



(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 I714916 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：107142600

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 29 日

(51)Int. Cl. : C03C3/083 (2006.01)

C03C3/097 (2006.01)

C03C3/078 (2006.01)

C03C3/091 (2006.01)

C03C3/093 (2006.01)

(30)優先權：2017/11/29 美國

62/591,953

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

美國

(72)發明人：葛羅斯 提摩西麥克 GROSS, TIMOTHY MICHAEL (US)；郭曉菊 GUO, XIAOJU (CN)；雷奇 彼德約瑟夫 LEZZI, PETER JOSEPH (US)；米契爾 亞利桑卓賴清高安德魯斯 MITCHELL, ALEXANDRA LAI CHING KAO ANDREWS (US)；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：

TW 201710204A

TW 201733946A

TW 201736300A

CN 101522584B

JP 2014-141363A

US 2014/0364298A1

審查人員：鐘文宏

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：2 共 94 頁

(54)名稱

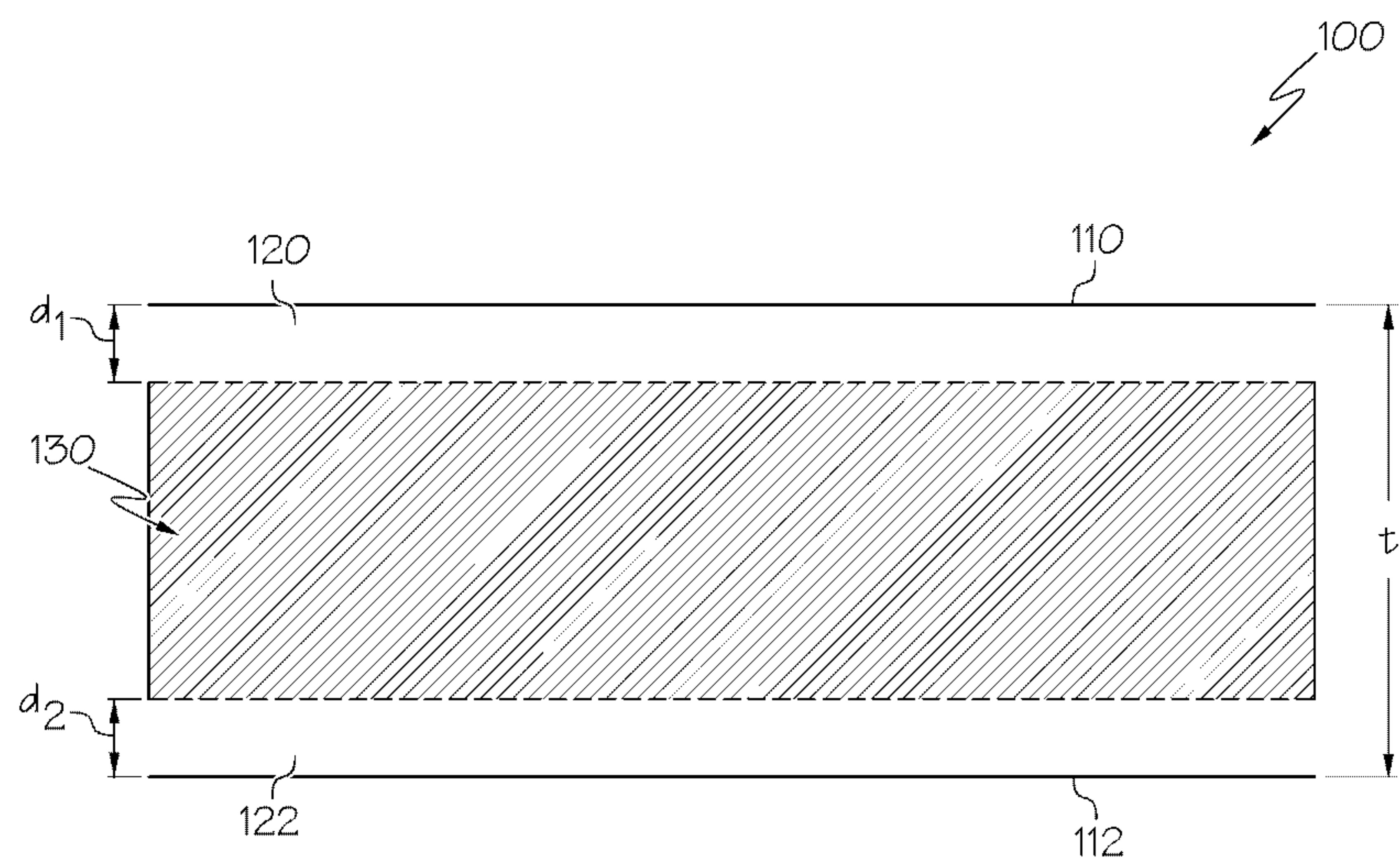
具有低過量改質劑含量的玻璃

(57)摘要

一種玻璃組合物，包括：55.0 mol%至 70.0 mol%的 SiO_2 ；12.0 mol%至 20.0 mol%的 Al_2O_3 ；5.0 mol%至 15.0 mol%的 Li_2O ；以及 4.0 mol%至 15.0 mol%的 Na_2O 。該玻璃組合物具有以下關係： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}) / \text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。該玻璃組合物可以用於玻璃製品或者消費電子產品中。

A glass composition includes: from 55.0 mol% to 70.0 mol% SiO_2 ; from 12.0 mol% to 20.0 mol% Al_2O_3 ; from 5.0 mol% to 15.0 mol% Li_2O ; and from 4.0 mol% to 15.0 mol% Na_2O . The glass composition has the following relationships $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$, $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}) / \text{Na}_2\text{O}$, and $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$. The glass composition may be used in a glass article or a consumer electronic product.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 100 . . . 玻璃
