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ 之 K_{IC} 。

【0038】 根據態樣(30)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中

心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有小於或等於 $1.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 之 K_{IC} 。

【0039】 根據態樣(31)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有大於或等於 6.0 GPa 之硬度 H 。

【0040】 根據態樣(32)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有小於或等於 8.0 GPa 之硬度 H 。

【0041】 根據態樣(33)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有大於或等於 80 GPa 之楊氏模數 E 。

【0042】 根據態樣(34)，提供任一前述態樣之基於玻璃之製品，其中組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板具有小於或等於 120 GPa 之楊氏模數 E 。

【0043】 根據態樣(35)，提供方法。該方法包括：使基於玻璃之基板進行離子交換以形成基於玻璃之製品，其具有自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於玻璃之製品之特徵在於 $K_{IC}^2 \times \text{DOC} / t \times \sqrt{\text{STE}} \geq 7.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ ，其中 K_{IC} 係基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， t 係基於玻

璃之製品之厚度(公尺)，且STE係基於玻璃之製品之儲存的應變能(Pa·m)。

【0044】根據態樣(36)，提供方法。該方法包括：使基於玻璃之基板進行離子交換以形成基於玻璃之製品，其具有自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於玻璃之製品之特徵在於 $K_{IC}^2 \times DOC \times H / E \times \sqrt{STE} \geq 4.1 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係基於玻璃之基板之斷裂韌性(Pa·m^{0.5})，DOC係壓縮深度(公尺)，H係基於玻璃之基板之硬度(帕斯卡)，E係基於玻璃之基板之楊氏模數(帕斯卡)，且STE係基於玻璃之製品之儲存的應變能(Pa·m)。

【0045】根據態樣(37)，提供態樣(35)或(36)之方法，其中基於玻璃之基板包括玻璃陶瓷。

【0046】根據態樣(38)，提供態樣(35)至(37)中任一者之方法，其中離子交換包括使基於玻璃之基板與熔融鹽浴接觸。

【0047】根據態樣(39)，提供態樣(38)之方法，其中熔融鹽浴包括硝酸鈉及硝酸鉀中之至少一者。

【0048】根據態樣(40)，提供態樣(38)或(39)之方法，其中接觸持續大於或等於4小時至小於或等於48小時。

【0049】根據態樣(41)，提供態樣(38)至(40)中任一者之方法，其中在接觸期間，熔融鹽浴處於大於或等於400℃至小於或等於500℃之溫度。

【0050】 根據態樣(42)，基於玻璃之製品係藉由態樣(35)至(41)中任一者之方法製造。

【0051】 根據態樣(43)，提供消費電子產品。消費電子產品包括：具有前表面、後表面及側表面之外殼；至少部分地設置在外殼內之電子組件，該等電子組件包括至少一個控制器、記憶體及顯示器，該顯示器設置在外殼之前表面處或其附近；及佈置在顯示器上方之蓋玻片，其中外殼之一部分或蓋玻片之一部分中之至少一者包括態樣(1)至(34)或(42)中任一者之基於玻璃之製品。

【0052】 其他特徵及優點將在隨後之詳細描述中闡述，並且部分地，熟習此項技術者根據該描述將容易地明瞭該等特徵及優點，或者藉由實踐本文所述之實施例認識到該等特徵及優點，包括隨後之詳細描述、申請專利範圍以及附圖。

【0053】 應理解，前面之一般描述及下面之詳細描述皆闡述了各個實施例，並且意欲提供用於理解所主張標的物之性質及特徵之概述或框架。附圖包括在內以提供對各個實施例之進一步理解，並且納入並構成本說明書之一部分。附圖圖解說明本文所述之各個實施例，並且與描述一起用於解釋所主張標的物之原理及操作。

【圖式簡單說明】

【0054】 第1圖係用於確定斷裂韌性 K_{IC} 之樣品及其橫截面之示意圖，

【0055】 第2圖示意性地繪示根據本文揭示及闡述之實施例在其表面上具有壓縮應力層之基於玻璃之製品之橫截面；

【0056】 第3A圖係納入本文揭示之任一基於玻璃之製品之示例性電子裝置之平面圖；

【0057】 第3B圖係第3A圖之示例性電子裝置之透視圖；

【0058】 第4圖係各個比較實例及實施例之掉落性能隨式(I)值變化之曲線圖；及

【0059】 第5圖係各個比較實例及實施例之掉落性能隨式(II)值變化之曲線圖。

【實施方式】

【0060】 現在將詳細參考各個實施例之基於玻璃之製品。如本文所用，「基於玻璃」指示包括玻璃之製品，例如玻璃或玻璃-陶瓷組合物。通常，「基於玻璃之基板」係指離子交換之前之製品，且「基於玻璃之製品」係指離子交換製品。

【0061】 基於玻璃之製品展現改善之掉落性能。基於玻璃之製品包括自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。基於受玻璃組合物及基於玻璃之製品之應力分佈特徵影響之多個特性，基於玻璃之製品展現與期望掉落性能相關之式之最小值。

【0062】 在一些實施例中，基於玻璃之製品之特徵在於下式(I)：

$$K_{IC}^2 \frac{DOC}{t} \sqrt{STE} \geq 7.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$$

其中 K_{IC} 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， t 係基於玻璃之製品之厚度(公尺)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的拉伸能量 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。式(I)對基於玻璃之製品之厚度之依賴性允許比較基於玻璃之製品在不同厚度下之性能。在實施例中，基於玻璃之製品可展現大於或等於 $8.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 、例如大於或等於大於或等於 $9.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 、大於或等於 $9.5 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 、大於或等於 $1.0 \times 10^{12} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ 或更大之式(I)值。

【0063】 在一些實施例中，基於玻璃之製品之特徵在於下式(IA)：

$$K_{IC}^2 DOC \sqrt{STE} \geq 5.6 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$$

其中 K_{IC} 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的拉伸能量 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。在實施例中，基於玻璃之製品可展現大於或等於 $6.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 、例如大於或等於大於或等於 $6.5 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 、大於或等於 $7.5 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 、大於或等於 $8.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 或更大之式(IA)值。

【0064】 在一些實施例中，基於玻璃之製品之特徵在於下式(II)：

$$K_{IC}^2 DOC \frac{H}{E} \sqrt{STE} \geq 4.1 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$$

其中 K_{IC} 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， H 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之硬度(帕斯卡)， E 係組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之基於玻璃之基板之楊氏模數(帕斯卡)，且 STE 係基於玻璃之製品之儲存的拉伸應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。在實施例中，基於玻璃之製品可展現大於或等於 $4.5 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 、例如大於或等於 $5.0 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 、大於或等於 $5.5 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ 或更大之式(II)值。

【0065】 滿足式(I)、(IA)及(II)中之任一者或兩者之基於玻璃之製品展現改善之掉落性能，此品質使得基於玻璃之製品特別適用於電子裝置。以此方式，當選擇用於電子裝置之基於玻璃之製品時，可以整體考慮歸因於玻璃組合物之特性及歸因於基於玻璃之製品之應力分佈之特性的特定組合之效應。 K_{IC} 包括在式中，指示裂紋擴展所需之能量，且基於玻璃之製品之失效至少部分取決於裂紋向拉伸區域中之擴展。掉落性能與 K_{IC} 之平方成正比。 DOC 包括在式中，指示裂紋到達拉伸區域必須擴展到之深度，更深之 DOC 藉由在到達拉伸區域之前需要更大之裂紋擴展深度來提供更大之抗失效性。 STE 包括在式中，指示由於離子交換而強化之程度，此可增加基於玻璃之製品之抗

失效性。由於STE之平方根與基於玻璃之製品之易碎性極限之間之關係而併入STE之平方根。

【0066】 在式(I)、(IA)及(II)中，涉及組成及相組合等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合的基於玻璃之基板之特性通常取決於離子交換形成基於玻璃之製品之基於玻璃之基板之組成及相組合。實際上，基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合可藉由本領域已知之技術來量測，並且可以量測經製造具有所量測之組成及相組合之基於玻璃之基板之 K_{IC} 、H及E值。另外，基於玻璃之製品之中心不受離子交換過程之影響或受其影響最小，使得基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合與基於玻璃之基板之組成實質上相同或相同。為此，可以藉由在離子交換處理之前量測基於玻璃之基板之該等特性來確定基於玻璃之基板之 K_{IC} 、H及E值，該基於玻璃之基板具有基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合。

【0067】 現在將討論基於玻璃之製品之特性。該等特性可以藉由改變基於玻璃之組合物之組分量或基於玻璃之製品之應力分佈來達成。

【0068】 根據實施例用於形成基於玻璃之製品之組合物具有高斷裂韌性(K_{IC})。如藉由上式(I)及(II)所展示，斷裂韌性對基於玻璃之製品之掉落性能具有很大影響。在一些實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現以下 K_{IC} 值：大於或等於 $0.75 \text{ MPa m}^{0.5}$ ，例如大於或等於 $0.76 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 0.77 MPa

$m^{0.5}$ 、大於或等於 0.78 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.79 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.80 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.81 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.82 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.83 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.84 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.86 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.87 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.88 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.89 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.90 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.91 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.92 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.93 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.94 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.95 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.96 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.97 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.98 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 0.99 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.00 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.01 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.02 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.03 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.04 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.05 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.06 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.07 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.08 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.09 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.10 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.11 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.12 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.13 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.14 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.15 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.16 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.17 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.18 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.19 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.20 MPa $m^{0.5}$ 、大於或等於 1.21 MPa $m^{0.5}$ 、