- 110 . . . 主表面
- 112 . . . 主表面
- 120 . . . 第一壓縮層
- 122 . . . 第二壓縮層
- 130 . . . 中心區域
- d₁ . . . 深度
- d₂ . . . 深度

第 1 圖



I714916

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有低過量改質劑含量的玻璃

【英文發明名稱】GLASSES WITH LOW EXCESS MODIFIER CONTENT

【中文】

一種玻璃組合物，包括：55.0 mol% 至 70.0 mol% 的 SiO_2 ；12.0 mol% 至 20.0 mol% 的 Al_2O_3 ；5.0 mol% 至 15.0 mol% 的 Li_2O ；以及 4.0 mol% 至 15.0 mol% 的 Na_2O 。該玻璃組合物具有以下關係： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。該玻璃組合物可以用於玻璃製品或者消費電子產品中。

【英文】

A glass composition includes: from 55.0 mol% to 70.0 mol% SiO_2 ; from 12.0 mol% to 20.0 mol% Al_2O_3 ; from 5.0 mol% to 15.0 mol% Li_2O ; and from 4.0 mol% to 15.0 mol% Na_2O . The glass composition has the following relationships $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$, $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$, and $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3$. The glass composition may be used in a glass article or a consumer electronic product.

【指定代表圖】第（1）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 玻璃

1 1 0 主表面

- 1 1 2 主 表 面
- 1 2 0 第 一 壓 縮 層
- 1 2 2 第 二 壓 縮 層
- 1 3 0 中 心 區 域
- d ₁ 深 度
- d ₂ 深 度

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有低過量改質劑含量的玻璃

【英文發明名稱】GLASSES WITH LOW EXCESS MODIFIER CONTENT

【技術領域】

【0001】 本案主張2017年11月29日提出申請的美國臨時申請第62/591,953號的優先權權益，本案依賴該申請的內容並且該申請的內容以引用方式全文併入本文。

【0002】 本說明書大體係關於適用於作為電子裝置用的覆蓋玻璃（cover glass）的玻璃組合物。更特定言之，本說明書係關於含鋰的鋁矽酸鹽玻璃，其可藉由熔融拉製（fusion drawing）而形成為電子裝置用的覆蓋玻璃。