大於或等於 $1.22 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.23 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.24 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.25 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.26 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.27 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.28 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.29 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.30 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.31 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.32 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.33 \text{ MPa m}^{0.5}$ ，或大於或等於 $1.34 \text{ MPa m}^{0.5}$ 。在實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現以下 K_{IC} 值：大於或等於 $0.75 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.34 \text{ MPa m}^{0.5}$ ，例如大於或等於 $0.76 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.33 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.77 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.32 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.78 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.31 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.79 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.30 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.80 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 1.29 、大於或等於 $0.81 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.28 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.82 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.27 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.83 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.26 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.84 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.25 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.85 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.24 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.86 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.23 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.87 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.22 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.88 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.21 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於

$0.89 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.20 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.90 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.19 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.91 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.18 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.92 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.17 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.93 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.16 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.94 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.15 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.95 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.14 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.96 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.13 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.97 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.12 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.98 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.11 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $0.99 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.10 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.00 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.09 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.01 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.08 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.02 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.07 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.03 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.06 \text{ MPa m}^{0.5}$ 、大於或等於 $1.04 \text{ MPa m}^{0.5}$ 至小於或等於 $1.05 \text{ MPa m}^{0.5}$ 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現大於或等於 $0.90 \text{ MPa m}^{0.5}$ 之 K_{IC} 值。在一些實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現小於或等於 $1.5 \text{ MPa m}^{0.5}$ 之 K_{IC} 值。

【0069】 如本文所用， K_{IC} 斷裂韌性係藉由雙懸臂梁 (double cantilever beam; DCB) 法量測。在離子交

換形成基於玻璃之製品之前，在基於玻璃之基板上量測 K_{IC} 值。DCB 樣本幾何形狀顯示於第 1 圖中，重要參數係裂紋長度 a 、施加之負載 P 、橫截面尺寸 w 及 $2h$ 以及裂紋引導槽 b 之厚度。將樣品切割成寬度 $2h = 1.25 \text{ cm}$ 且厚度在 $w = 0.3 \text{ mm}$ 至 1 mm 範圍內之矩形，樣品之總長度（並非臨界尺寸）自 5 cm 至 10 cm 變化。用金剛石鑽頭在兩端鑽一個孔，以提供將樣品連接至樣品架及負載之方法。使用帶有金剛石刀片之晶圓切割鋸在兩個平面上切割出裂紋「引導槽」，留下大約為總板厚度一半（第 1 圖中尺寸 b ）之材料「網」，其高度為 $180 \mu\text{m}$ ，對應於刀片厚度。切割鋸之高精度尺寸公差允許最小之樣品間差異。切割鋸亦用於切割初始裂紋，其中 $a = 15 \text{ mm}$ 。作為此最終操作之結果，在裂紋尖端附近產生非常薄之楔形材料（由於刀片彎曲），從而允許樣品中更容易產生裂紋。將樣品安裝在金屬樣品架上，樣品之底部孔中有一根鋼絲。使樣品亦支撐在另一端，以在低負載條件下保持樣品水平。與負載單元（FUTEK, LSB200）串聯之彈簧鉤在上部孔上，隨後使用繩索及高精度滑塊將其延伸，以逐漸施加負載。使用連接至數位相機及電腦之具有 $5 \mu\text{m}$ 解析度之顯微鏡來監測裂縫。使用以下等式 (III) 計算所施加之應力強度 K_P ：

$$K_P = \left[\frac{P \cdot a}{(w \cdot b)^{0.5} h^{1.5}} \right] \left[3.47 + 2.32 \frac{h}{a} \right]$$

對於每個樣品，裂紋首先在網之頂端開始，隨後開始裂紋小心地亞臨界生長，直至尺寸 a/h 之比率大於 1.5 ，此

為等式(III)精確計算應力強度所必需。此時，使用具有 $5\ \mu\text{m}$ 解析度之移動式顯微鏡量測並記錄裂紋長度 a 。隨後將一滴甲苯放入裂紋槽中，並藉由毛細力沿著槽之整個長度吸出，從而阻止裂紋移動，直至達到斷裂韌性。隨後增加負載直至樣品斷裂，且根據失效負載及樣品尺寸計算臨界應力強度 K_{IC} ，其中 K_P 因量測方法等效於 K_{IC} 。

【0070】 用於形成基於玻璃之製品之玻璃組合物之楊氏模數(E)與基於玻璃之製品之掉落性能呈負相關，如藉由式(I)及(II)所展示。在實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現以下楊氏模數(E)：大於或等於 75 GPa 至小於或等於 120 GPa，例如大於或等於 76 GPa 至小於或等於 115 GPa、大於或等於 77 GPa 至小於或等於 113 GPa、大於或等於 78 GPa 至小於或等於 112 GPa、大於或等於 79 GPa 至小於或等於 111 GPa、大於或等於 80 GPa 至小於或等於 110 GPa、大於或等於 81 GPa 至小於或等於 109 GPa、大於或等於 82 GPa 至小於或等於 108 GPa、大於或等於 83 GPa 至小於或等於 107 GPa、大於或等於 84 GPa 至小於或等於 106 GPa、大於或等於 85 GPa 至小於或等於 105 GPa、大於或等於 86 GPa 至小於或等於 104 GPa、大於或等於 87 GPa 至小於或等於 103 GPa、大於或等於 88 GPa 至小於或等於 102 GPa、大於或等於 89 GPa 至小於或等於 101 GPa、大於或等於 90 GPa 至小於或等於 100 GPa、大於或等於 91 GPa 至小於或等於 99 GPa、大於

或等於 92 GPa 至小於或等於 98 GPa、大於或等於 93 GPa 至小於或等於 97 GPa、大於或等於 94 GPa 至小於或等於 96 GPa 或等於 95 GPa 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現大於或等於 80 GPa 至小於或等於 120 GPa 之楊氏模數(E)。本揭示內容中所述之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 中所述之一般類型之共振超音波光譜學技術量測之值。

【0071】 用於形成基於玻璃之製品之玻璃組合物之硬度(H)與基於玻璃之製品之掉落性能呈正相關，如藉由式(I)及(II)所展示。在實施例中，用於形成基於玻璃之製品之組合物展現以下硬度(H)：大於或等於 6.0 GPa 至小於或等於 8.0 GPa，例如大於或等於 6.1 GPa 至小於或等於 7.9 GPa、大於或等於 6.2 GPa 至小於或等於 7.8 GPa、大於或等於 6.3 GPa 至小於或等於 7.7 GPa、大於或等於 6.4 GPa 至小於或等於 7.6 GPa、大於或等於 6.5 GPa 至小於或等於 7.5 GPa、大於或等於 6.6 GPa 至小於或等於 7.4 GPa、大於或等於 6.7 GPa 至小於或等於 7.3 GPa、大於或等於 6.8 GPa 至小於或等於 7.2 GPa、大於或等於 6.9 GPa 至小於或等於 7.1 GPa 或等於 7.0 GPa 及上述值之間之所有範圍及子範圍。本揭示

內容中所述之硬度值係指如藉由維氏硬度測試 (Vickers hardness test) 量測之值。維氏硬度測試包括在 200 克負載下用維氏壓頭尖端壓痕 15 秒。

【0072】 基於玻璃之製品可具有任何合適的厚度。基於玻璃之製品之厚度 (t) 與基於玻璃之製品之掉落性能呈負相關，如藉由式 (I) 所展示。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下厚度 (t)：大於或等於 0.2 mm 至小於或等於 2.0 mm，例如大於或等於 0.3 mm 至小於或等於 1.0 mm、大於或等於 0.4 mm 至小於或等於 0.9 mm、大於或等於 0.5 mm 至小於或等於 0.8 mm、大於或等於 0.6 mm 至小於或等於 0.7 mm 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0073】 如上文所提及，基於玻璃之製品例如藉由離子交換得以強化，使得玻璃對於例如 (但不限於) 用於顯示器蓋或電子裝置外殼之製品之應用具有抗損壞性。參考第 2 圖，基於玻璃之製品具有處於自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度 (depth of compression; DOC) 之壓縮應力下之第一區域 (例如，第 2 圖中之第一及第二壓縮層 120、122)，以及處於自 DOC 延伸至基於玻璃之製品之中心或內部區域之拉伸應力或中心張力 (central tension; CT) 下之第二區域 (例如，第 2 圖中之中心區域 130)。如本文所用，DOC 係指基於玻璃之製品內之應力自壓縮變為拉伸之深度。在 DOC 處，應力自正 (壓縮) 應力交叉至負 (拉伸) 應力，且因此展現為零之應力值。

【0074】 根據本領域通常使用之慣例，壓縮或壓縮應力表示為負(< 0)應力，且張力或拉伸應力表示為正(> 0)應力。然而，在整個說明書中，CS表示為正值或絕對值，亦即如本文所述， $CS = |CS|$ 。壓縮應力(*central tension; CS*)在基於玻璃之製品之表面處或附近具有最大值，並且CS根據函數隨著離表面之距離 d 而變化。再次參考第2圖，第一區段**120**自第一表面**110**延伸至深度 d_1 ，且第二區段**122**自第二表面**112**延伸至深度 d_2 。該等區段一起限定基於玻璃之製品**100**之壓縮或CS。壓縮應力(包括表面CS)係藉由表面應力計(FSM)使用市售儀器如Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan)製造之FSM-6000量測。表面應力量測依賴於應力光學係數(*stress optical coefficient; SOC*)之精確量測，該應力光學係數與玻璃之雙折射有關。SOC進而根據標題為「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」之ASTM標準C770-16中所述之程序C(玻璃圓盤法)量測，其內容之全文皆以引用方式併入本文中。

【0075】 在一些實施例中，基於玻璃之製品之CS大於或等於300 MPa至小於或等於1300 MPa，例如大於或等於325 MPa至小於或等於1250 MPa、大於或等於350 MPa至小於或等於1200 MPa、大於或等於375 MPa至小於或等於1150 MPa、大於或等於400 MPa至小於或等於1100 MPa、大於或等於425 MPa至小於或等於

1050 MPa、大於或等於450 MPa至小於或等於1000 MPa、大於或等於475 MPa至小於或等於975 MPa、大於或等於500 MPa至小於或等於950 MPa、大於或等於525 MPa至小於或等於925 MPa、大於或等於550 MPa至小於或等於900 MPa、大於或等於575 MPa至小於或等於875 MPa、大於或等於600 MPa至小於或等於850 MPa、大於或等於625 MPa至小於或等於825 MPa、大於或等於650 MPa至小於或等於800 MPa、大於或等於675 MPa至小於或等於775 MPa，或大於或等於700 MPa至小於或等於750 MPa及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，基於玻璃之製品之CS大於或等於100 MPa。

【0076】 在一或多個實施例中， Na^+ 及 K^+ 離子交換至基於玻璃之製品中且 Na^+ 離子擴散至玻璃製品中之深度深於 K^+ 離子。 K^+ 離子之滲透深度(「鉀DOL」)不同於DOC，此乃因其代表離子交換過程中鉀滲透之深度。對於本文所述之製品，鉀DOL通常小於DOC。鉀DOL係使用表面應力計如由Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan)製造之市售FSM-6000表面應力計來量測，其依賴於應力光學係數(stress optical coefficient; SOC)之精確量測，如上文參考CS量測所述。第一及第二壓縮層120、122中每一者之鉀DOL大於或等於5 μm 至小於或等於30 μm ，例如大於或等於6 μm 至小於或等於25 μm 、大於或等於7 μm 至小於或等於20 μm 、大於

或等於 $8\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $15\ \mu\text{m}$ ，或大於或等於 $9\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $10\ \mu\text{m}$ 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在其他實施例中，第一及第二壓縮層 **120**、**122** 中任一者之鉀 DOL 大於或等於 $6\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ ，例如大於或等於 $10\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ 、大於或等於 $15\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ 、大於或等於 $20\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ ，或大於或等於 $25\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在其他實施例中，第一及第二壓縮層 **120**、**122** 中任一者之鉀 DOL 大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $25\ \mu\text{m}$ ，例如大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $20\ \mu\text{m}$ 、大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $15\ \mu\text{m}$ ，或大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $10\ \mu\text{m}$ 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0077】 兩個主表面(第1圖中之**110**、**112**)之壓縮應力由玻璃中心區域(**130**)中之儲存張力來平衡。使用本領域已知之散射光偏振儀(SCALP)技術量測最大中心張力(*central tension*; CT)及DOC值。可使用折射近場(*Refracted near-field*; RNF)方法或SCALP來量測應力分佈。當使用RNF方法量測應力分佈時，將SCALP提供之最大CT值用於RNF方法中。特別地，藉由RNF量測之應力分佈係力平衡的並校準至SCALP量測提供之最大CT值。RNF方法闡述於美國專利第8,854,623號中，標題為「*Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample*」，該

專利之全文皆以引用方式併入本文中。RNF方法包括將玻璃製品置於參考塊附近，產生以1 Hz與50 Hz之間之速率在正交偏振之間切換之偏振切換光束，量測偏振切換光束中之功率量並產生偏振切換參考信號，其中每個正交偏振中之量測功率量在彼此之50%內。該方法進一步包括經由玻璃樣品及參考塊將偏振切換光束傳輸不同深度至玻璃樣品中，隨後使用中繼光學系統將傳輸之偏振切換光束中繼至信號光偵測器，信號光偵測器產生偏振切換偵測器信號。該方法亦包括用偵測器信號除以參考信號以形成正規化之偵測器信號，並根據正規化之偵測器信號確定玻璃樣品之分佈特徵。

【0078】 在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下最大CT：大於或等於95 MPa，例如大於或等於100 MPa、大於或等於105 MPa、大於或等於110 MPa、大於或等於110 MPa、大於或等於120 MPa、大於或等於130 MPa、大於或等於140 MPa，或大於或等於150 MPa或更大。在一些實施例中，基於玻璃之製品可具有以下最大CT：小於或等於200 MPa，例如小於或等於190 MPa、小於或等於180 MPa、小於或等於170 MPa、小於或等於160 MPa、小於或等於150 MPa、小於或等於140 MPa、小於或等於130 MPa、小於或等於120 MPa、小於或等於110 MPa，或小於或等於100 MPa。應理解，在實施例中，任一上述範圍可與任何其他範圍組合。然而，在其他實施例中，玻璃製品可具有以下最大

CT：大於或等於 95 MPa 至小於或等於 200 MPa、例如大於或等於 100 MPa 至小於或等於 190 MPa、大於或等於 110 MPa 至小於或等於 180 MPa、大於或等於 120 MPa 至小於或等於 170 MPa、大於或等於 130 MPa 至小於或等於 160 MPa，或大於或等於 140 MPa 至小於或等於 150 MPa 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0079】最大中心張力(CT)亦可參考基於玻璃之製品之厚度來闡述。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下最大CT：小於或等於 $120/\sqrt{t}$ MPa，其中 t 以 mm 表示，例如小於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $100/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $90/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $80/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $70/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $60/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $50/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $40/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $30/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $20/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $10/\sqrt{t}$ MPa 或更小。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下最大CT：小於或等於 $120/\sqrt{t}$ MPa，其中 t 以 mm 表示，例如小於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $100/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $90/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $80/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $70/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $60/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $50/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $40/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $30/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $20/\sqrt{t}$ MPa、小於或等於 $10/\sqrt{t}$ MPa 或更小。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下

最大CT：大於或等於 $10/\sqrt{t}$ MPa，其中 t 以 mm 表示，例如大於或等於 $20/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $30/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $40/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $50/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $60/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $70/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $80/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $90/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $100/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa 或更大。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下最大CT：大於或等於 $10/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $120/\sqrt{t}$ MPa，其中 t 以 mm 表示，例如大於或等於 $20/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $110/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $30/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $100/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $40/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $90/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $50/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $80/\sqrt{t}$ MPa、大於或等於 $60/\sqrt{t}$ MPa 至小於或等於 $70/\sqrt{t}$ MPa 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0080】基於玻璃之製品可具有任何合適之壓縮深度 (depth of compression; DOC)。在實施例中，DOC 大於或等於 $75\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $300\text{ }\mu\text{m}$ 、例如大於或等於 $85\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $290\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $95\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $280\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $100\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $270\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $110\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $260\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $120\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $250\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $130\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $240\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $140\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於 $230\text{ }\mu\text{m}$ 、大於或等於 $150\text{ }\mu\text{m}$ 至小於或等於

220 μm 、大於或等於160 μm 至小於或等於210 μm 、大於或等於170 μm 至小於或等於200 μm 、大於或等於180 μm 至小於或等於190 μm 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0081】 DOC在本文之一些實施例中提供為基於玻璃之製品之厚度(t)之一部分。在實施例中，玻璃製品可具有以下壓縮深度(depth of compression; DOC)：大於或等於0.15 t 至小於或等於0.40 t ，例如大於或等於0.18 t 至小於或等於0.38 t ，或大於或等於0.19 t 至小於或等於0.36 t 、大於或等於0.20 t 至小於或等於0.34 t 、大於或等於0.18 t 至小於或等於0.32 t 、大於或等於0.19 t 至小於或等於0.30 t 、大於或等於0.20 t 至小於或等於0.29 t 、大於或等於0.21 t 至小於或等於0.28 t 、大於或等於0.22 t 至小於或等於0.27 t 、大於或等於0.23 t 至小於或等於0.26 t ，或大於或等於0.24 t 至小於或等於0.25 t 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0082】 本文所述之基於玻璃之製品可展現任一合適量之儲存的拉伸能量(stored tensile energy; STE)。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下STE：大於或等於5 Pa·m，例如大於或等於6 Pa·m、大於或等於7 Pa·m、大於或等於8 Pa·m、大於或等於9 Pa·m、大於或等於10 Pa·m、大於或等於11 Pa·m、大於或等於12 Pa·m、大於或等於13 Pa·m、大於或等於14 Pa·m、大於或等於15 Pa·m、大於或等於16 Pa·m、