【先前技術】

【0003】 諸如智慧型電話、平板電腦、可攜式媒體播放機、個人電腦及照相機之類的可攜式裝置的行動屬性使得該等裝置特別容易意外掉落在諸如地面的堅硬表面上。該等裝置通常包括覆蓋玻璃，其在與堅硬表面撞擊時可能受損。在許多該等裝置中，覆蓋玻璃起到顯示螢幕蓋的作用，並且可結合觸摸功能，如此使得當覆蓋玻璃受損時裝置的使用受到負面影響。

【0004】 當相關的可攜式裝置掉落在堅硬表面上時，覆蓋玻璃存在兩種主要的故障模式。其中一種模式是彎曲故障（flexure failure），此是當裝置受到與堅硬表面撞擊的動態載荷時由玻璃的彎曲引起的。另一種模式是尖

銳接觸故障（sharp contact failure），此是由於玻璃表面引入損壞引起的。玻璃與粗糙的堅硬表面（例如瀝青、花崗岩等）的撞擊會導致在玻璃表面中的尖銳壓痕。該等壓痕成為玻璃表面中的故障位置，裂縫可能從該故障位置而發展及傳播開來。

【0005】藉由離子交換技術可以使玻璃更加耐受彎曲故障，此包括在玻璃表面中引起壓應力。然而，經離子交換的玻璃仍然容易受到動態尖銳接觸的影響，此是因為由尖銳接觸造成的玻璃中局部壓痕所致的高度應力集中。

【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故障的耐受性。解決方案的範圍從覆蓋玻璃上的塗層到面板：當裝置掉落在堅硬表面上時，該等解決方案防止覆蓋玻璃直接撞擊堅硬表面。然而，由於美學及功能需求的限制，很難完全地防止覆蓋玻璃撞擊堅硬表面。

【0007】亦期望可攜式裝置盡可能薄。因此，除了強度之外，亦期望將用作可攜式裝置中的覆蓋玻璃的玻璃製造得盡可能薄。因此，除了增加覆蓋玻璃的強度之外，亦期望玻璃具有使其藉由能夠製造薄玻璃製品（例如薄玻璃片）的製程而成型所需的機械特性。

【0008】因此，存在對此種玻璃的需求，該等玻璃能夠例如藉由離子交換而被增強，並且該等玻璃具有使它們成型為薄玻璃製品所需的機械性質。

【發明內容】

【0009】根據第一實施例，一種玻璃組合物，包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的 SiO_2 ；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的 Al_2O_3 ；大於或等於5.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Li_2O ；以及大於或等於4.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Na_2O ，其中： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0010】根據第二實施例，一種玻璃製品，包括：第一表面；與該第一表面相對的第二表面，其中該玻璃製品的厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的距離來表示；以及壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的厚度(t)，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於60 MPa，該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.15t至小於或等於0.25t，並且該玻璃製品是由玻璃形成的，該玻璃包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的 SiO_2 ；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的 Al_2O_3 ；大於或等於5.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Li_2O ；以及大於或等於4.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Na_2O ，其中： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 +$

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0011】根據第三實施例，一種玻璃製品，包括：第一表面；與該第一表面相對的第二表面，其中該玻璃製品的厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的距離來表示；以及壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的厚度(t)，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於60 MPa，該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.15t至小於或等於0.25t，並且該玻璃製品具有在該玻璃製品的中心深度處的組成，該組成包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的 SiO_2 ；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的 Al_2O_3 ；大於或等於5.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Li_2O ；以及大於或等於4.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Na_2O ，其中： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0012】根據第四實施例，一種玻璃組合物，包括：大於或等於60.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的 SiO_2 ；大於或等於12.0 mol%至小於或等於18.0 mol%的 Al_2O_3 ；大於或等於5.0 mol%至小於或等於10.0 mol%的 Li_2O ；大於或等於4.0 mol%至小於或等於10.0 mol%的 Na_2O ；以及大於或等於0.75 mol%的