大於或等於 17 Pa·m、大於或等於 18 Pa·m、大於或等於 19 Pa·m、大於或等於 20 Pa·m、大於或等於 21 Pa·m、大於或等於 22 Pa·m、大於或等於 23 Pa·m、大於或等於 24 Pa·m、大於或等於 25 Pa·m、大於或等於 26 Pa·m、大於或等於 27 Pa·m、大於或等於 28 Pa·m、大於或等於 29 Pa·m 或更大。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下 STE：小於或等於 30 Pa·m，例如小於或等於 29 Pa·m、小於或等於 28 Pa·m、小於或等於 27 Pa·m、小於或等於 26 Pa·m、小於或等於 25 Pa·m、小於或等於 24 Pa·m、小於或等於 23 Pa·m、小於或等於 22 Pa·m、小於或等於 21 Pa·m、小於或等於 20 Pa·m、小於或等於 19 Pa·m、小於或等於 18 Pa·m、小於或等於 17 Pa·m、小於或等於 16 Pa·m、小於或等於 15 Pa·m、小於或等於 14 Pa·m、小於或等於 13 Pa·m、小於或等於 12 Pa·m、小於或等於 11 Pa·m、小於或等於 10 Pa·m、小於或等於 9 Pa·m、小於或等於 8 Pa·m、小於或等於 7 Pa·m、小於或等於 6 Pa·m、小於或等於 5 Pa·m 或更小。在實施例中，基於玻璃之製品可具有以下 STE：大於或等於 5 Pa·m 至小於或等於 30 Pa·m，例如大於或等於 6 Pa·m 至小於或等於 29 Pa·m、大於或等於 7 Pa·m 至小於或等於 28 Pa·m、大於或等於 8 Pa·m 至小於或等於 27 Pa·m、大於或等於 9 Pa·m 至小於或等於 26 Pa·m、大於或等於 10 Pa·m 至小於或等

於 24 Pa·m、大於或等於 11 Pa·m 至小於或等於 23 Pa·m、大於或等於 12 Pa·m 至小於或等於 23 Pa·m、大於或等於 13 Pa·m 至小於或等於 22 Pa·m、大於或等於 14 Pa·m 至小於或等於 21 Pa·m、大於或等於 15 Pa·m 至小於或等於 20 Pa·m、大於或等於 16 Pa·m 至小於或等於 19 Pa·m、大於或等於 17 Pa·m 至小於或等於 18 Pa·m 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0083】如本文所用，基於玻璃之製品之儲存的拉伸能量 (STE) 係使用以下等式 (IV) 來計算：

$$STE (Pa \cdot m) = [1-\nu]/E \int \sigma(z)^2 dz$$

其中 ν 係帕松比率 (Poisson's ratio), E 係楊氏模數, $\sigma(z)$ 係在厚度方向上應力隨位置 (z) 之變化, 且積分僅在拉伸區域進行。等式 (IV) 於 Suresh T. Gulati, *Frangibility of Tempered Soda-Lime Glass Sheet*, GLASS PROCESSING DAYS, The Fifth International Conference on Architectural and Automotive Glass, 1997 年 9 月 13-15 日中闡述為等式 4。本揭示內容中所述之帕松比率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 中所述之一般類型之共振超音波光譜學技術量測之值。

【0084】 基於玻璃之製品可藉由以下方式形成：使基於玻璃之基板暴露於離子交換溶液以形成基於玻璃之製品，其具有自基於玻璃之製品之表面延伸至壓縮深度之壓縮應力層。離子交換過程可在足以產生滿足式(I)、(IA)及(II)中任一者之基於玻璃之製品之條件下實施。在實施例中，離子交換溶液可為熔融硝酸鹽。在一些實施例中，離子交換溶液可為熔融 KNO_3 、熔融 NaNO_3 或其組合。在某些實施例中，離子交換溶液可包括小於約 95 % 熔融 KNO_3 ，例如小於約 90 % 熔融 KNO_3 、小於約 80 % 熔融 KNO_3 、小於約 70 % 熔融 KNO_3 、小於約 60 % 熔融 KNO_3 ，或小於約 50 % 熔融 KNO_3 。在某些實施例中，離子交換溶液可包括至少約 5 % 熔融 NaNO_3 ，例如至少約 10 % 熔融 NaNO_3 、至少約 20 % 熔融 NaNO_3 、至少約 30 % 熔融 NaNO_3 ，或至少約 40 % 熔融 NaNO_3 。在其他實施例中，離子交換溶液可包括約 95 % 熔融 KNO_3 及約 5 % 熔融 NaNO_3 、約 94 % 熔融 KNO_3 及約 6 % 熔融 NaNO_3 、約 93 % 熔融 KNO_3 及約 7 % 熔融 NaNO_3 、約 80 % 熔融 KNO_3 及約 20 % 熔融 NaNO_3 、約 75 % 熔融 KNO_3 及約 25 % 熔融 NaNO_3 、約 70 % 熔融 KNO_3 及約 30 % 熔融 NaNO_3 、約 65 % 熔融 KNO_3 及約 35 % 熔融 NaNO_3 ，或約 60 % 熔融 KNO_3 及約 40 % 熔融 NaNO_3 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在實施例中，可將其他鈉及鉀鹽用於離子交換溶液，例如硝酸鈉或硝酸鉀、磷酸鈉或磷酸鉀或硫酸鈉或硫

酸鉀。在一些實施例中，離子交換溶液可包括鋰鹽，例如 LiNO_3 。

【0085】 基於玻璃之基板可藉由將基於玻璃之基板浸入離子交換溶液浴中、將離子交換溶液噴霧至基於玻璃之基板上或以其他方式將離子交換溶液物理施加至基於玻璃之基板來暴露於離子交換溶液。根據實施例，在暴露於基於玻璃之基板後，離子交換溶液之溫度可大於或等於 340°C 至小於或等於 500°C ，例如大於或等於 350°C 至小於或等於 490°C 、大於或等於 360°C 至小於或等於 480°C 、大於或等於 370°C 至小於或等於 470°C 、大於或等於 380°C 至小於或等於 460°C 、大於或等於 390°C 至小於或等於 450°C 、大於或等於 400°C 至小於或等於 440°C 、大於或等於 410°C 至小於或等於 430°C 、等於 420°C 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可於離子交換溶液暴露以下持續時間：大於或等於 2 小時至小於或等於 48 小時，例如大於或等於 4 小時至小於或等於 44 小時、大於或等於 8 小時至小於或等於 40 小時、大於或等於 12 小時至小於或等於 36 小時、大於或等於 16 小時至小於或等於 32 小時、大於或等於 20 小時至小於或等於 28 小時、等於 24 小時及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0086】 離子交換過程可在提供改善之壓縮應力分佈之處理條件下在離子交換溶液中進行，如例如美國專利申請公開案第 2016/0102011 號中所揭示，該公開案之全文皆以引用方式併入本文中。在一些實施例中，可以選擇

離子交換過程以在玻璃製品中形成拋物線應力分佈，例如美國專利申請公開案第2016/0102014號中所述之彼等應力分佈，該公開案之全文皆以引用方式併入本文中。

【0087】 在進行離子交換過程之後，應理解，基於玻璃之製品之表面之組成不同於基於玻璃之基板在經歷離子交換過程之前之組成。此係由於成型原樣玻璃中之一種鹼金屬離子（例如 Li^+ 或 Na^+ ）分別用較大之鹼金屬離子（例如 Na^+ 或 K^+ ）替代。然而，在實施例中，基於玻璃之製品之深度中心或其附近之玻璃組成及相組合仍具有基於玻璃之基板之組成。

【0088】 離子交換形成基於玻璃之製品之基於玻璃之基板可具有任何合適之組成，例如鹼性鋁矽酸鹽組成。在實施例中，基於玻璃之基板包括 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 及至少一種鹼金屬氧化物。至少一種鹼金屬氧化物促進基於玻璃之基板之離子交換。例如，基於玻璃之基板可包括促進 Na^+ 及 K^+ 離子交換至基於玻璃之基板中以形成基於玻璃之製品之 Li_2O 及/或 Na_2O 。如上文所論述，基於玻璃之基板之組成可等效於基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合。

【0089】 在本文所述基於玻璃之基板之實施例中，除非另有說明，否則構成組分（例如 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Li_2O 及諸如此類）之濃度係以基於氧化物之莫耳百分數（mol%）給出。根據實施例之基於玻璃之基板之組分個別地論述於

下文中。應理解，一種組分之任一不同列舉之範圍可以個別地與任何其他組分之任一不同列舉之範圍組合。

【0090】 在本文所揭示基於玻璃之基板之實施例中， SiO_2 係最大成分且因此 SiO_2 係由玻璃組合物形成之玻璃網絡之主要成分。純 SiO_2 具有相對較低之CTE且不含鹼。然而，純 SiO_2 具有高熔點。因此，若基於玻璃之基板中 SiO_2 之濃度過高，則玻璃組合物之可成型性可能會降低，此乃因 SiO_2 之濃度越高，玻璃熔融之難度越大，此進而對玻璃之可成型性產生不利影響。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括量大於或等於50.0 mol%至小於或等於69.0 mol%及上述值之間之所有範圍及子範圍之 SiO_2 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 SiO_2 ：大於或等於51.0 mol%至小於或等於68.0 mol%，例如大於或等於52.0 mol%至小於或等於67.0 mol%、大於或等於53.0 mol%至小於或等於66.0 mol%、大於或等於54.0 mol%至小於或等於65.0 mol%、大於或等於55.0 mol%至小於或等於64.0 mol%、大於或等於56.0 mol%至小於或等於63.0 mol%、大於或等於57.0 mol%至小於或等於62.0 mol%、大於或等於58.0 mol%至小於或等於61.0 mol%，或大於或等於60.0 mol%至小於或等於61.0 mol%及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0091】 實施例之基於玻璃之基板可進一步包括 Al_2O_3 。 Al_2O_3 可用作玻璃網絡形成劑，類似於 SiO_2 。

Al_2O_3 可以增加玻璃組合物之黏度，此係由於其在由玻璃組合物形成之玻璃熔體中之四面體配位，當 Al_2O_3 之量過高時，降低玻璃組合物之可成型性。然而，當 Al_2O_3 之濃度與基於玻璃之基板中 SiO_2 之濃度及鹼金屬氧化物之濃度平衡時， Al_2O_3 可以降低玻璃熔體之液相線溫度，從而提高液相線黏度並改善玻璃組合物與某些成型製程如熔融成型製程之相容性。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括濃度大於或等於 12.5 mol% 至小於或等於 25.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 Al_2O_3 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 Al_2O_3 ：大於或等於 13.0 mol% 至小於或等於 24.5 mol%，例如大於或等於 13.5 mol% 至小於或等於 24.0 mol%、大於或等於 14.0 mol% 至小於或等於 23.5 mol%、大於或等於 14.5 mol% 至小於或等於 23.0 mol%、大於或等於 15.0 mol% 至小於或等於 22.5 mol%、大於或等於 15.5 mol% 至小於或等於 22.0 mol%、大於或等於 16.0 mol% 至小於或等於 21.5 mol%、大於或等於 16.5 mol% 至小於或等於 21.0 mol%、大於或等於 17.0 mol% 至小於或等於 20.5 mol%、大於或等於 17.5 mol% 至小於或等於 20.0 mol%、大於或等於 18.0 mol% 至小於或等於 19.5 mol%，或大於或等於 18.5 mol% 至小於或等於 19.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0092】 與 SiO_2 及 Al_2O_3 一樣， B_2O_3 可添加至基於玻璃之基板作為網絡形成劑，從而降低玻璃組合物之可熔性及可成型性。因此， B_2O_3 可以不會過度降低該等特性之量添加。在實施例中，基於玻璃之基板可包括量大於或等於 0 mol% B_2O_3 至小於或等於 8.0 mol% B_2O_3 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 B_2O_3 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 B_2O_3 ：大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 7.5 mol%，例如大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 7.0 mol%、大於或等於 1.5 mol% 至小於或等於 6.5 mol%、大於或等於 2.0 mol% 至小於或等於 6.0 mol%、大於或等於 2.5 mol% 至小於或等於 5.5 mol%、大於或等於 3.0 mol% 至小於或等於 5.0 mol%，或大於或等於 3.5 mol% 至小於或等於 4.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0093】 基於玻璃之基板中包括 Li_2O 允許更好地控制離子交換過程並進一步降低玻璃之軟化點，從而增加玻璃之可製造性。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括量大於 8.0 mol% 至小於或等於 18.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 Li_2O 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 Li_2O ：大於或等於 8.5 mol% 至小於或等於 17.5 mol%，例如大於或等於 9.0 mol% 至小於或等於 17.0 mol%、大於或等於 9.5 mol% 至小於或等於 16.5 mol%、大於或等於 10.0 mol% 至小於或等於 16.0 mol%、大於或等於 10.5 mol% 至小於或等於 15.5

mol%、大於或等於 11.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol%、大於或等於 11.5 mol% 至小於或等於 14.5 mol%、大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 14.0 mol%、或大於或等於 12.5 mol% 至小於或等於 13.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0094】根據實施例，基於玻璃之基板亦可包括除 Li_2O 外之鹼金屬氧化物，例如 Na_2O 。 Na_2O 有助於玻璃組合物之可離子交換性且亦改善玻璃組合物之可成型性，從而改善玻璃組合物之可製造性。然而，若將過多 Na_2O 添加至基於玻璃之基板，則 CTE 可能過低，且熔點可能過高。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括量大於或等於 0.5 mol% Na_2O 至小於或等於 8.0 mol% Na_2O 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 Na_2O 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 Na_2O ：大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 7.5 mol%，例如大於或等於 1.5 mol% 至小於或等於 7.0 mol%、大於或等於 2.0 mol% 至小於或等於 6.5 mol%、大於或等於 2.5 mol% 至小於或等於 6.0 mol%、大於或等於 3.0 mol% 至小於或等於 5.5 mol%、大於或等於 3.5 mol% 至小於或等於 5.0 mol%，或大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 4.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0095】與 Na_2O 一樣， K_2O 亦促進離子交換且增加壓縮應力層之 DOC。然而，添加 K_2O 可能會導致 CTE 過低，且熔點可能過高。在一些實施例中，基於玻璃之基板

可包括 K_2O 。在實施例中，玻璃組合物實質上不含鉀。如本文所用，術語「實質上不含」意指該組分不作為批次材料之組分添加，即使該組分可作為污染物以非常少量存在於最終玻璃中，例如小於 $0.01 \text{ mol}\%$ 。在其他實施例中， K_2O 可以小於 $1 \text{ mol}\%$ 之量存在於基於玻璃之基板中。

【0096】 MgO 降低了玻璃之黏度，從而提高了玻璃之可成型性及可製造性。基於玻璃之基板中包括 MgO 亦改善了玻璃組合物之應變點及楊氏模數，並且亦可以改善玻璃之可離子交換性。然而，當將過多 MgO 添加至玻璃組合物時，玻璃組合物之密度及 CTE 會不期望地增加。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括濃度大於 $0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $17.5 \text{ mol}\%$ 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 MgO 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 MgO ：大於或等於 $0.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $17.0 \text{ mol}\%$ ，例如大於或等於 $1.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $16.5 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $1.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $16.0 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $2.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $15.5 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $2.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $15.0 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $3.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $14.5 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $3.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $14.0 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $4.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $13.5 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $4.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $13.0 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $5.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $12.5 \text{ mol}\%$ 、大於或等於 $5.5 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 12.0

mol%、大於或等於 6.0 mol% 至小於或等於 11.5 mol%、大於或等於 6.5 mol% 至小於或等於 11.0 mol%、大於或等於 7.0 mol% 至小於或等於 10.5 mol%、大於或等於 7.5 mol% 至小於或等於 10.0 mol%、大於或等於 8.0 mol% 至小於或等於 9.5 mol%，或大於或等於 8.5 mol% 至小於或等於 9.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0097】 CaO 降低玻璃之黏度，此提高了可成型性、應變點及楊氏模數，並且可改善可離子交換性。然而，當將過多 CaO 添加至基於玻璃之基板時，玻璃組合物之密度及 CTE 增加。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括濃度大於 0 mol% 至小於或等於 4.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 CaO。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 CaO：大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 3.5 mol%，例如大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 3.0 mol%，或大於或等於 1.5 mol% 至小於或等於 2.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。

【0098】 La₂O₃ 增加了玻璃之韌性，且亦增加了玻璃之楊氏模數及硬度。然而，當將過多 La₂O₃ 添加至玻璃組合物時，玻璃變得容易析晶，並且玻璃之可製造性降低。在實施例中，基於玻璃之基板通常包括濃度大於或等於 0 mol% 至小於或等於 2.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 La₂O₃。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 La₂O₃：大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 2.0

mol%，例如大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 1.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，玻璃組合物不含或實質上不含 La_2O_3 。

【0099】 Y_2O_3 亦增加了玻璃之韌性，並增加了玻璃之楊氏模數及硬度。然而，當將過多 Y_2O_3 添加至玻璃組合物時，玻璃變得容易析晶，並且玻璃之可製造性降低。在實施例中，基於玻璃之基板包括例如濃度大於或等於 0 mol% 至小於或等於 2.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 Y_2O_3 。在實施例中，基於玻璃之基板包括大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 1.5 mol% 之量之 Y_2O_3 。在一些實施例中，基於玻璃之基板不含或實質上不含 Y_2O_3 。

【0100】 TiO_2 亦有助於提高玻璃之韌性，同時亦軟化玻璃。然而，當將過多 TiO_2 添加至玻璃組合物時，玻璃變得容易析晶且展現不期望之著色。在實施例中，基於玻璃之基板包括例如濃度大於或等於 0 mol% 至小於或等於 2.0 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 TiO_2 。在實施例中，基於玻璃之基板包括大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 1.5 mol% 之量之 TiO_2 。在一些實施例中，基於玻璃之基板不含或實質上不含 TiO_2 。

【0101】 ZrO_2 有助於玻璃之韌性。然而，當將過多 ZrO_2 添加至玻璃組合物時，可能在玻璃中形成不期望之氧化鋯夾雜物，此至少部分歸因於 ZrO_2 在玻璃中之低溶解度。在實施例中，基於玻璃之基板包括例如濃度大於或

等於 0 mol% 至小於或等於 2.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍之 ZrO_2 。在實施例中，基於玻璃之基板包括以下量之 ZrO_2 ：大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 2.0 mol%，例如大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 1.5 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，基於玻璃之基板不含或實質上不含 ZrO_2 。