P_2O_5 ，其中： Li_2O/Na_2O 大於或等於1.00，並且 $Al_2O_3 + Li_2O$ 小於或等於25.25 mol%。

【0013】另外的特徵及優點將在下面的詳細描述中進行闡述，並且在某種程度上對於本領域技藝人士而言將是顯而易見的，或者藉由實踐本文描述的實施例（包括下面的詳細描述、申請專利範圍以及附圖）而被認可。

【0014】應理解，前面的一般性描述及以下的詳細描述均描述了各種實施例，並且均旨在提供概述或框架用於理解所主張標的的屬性及特性。包括附圖以提供對各種實施例的進一步理解，並且附圖被併入到本說明書中並且構成本說明書的一部分。附圖圖示了本文描述的各種實施例，並且與說明書一起用於解釋所主張標的的原理及操作。

【圖式簡單說明】

【0015】第1圖示意性地圖示根據本文揭示及描述的實施例的在其表面上具有壓應力層的玻璃的橫截面；

【0016】第2A圖是包含本文揭示的任何玻璃製品的示例性電子裝置的平面圖；以及

【0017】第2B圖是第2A圖的示例性電子裝置的透視圖。

【實施方式】

【0018】現在根據各種實施例將詳細地參考鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃具有良好的離子可交換性，並且已經使用化學增強製程以在鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃中實現高強度及高韌性性質。鋁矽酸鈉玻璃是高度可離子

交換的玻璃，具有高的玻璃成型性及品質。 Al_2O_3 置換到矽酸鹽玻璃網路中增加了在離子交換期間一價陽離子的互擴散率。藉由在熔融鹽浴（例如， KNO_3 及/或 NaNO_3 ）中的化學增強，能夠實現具有高強度、高韌性及高抗壓痕裂縫性的玻璃。

【0019】 因此，具有良好的物理性質、化學持久性及離子可交換性的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃作為覆蓋玻璃的使用已引起人們的關注。特別地，本文提供了具有較低退火及軟化溫度、較低熱膨脹係數（CTE）值及快速離子可交換性的含鋰鋁矽酸鹽玻璃。經由不同的離子交換製程，能夠實現更大的中心張力（CT）、壓縮深度（DOC）及高壓應力（CS）。然而，在鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃中加入鋰可降低玻璃的熔點、軟化點或液相粘度（liquidus viscosity）。

【0020】 用於形成玻璃製品（諸如，例如玻璃片）的拉製製程是合乎需要的，因為它們允許形成具有很少缺陷的薄玻璃製品。先前認為，玻璃組合物需要具有相對高的液相粘度 - 例如液相粘度大於1000 kP、大於1100 kP、或大於1200 kP - 以便藉由拉製製程（諸如，例如熔融拉製或狹縫拉製）來成型。然而，拉製製程的發展使得具有較低液相粘度的玻璃可用於拉製製程。因此，在拉製製程中使用的玻璃可包括比先前認為的更多的氧化鋰，並且可包括更多的玻璃網路形成組分，諸如，例如 SiO_2 、 Al_2O_3 和 B_2O_3 。因此，本文提供了各種玻璃組分的平衡，此

種平衡允許玻璃實現了將鋰及玻璃網路形成劑添加到玻璃組合物中的益處，而不會對玻璃組合物產生負面影響。

【0021】 在本文所述的玻璃組合物的實施例中，除非另有說明，否則構成組分（例如， SiO_2 、 Al_2O_3 、 Li_2O 等）的濃度是以氧化物為基準以莫耳百分比（mol%）提供。下面分別地論述根據各實施例的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物的組分。應當理解，一個組分的任意各種所述範圍可以單獨地與任何其他組分的任意各種所述範圍進行組合。

【0022】 在本文揭示的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物的實施例中， SiO_2 是最多的組分，例如， SiO_2 是由玻璃組合物形成的玻璃網路的主要組分。純 SiO_2 具有相對低的CTE並且不含鹼金屬。但是，純 SiO_2 具有高的熔點。因此，如果玻璃組合物中 SiO_2 的濃度太高，則玻璃組合物的可成型性可能會降低，因為較高濃度的 SiO_2 會增加熔融玻璃的難度，此反過來又會對玻璃的可成型性產生不利影響。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的量的 SiO_2 ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的 SiO_2 。在一些實施例中，玻璃組合物包括大於或等於58.0 mol%的量的 SiO_2 ，例如大於或等於60.0 mol%、大於或等於62.0 mol%、大於或等於64.0 mol%、大於或等於66.0 mol%、或者大於或等於68.0 mol%。在實施例中，玻璃組合物包括小於或等於68.0 mol%的量的 SiO_2 ，例如小於或等於66.0 mol%、小於或等於64.0 mol%、小

於或等於 62.0 mol%、小於或等於 60.0 mol%、或者小於或等於 58.0 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 58.0 mol% 至小於或等於 68.0 mol% 的量的 SiO_2 ，例如大於或等於 60.0 mol% 至小於或等於 66.0 mol%、或者大於或等於 62.0 mol% 至小於或等於 64.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0023】各實施例的玻璃組合物可進一步包括 Al_2O_3 。 Al_2O_3 可用作為玻璃網路形成劑，類似於 SiO_2 。 Al_2O_3 因其在由玻璃組合物形成的玻璃熔體中的四面體配位之故可增加玻璃組合物的粘度，當 Al_2O_3 的量太大時降低玻璃組合物的可成型性。然而，當 Al_2O_3 的濃度與玻璃組合物中的 SiO_2 的濃度及鹼金屬氧化物的濃度相平衡時， Al_2O_3 能夠降低玻璃熔體的液相溫度，從而提高液相粘度並改善玻璃組合物與諸如熔融成型製程之類的某些成型製程的相容性。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 20.0 mol% 的濃度的 Al_2O_3 ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的濃度的 Al_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 13.0 mol% 的量的 Al_2O_3 ，例如大於或等於 14.0 mol%、大於或等於 15.0 mol%、大於或等於 16.0 mol%、大於或等於 17.0 mol%、或者大於或等於 18.0 mol%。在實施例中，玻璃組合物包括小於或等於 19.0

mol % 的量的 Al_2O_3 ，例如小於或等於 18.0 mol %、小於或等於 17.0 mol %、小於或等於 16.0 mol %、小於或等於 15.0 mol %、小於或等於 14.0 mol %、或者小於或等於 13.0 mol %。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 13.0 mol % 至小於或等於 19.0 mol % 的量的 Al_2O_3 ，例如大於或等於 14.0 mol % 至小於或等於 18.0 mol %、或者大於或等於 15.0 mol % 至小於或等於 17.0 mol %，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0024】與 SiO_2 及 Al_2O_3 類似，可以將 P_2O_5 作為網路形成劑添加到玻璃組合物中，從而降低玻璃組合物的可熔性及可成型性。因此， P_2O_5 可以以不過度降低該等性質的量進行添加。 P_2O_5 的添加亦可增加離子交換處理期間玻璃組合物中離子的擴散性，從而提高該等處理的效率。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 0.0 mol % 至小於或等於 5.0 mol % 的量的 P_2O_5 ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的 P_2O_5 。在一些實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 0.5 mol % 的量的 P_2O_5 ，例如大於或等於 1.0 mol %、大於或等於 1.5 mol %、大於或等於 2.0 mol %、大於或等於 2.5 mol %、大於或等於 3.0 mol %、大於或等於 3.5 mol %、大於或等於 4.0 mol %、或者大於或等於 4.5 mol %。在實施例中，玻璃組合物可包括小於或等於 4.5 mol % 的量的 P_2O_5 ，例如小於或等