【0102】 SrO 降低本文所揭示玻璃組合物之液相線溫度。在實施例中，基於玻璃之基板可包括以下量之 SrO ：大於或等於 0 mol% 至小於或等於 1.0 mol%，例如大於或等於 0.2 mol% 至小於或等於 0.8 mol%，或大於或等於 0.4 mol% 至小於或等於 0.6 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，基於玻璃之基板可實質上不含或不含 SrO 。

【0103】 在實施例中，基於玻璃之基板可視情況包括一或多種澄清劑。在一些實施例中，澄清劑可包括例如 SnO_2 。在該等實施例中， SnO_2 可以下列量存在於基於玻璃之基板中：小於或等於 0.2 mol%，例如大於或等於 0 mol% 至小於或等於 0.1 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在其他實施例中， SnO_2 可以下列量存在於基於玻璃之基板中：大於或等於 0 mol% 至小於或等於 0.2 mol%，或大於或等於 0.1 mol% 至小於或等於 0.2 mol% 及上述值之間之所有範圍及子範圍。在一些實施例中，基於玻璃之基板可實質上不含或不含 SnO_2 。

【0104】 在實施例中，基於玻璃之基板可實質上不含砷及銻中之一或兩者。在其他實施例中，基於玻璃之基板可不含砷及銻中之一或兩者。

【0105】 在一或多個實施例中，本文所述之玻璃製品可展現非晶型微結構且可實質上不含晶體或微晶。換言之，在一些實施例中，玻璃製品不包括玻璃-陶瓷材料。

【0106】 基於玻璃之基板可包括玻璃陶瓷。玻璃陶瓷之特徵在於相組合，該相組合包括非晶型相及至少一種結晶相。玻璃陶瓷之結晶相可包括任何合適之晶體結構，例如矽酸鋰、 β -鋰輝石或尖晶石晶體結構。含有基於玻璃之基板之玻璃陶瓷可藉由任何合適之方法(例如陶瓷化前體玻璃)形成。

【0107】 基於玻璃之基板可藉由任何合適之方法產生。在實施例中，基於玻璃之基板可藉由包括狹縫形成、浮置形成、滾動過程及熔融形成過程之製程形成。用於形成基於玻璃之基板之拉伸製程係合意的，此乃因其允許形成具有很少缺陷之薄玻璃製品。

【0108】 基於玻璃之基板之特徵可在於其形成方式。例如，基於玻璃之基板可表徵為可浮置成型(亦即，藉由浮法製程形成)、可下拉的，特別是可熔融成型或可狹縫拉伸的(亦即，藉由下拉製程如熔融拉伸製程或狹縫拉伸製程形成)。

【0109】 本文所述之基於玻璃之製品之一些實施例可以藉由下拉製程形成。下拉製程產生具有均勻厚度之基於

玻璃之基板，該基板具有相對原始之表面。由於基於玻璃之基板及所得基於玻璃之製品之平均彎曲強度由表面裂縫之數量及大小控制，故具有最小接觸之原始表面具有較高之初始強度。此外，下拉的基於玻璃之基板具有非常平坦、光滑之表面，可用於最終應用中，而無需昂貴之研磨及拋光。

【0110】 基於玻璃之基板之一些實施例可闡述為可熔融成型(亦即，可使用熔融拉伸製程成型)。熔融過程使用拉伸罐，該拉伸罐具有用於接收熔融玻璃原料之通道。在通道之頂部沿通道之長度在通道之兩側有開口之堰。當通道充滿熔融材料時，熔融玻璃溢出堰。由於重力之作用，熔融玻璃作為兩層流動之玻璃膜沿著拉伸罐之外表面向下流動。拉伸罐之該等外表面向下向內延伸，使得其在拉伸罐下方之邊緣處接合。兩個流動之玻璃膜在此邊緣接合，以熔融並形成單個流動之玻璃製品。熔融拉伸方法之優點在於，由於流過通道之兩個玻璃膜熔融在一起，故所得基於玻璃之基板之外表面皆不與裝置之任何部分接觸。因此，熔融拉伸基於玻璃之基板之表面特性不受此種接觸之影響。

【0111】 本文所述之基於玻璃之基板之一些實施例可藉由狹縫拉伸製程形成。狹縫拉伸製程不同於熔融拉伸方法。在狹縫拉伸製程中，將熔融原料玻璃提供給拉伸槽。拉伸罐之底部有開口狹縫，帶有延伸狹縫長度之噴嘴。熔

融玻璃流過狹縫/噴嘴，並作為連續之基於玻璃之基板向下拉入退火區域中。

【0112】 本文揭示之基於玻璃之製品可納入另一製品中，例如具有顯示器之製品(或顯示器製品)(例如消費電子產品，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統及諸如此類)、建築製品、運輸製品(例如汽車、火車、飛機、海船等)、器具製品或任何需要一定透明度、抗劃傷性、耐磨性或其組合之製品。第3A圖及第3B圖顯示納入本文揭示之任一基於玻璃之製品之示例性製品。具體而言，第3A圖及第3B圖顯示消費電子裝置200，包括具有前表面204、後表面206及側表面208之外殼202；電組件(未顯示)，其至少部分地在外殼內部或完全在外殼內部，並且包括至少一個控制器、記憶體及位於外殼前表面處或附近之顯示器210；及位於外殼前表面處或上方、使得其位於顯示器上方之蓋基板212。蓋基板212及/或外殼可以包括本文揭示之任一基於玻璃之製品。

實例

【0113】 實施例將藉由以下實例進一步闡明。應理解，該等實例並不限於上述實施例。

【0114】 製備具有下表1中之組成之基於玻璃之製品，組分之濃度以mol%提供。使實例1陶瓷化以形成玻璃陶瓷。基於玻璃之基板之厚度為0.8 mm。

表 1

	A	B	C	D	1	2	3
SiO ₂	57.43	63.64	63.31	70.94	70.29	54.52	58.09

Al ₂ O ₃	16.10	15.07	15.20	12.83	4.23	19.43	18.04
B ₂ O ₃		2.34	6.74	1.86		7.91	6.05
P ₂ O ₅	6.54	2.53			0.87		
Li ₂ O		5.93	6.82	8.22	21.35	11.70	11.36
Na ₂ O	17.05	9.27	4.30	2.36	1.51	1.90	1.92
ZrO ₂					1.67		
CaO			1.55			0.07	0.04
K ₂ O						0.05	
MgO	2.81		1.00	2.87		4.35	4.41
SnO ₂	0.07	0.05	0.05	0.06	0.08	0.04	0.05
TiO ₂							
ZnO		1.17		0.83			
SrO			1.02				
Fe ₂ O ₃				0.02			

【 0 1 1 5 】 隨後使基於玻璃之基板離子交換以產生基於玻璃之製品。基於玻璃之基板及基於玻璃之製品之特性提供於下表 2 中。在離子交換形成基於玻璃之製品之前，在基於玻璃之基板上量測楊氏模數 (E)、硬度 (H) 及斷裂韌性 (K_{IC})。為量測掉落性能，將基於玻璃之製品裝入模擬智能電話之圓盤中，並掉落至 30 砂紙上，掉落性能以基於玻璃之製品失效前之最大掉落高度 (c m) 來報告。

表 2

	A	B	C	D	1	2	3
K_{IC} (MPa√m)	0.65	0.75	0.87	0.84	1.34	0.96	0.95
E (Gpa)	65	74	77	80	110		
H (Gpa)	4.802	5.253	5.733	5.929	7.428		
DOC (m)	0.0001	0.00016	0.00017	0.000175	0.00015	0.00019	0.00019
DOC/t	0.13	0.20	0.21	0.22	0.19	0.24	0.24
STE (Pa·m)	18	12	17	20	8	24	24
$K_{IC}^2 \cdot DOC / t \cdot \sqrt{STE}$ (Pa ^{2.5} m ^{1.5})	2.24×10 ¹¹	3.90×10 ¹¹	6.63×10 ¹¹	6.90×10 ¹¹	9.52×10 ¹¹	1.07×10 ¹²	1.05×10 ¹²
$K_{IC}^2 \cdot DOC \cdot H / E \cdot \sqrt{STE}$ (Pa ^{2.5} m ^{2.5})	13242554	22130554	39500547	40926356	54876097		
掉落 性能 (cm)	35	84	135	129	182	177	188

【0116】 掉落性能與式(I)值之間之關係顯示於第4圖中。掉落性能與式(II)值之間之關係顯示於第5圖中。如第4圖及第5圖所示，滿足式(I)及(II)之基於玻璃之製品展現改善之掉落性能。如第4圖及第5圖所示，滿足式(I)及(II)之實施例1-3皆展現優於不滿足式(I)及(II)之比較實例A-D之掉落性能。

【0117】 本說明書中揭示之所有範圍包括廣泛揭示之範圍所涵蓋之任何及所有範圍及子範圍，無論在揭示範圍之前或之後是否明確陳述。

【0118】 熟習此項技術者應明瞭，在不脫離所主張標的物之精神及範圍之情況下，可以對本文所述之實施例進行各種修改及變化。因此，本說明書意欲覆蓋本文所述之各個實施例之修改及變化，只要該等修改及變化落入所附申請專利範圍及其等效物之範圍內即可。