於 4.0 mol%、小於或等於 3.5 mol%、小於或等於 3.0 mol%、小於或等於 2.5 mol%、小於或等於 2.0 mol%、小於或等於 1.5 mol%、小於或等於 1.0 mol%、或者小於或等於 0.5 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 4.5 mol% 的量的 P_2O_5 ，例如大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 4.0 mol%、大於或等於 1.5 mol% 至小於或等於 3.5 mol%、或者大於或等於 2.0 mol% 至小於或等於 3.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0025】 與 SiO_2 、 Al_2O_3 及 P_2O_5 類似，可以將 B_2O_3 作為網路形成劑添加到玻璃組合物中，從而降低玻璃組合物的可熔性及可成型性。因此， B_2O_3 可以以不過度降低該等性質的量進行添加。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 0.0 mol% 至小於或等於 8.0 mol% 的量的 B_2O_3 ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的 B_2O_3 。在一些實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 0.5 mol% 的量的 B_2O_3 ，例如大於或等於 1.0 mol%、大於或等於 1.5 mol%、大於或等於 2.0 mol%、大於或等於 2.5 mol%、大於或等於 3.0 mol%、大於或等於 3.5 mol%、大於或等於 4.0 mol%、大於或等於 4.5 mol%、大於或等於 5.0 mol%、大於或等於 5.5 mol%、大於或等於 6.0 mol%、大於或等於 6.5 mol%、大於或等於 7.0 mol%、或者大於或等於 7.5 mol%。在實施例中，玻璃

組合物可包括小於或等於 7.5 mol% 的量的 B_2O_3 ，例如小於或等於 7.0 mol%、小於或等於 6.5 mol%、小於或等於 6.0 mol%、小於或等於 5.5 mol%、小於或等於 5.0 mol%、小於或等於 4.5 mol%、小於或等於 4.0 mol%、小於或等於 3.5 mol%、小於或等於 3.0 mol%、小於或等於 2.5 mol%、小於或等於 2.0 mol%、小於或等於 1.5 mol%、小於或等於 1.0 mol%、或者小於或等於 0.5 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 7.5 mol% 的量的 B_2O_3 ，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%、或者大於或等於 3.0 mol% 至小於或等於 5.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0026】 在一些實施例中，玻璃組合物包括 B_2O_3 及 P_2O_5 中的至少一者作為玻璃網路形成元素。因此，在實施例中， $B_2O_3 + P_2O_5$ 大於 0.0 mol%，例如大於或等於 0.5 mol%、大於或等於 1.0 mol%、大於或等於 1.5 mol%、大於或等於 2.0 mol%、大於或等於 2.5 mol%、大於或等於 3.0 mol%、大於或等於 3.5 mol%、大於或等於 4.0 mol%、大於或等於 4.5 mol%、大於或等於 5.0 mol%、大於或等於 5.5 mol%、大於或等於 6.0 mol%、

大於或等於 6.5 mol%、大於或等於 7.0 mol%、大於或等於 7.5 mol%、或者大於或等於 8.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中， $B_2O_3 + P_2O_5$ 小於或等於 7.5 mol%、例如小於或等於 7.0 mol%、小於或等於 6.5 mol%、小於或等於 6.0 mol%、小於或等於 5.5 mol%、小於或等於 5.0 mol%、小於或等於 4.5 mol%、小於或等於 4.0 mol%、小於或等於 3.5 mol%、小於或等於 3.0 mol%、小於或等於 2.5 mol%、小於或等於 2.0 mol%、小於或等於 1.5 mol%、小於或等於 1.0 mol%、或者小於或等於 0.5 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.5 mol% 至小於或等於 7.5 mol% 的量的 $B_2O_3 + P_2O_5$ ，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%、或者大於或等於 3.0 mol% 至小於或等於 5.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0027】 以上論述了 Li_2O 在玻璃組合物中的作用，並在下面進一步詳細論述。在某種程度上，在玻璃中添加鋰允許更好地控制離子交換過程並進一步降低玻璃的軟化點。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol% 的量的 Li_2O ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的 Li_2O 。在一些實施例

中，玻璃組合物包括大於或等於 5.5 mol% 的量的 Li_2O ，例如大於或等於 6.0 mol%、大於或等於 6.5 mol%、大於或等於 7.0 mol%、大於或等於 7.5 mol%、大於或等於 8.0 mol%、大於或等於 8.5 mol%、大於或等於 9.0 mol%、大於或等於 9.5 mol%、大於或等於 10.0 mol%、大於或等於 10.5 mol%、大於或等於 11.0 mol%、大於或等於 11.5 mol%、大於或等於 12.0 mol%、大於或等於 12.5 mol%、大於或等於 13.0 mol%、大於或等於 13.5 mol%、大於或等於 14.0 mol%、或者大於或等於 14.5 mol%。在一些實施例中，玻璃組合物包括小於或等於 14.5 mol% 的量的 Li_2O ，例如小於或等於 14.0 mol%、小於或等於 13.5 mol%、小於或等於 13.0 mol%、小於或等於 12.5 mol%、小於或等於 12.0 mol%、小於或等於 11.5 mol%、小於或等於 11.0 mol%、小於或等於 10.5 mol%、小於或等於 10.0 mol%、小於或等於 9.5 mol%、小於或等於 9.0 mol%、小於或等於 8.5 mol%、小於或等於 8.0 mol%、小於或等於 7.5 mol%、小於或等於 7.0 mol%、小於或等於 6.5 mol%、小於或等於 6.0 mol%、或者小於或等於 5.5 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 5.5 mol% 至小於或等於 14.5 mol% 的量的 Li_2O ，例如大於或等於 6.0 mol% 至小於或等於 14.0 mol%、大於或等於 6.5 mol% 至小於或等

於 13.5 mol%、大於或等於 7.0 mol% 至小於或等於 13.0 mol%、大於或等於 7.5 mol% 至小於或等於 12.5 mol%、大於或等於 8.0 mol% 至小於或等於 12.0 mol%、大於或等於 8.5 mol% 至小於或等於 11.5 mol%、或者大於或等於 9.0 mol% 至小於或等於 10.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0028】除了作為玻璃網路形成組分之外， Al_2O_3 亦有助於提高玻璃組合物的離子可交換性。因此，在實施例中， Al_2O_3 及可進行離子交換的其他組分的量可以相對較高。例如， Li_2O 是可離子交換的組分。在一些實施例中，玻璃組合物中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 的量可以大於 21.4 mol%，例如大於或等於 22.0 mol%、大於或等於 22.5 mol%、大於或等於 23.0 mol%、大於或等於 23.5 mol%、大於或等於 24.0 mol%、大於或等於 24.5 mol%、大於或等於 25.0 mol%、大於或等於 25.5 mol%、或者大於或等於 26.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在一些實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 的量小於或等於 26.5 mol%，例如小於或等於 26.0 mol%、小於或等於 25.5 mol%、小於或等於 25.0 mol%、小於或等於 24.5 mol%、小於或等於 24.0 mol%、小於或等於 23.5 mol%、小於或等於 23.0 mol%、小於或等於 22.5 mol%、或者小於或等於 22.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進

行組合。在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 的量為大於或等於 21.5 mol% 至小於或等於 26.5 mol%，例如大於或等於 22.0 mol% 至小於或等於 26.0 mol%、大於或等於 22.5 mol% 至小於或等於 25.5 mol%、大於或等於 23.0 mol% 至小於或等於 25.0 mol%、或者大於或等於 23.5 mol% 至小於或等於 24.5 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0029】根據實施例，玻璃組合物亦可包括不同於 Li_2O 的鹼金屬氧化物，例如 Na_2O 。 Na_2O 有助於玻璃組合物的離子可交換性，並且亦提高玻璃組合物的熔點並改善玻璃組合物的可成型性。但是，如果向玻璃組合物中加入太多的 Na_2O ，則 CTE 可能太低，並且熔點可能太高。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於 4.0 mol% 至小於或等於 15 mol% 的量的 Na_2O ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的 Na_2O 。在一些實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 4.5 mol% 的量的 Na_2O ，例如大於或等於 5.0 mol%、大於或等於 5.5 mol%、大於或等於 6.0 mol%、大於或等於 6.5 mol%、大於或等於 7.0 mol%、大於或等於 7.5 mol%、大於或等於 8.0 mol%、大於或等於 8.5 mol%、大於或等於 9.0 mol%、大於或等於 9.5 mol%、大於或等於 10.0 mol%、大於或等於 10.5 mol%、大於或等於 11.0 mol%、大於或等於 11.5 mol%、大於或等於 12.0 mol%、大於或等於 12.5 mol%、大於或等於 13.0 mol%、大於或等於 13.5