【符號說明】

【 0 1 1 9 】

1 0 0 基 於 玻 璃 之 製 品

1 1 0 第 一 表 面

1 1 2 第 二 表 面

1 2 0 第 一 區 段 / 第 一 壓 縮 層

1 2 2 第 二 區 段 / 第 二 壓 縮 層

1 3 0 玻 璃 中 心 區 域

2 0 0 消 費 電 子 裝 置

2 0 2 外 殼

2 0 4 前 表 面

2 0 6 後 表 面

2 0 8 側 表 面

2 1 0 顯 示 器

2 1 2 蓋 基 板

【生物材料寄存】

【 0 1 2 0 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 2 1 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種基於玻璃之製品，包括：

自該基於玻璃之製品之一表面延伸至一壓縮深度之一壓縮應力層，

其中 $K_{IC}^2 \times DOC / t \times \sqrt{STE} \geq 7.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5}$ ，

其中 K_{IC} 係一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之一基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， t 係該基於玻璃之製品之厚度(公尺)，且 STE 係該基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【第2項】 一種基於玻璃之製品，包括：

自該基於玻璃之製品之一表面延伸至一壓縮深度之一壓縮應力層，

其中該基於玻璃之製品具有一厚度 t 及 $K_{IC}^2 \times DOC \times \sqrt{STE} \geq 6.0 \times 10^8 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係一基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)，該基板之一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合， DOC 係壓縮深度(公尺)，且 STE 係該基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【第3項】 一種基於玻璃之製品，包括：

自該基於玻璃之製品之一表面延伸至一壓縮深度之一壓縮應力層，

其中該基於玻璃之製品具有一厚度 t 及 $K_{IC}^2 \times DOC \times H / E \times \sqrt{STE} \geq 4.1 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係一基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)，該基板之一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合， DOC 係壓縮深度(公尺)， H 係一基於玻璃之基板之硬度(帕斯卡)，該基板之一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合， E 係一基於玻璃之基板之楊氏模數(帕斯卡)，該基板之一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合，且 STE 係該基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【第4項】如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中 $75 \mu\text{m} \leq DOC \leq 300 \mu\text{m}$ 。

【第5項】如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中 $0.1t \leq DOC \leq 0.4t$ 。

【第6項】如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，包括大於或等於 95 MPa 之一最大中心張力 CT 。

【第7項】如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，包括小於或等於 $120 / \sqrt{t} \text{ MPa}$ 之一最大中心張力 CT ，其中 t 以 mm 表示。

【第8項】如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃

之製品，其中該基於玻璃之製品之該厚度 $t \leq 1.0$ mm。

【第9項】 如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中 $STE \geq 20 \text{ Pa} \cdot \text{m}$ 。

【第10項】 如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中 $5 \text{ Pa} \cdot \text{m} \leq STE \leq 10 \text{ Pa} \cdot \text{m}$ 。

【第11項】 如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中該壓縮應力層包括大於或等於 100 MPa 至小於或等於 1300 MPa 之一壓縮應力 CS 。

【第12項】 如請求項 1 至 3 中之任一項所述之基於玻璃之製品，其中一組成及相組合等效於該基於玻璃之製品之中心處之組成及相組合之一基於玻璃之基板具有以下中之至少一者：

一 K_{IC} ，大於或等於 $0.75 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ 至小於或等於 $1.5 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ ，

一硬度 H ，大於或等於 6.0 GPa 至小於或等於 8.0 GPa ，及

一楊氏模數 E ，大於或等於 80 GPa 至小於或等於 120 GPa 。

【第13項】 一種用於製造一基於玻璃之製品之方法，包括以下步驟：

使一基於玻璃之基板離子交換以形成一基於玻璃之

製品，該製品具有自該基於玻璃之製品之一表面延伸至一壓縮深度之一壓縮應力層，

$$\text{其中 } K_{IC}^2 \times DOC / t \times \sqrt{STE} \geq 7.0 \times 10^{11} \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{1.5},$$

其中 K_{IC} 係該基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， t 係該基於玻璃之製品之厚度(公尺)，且 STE 係該基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【第14項】 一種用於製造一基於玻璃之製品之方法，包括以下步驟：

使一基於玻璃之基板離子交換以形成一基於玻璃之製品，該製品具有自該基於玻璃之製品之一表面延伸至一壓縮深度之一壓縮應力層，

其中 $K_{IC}^2 \times DOC \times H / E \times \sqrt{STE} \geq 4.1 \times 10^7 \text{ Pa}^{2.5} \text{ m}^{2.5}$ ，其中 K_{IC} 係該基於玻璃之基板之斷裂韌性 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{0.5}$)， DOC 係壓縮深度(公尺)， H 係該基於玻璃之基板之硬度(帕斯卡)， E 係該基於玻璃之基板之楊氏模數(帕斯卡)，且 STE 係該基於玻璃之製品之儲存的應變能 ($\text{Pa} \cdot \text{m}$)。

【第15項】 一種消費電子產品，包括：

一外殼，具有一前表面、一後表面及側表面；

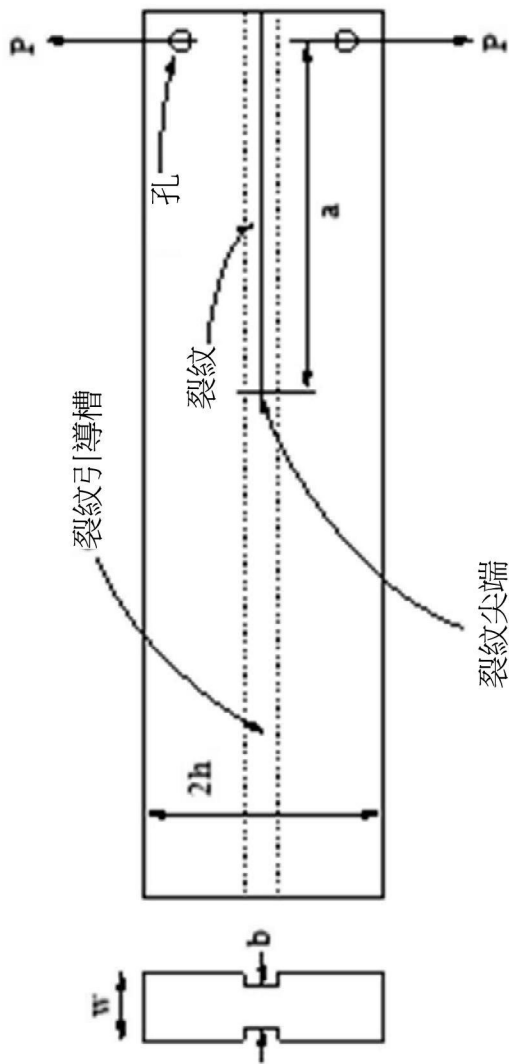
至少部分地設置在該外殼內之電子組件，該等電子組件包括至少一控制器、一記憶體及一顯示器，該顯

示器設置在該外殼之該前表面處或其附近；及

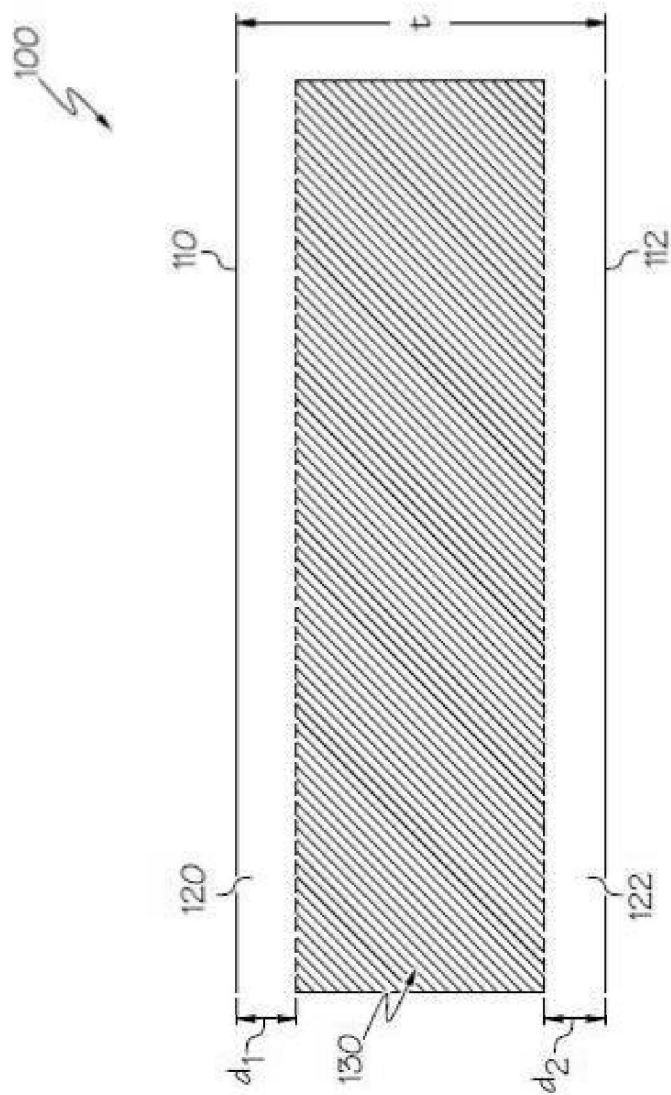
佈置在該顯示器上方之一蓋玻片，

其中該外殼之一部分或該蓋玻片之一部分中之至少一者包括如請求項 1 至 3 中任一項之基於玻璃之製品。

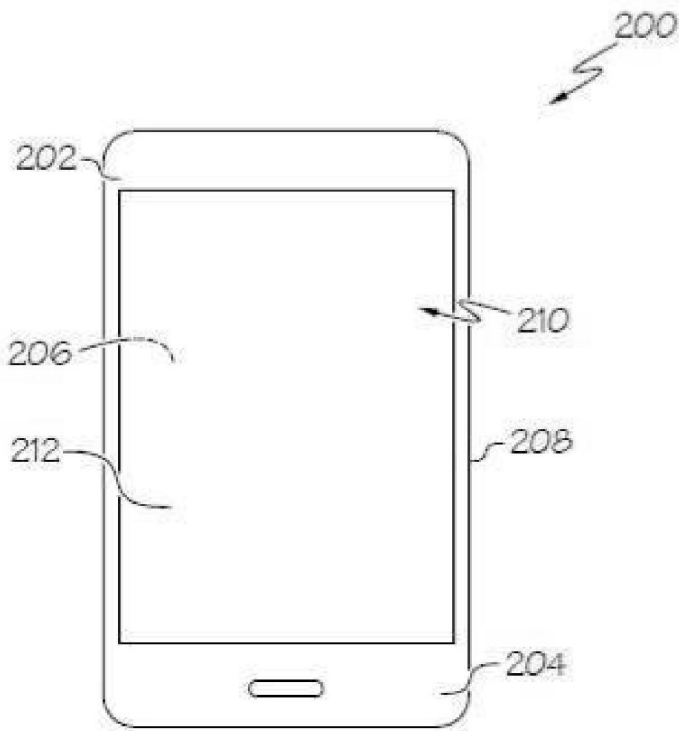
【發明圖式】



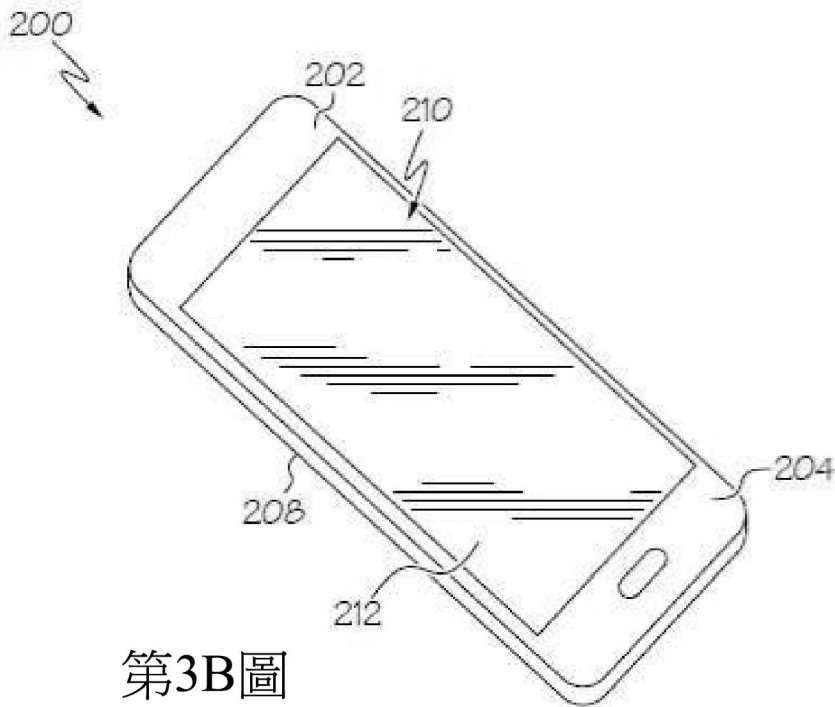
第1圖



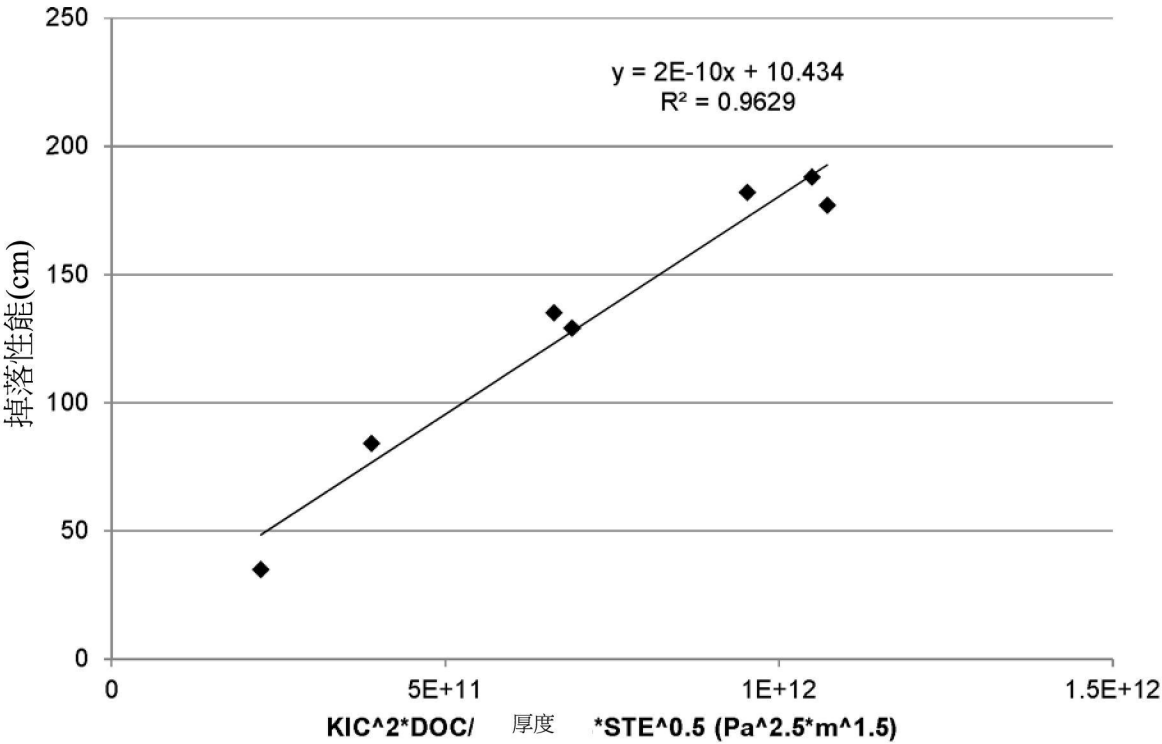
第2圖



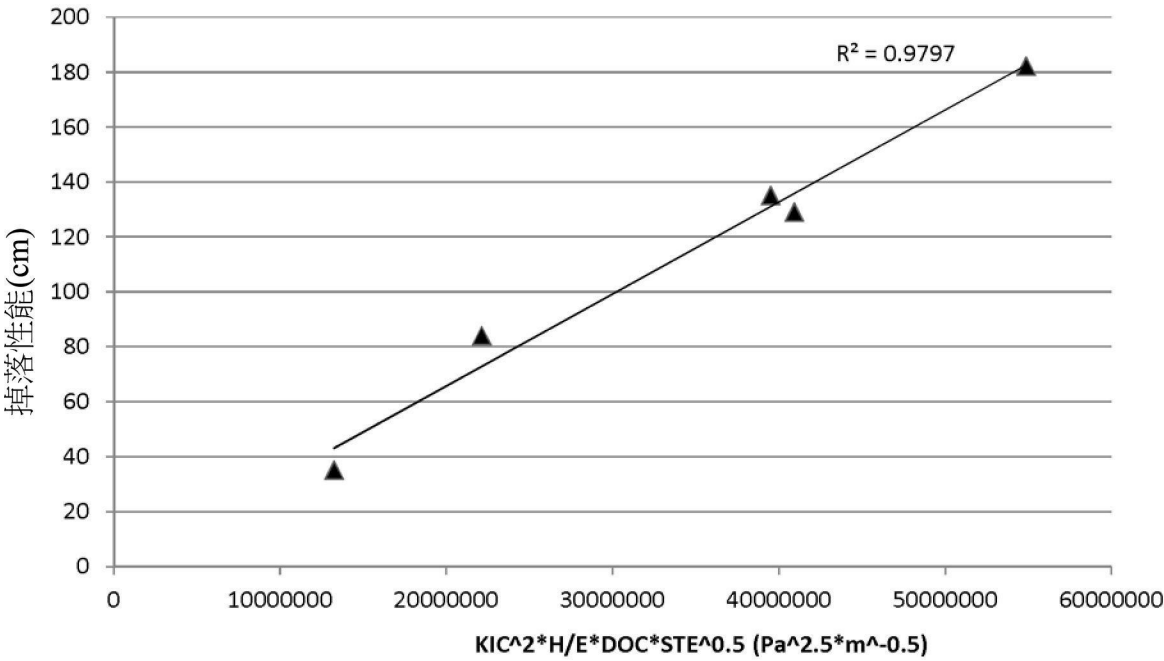
第3A圖



第3B圖



第4圖



第5圖