mol %、大於或等於 14.0 mol %、或者大於或等於 14.5 mol %。在一些實施例中，玻璃組合物包括小於或等於 14.5 mol % 的量的 Na_2O ，例如小於或等於 14.0 mol %、小於或等於 13.5 mol %、小於或等於 13.0 mol %、小於或等於 12.5 mol %、小於或等於 12.0 mol %、小於或等於 11.5 mol %、小於或等於 11.0 mol %、小於或等於 10.5 mol %、小於或等於 10.0 mol %、小於或等於 9.5 mol %、小於或等於 9.0 mol %、小於或等於 8.5 mol %、小於或等於 8.0 mol %、小於或等於 7.5 mol %、小於或等於 7.0 mol %、小於或等於 6.5 mol %、小於或等於 6.0 mol %、小於或等於 5.5 mol %、小於或等於 5.0 mol %、或者小於或等於 4.5 mol %。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 4.5 mol % 至小於或等於 14.5 mol % 的量的 Na_2O ，例如大於或等於 5.0 mol % 至小於或等於 14.0 mol %、大於或等於 5.5 mol % 至小於或等於 13.5 mol %、大於或等於 6.0 mol % 至小於或等於 13.0 mol %、大於或等於 6.5 mol % 至小於或等於 12.5 mol %、大於或等於 7.0 mol % 至小於或等於 12.0 mol %、大於或等於 7.5 mol % 至小於或等於 11.5 mol %、或者大於或等於 8.0 mol % 至小於或等於 10.0 mol %，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0030】如前述， Al_2O_3 有助於提高玻璃組合物的離子可交換性。因此，在實施例中， Al_2O_3 及可進行離子交換的其他組分的量可以相對較高。例如， Li_2O 及 Na_2O 是可離子交換的組分。在一些實施例中，玻璃組合物中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的量可大於25.0 mol%，例如大於或等於25.5 mol%、大於或等於26.0 mol%、大於或等於26.5 mol%、大於或等於27.0 mol%、大於或等於27.5 mol%、大於或等於28.0 mol%、大於或等於28.5 mol%、大於或等於29.0 mol%、或者大於或等於29.5 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在一些實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的量小於或等於30.0 mol%，例如小於或等於29.5 mol%、小於或等於29.0 mol%、小於或等於28.5 mol%、小於或等於28.0 mol%、小於或等於27.5 mol%、小於或等於27.0 mol%、小於或等於26.5 mol%、小於或等於26.0 mol%、或者小於或等於25.5 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的量為大於或等於25.0 mol%至小於或等於30.0 mol%，例如大於或等於25.5 mol%至小於或等於29.5 mol%、大於或等於26.0 mol%至小於或等於29.0 mol%、大於或等於26.5 mol%至小於或等於28.5 mol%、或者大於或等於27.0

mol% 至小於或等於 28.0 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0031】 與 Na_2O 類似， K_2O 亦促進離子交換並增加應力層的 DOC 。但是，添加 K_2O 可導致 CTE 可能過低，且熔點可能過高。在實施例中，玻璃組合物不含或基本上不含鉀。如本文所用，術語「基本上不含」是指該組分並非作為批料的組分進行添加，儘管該組分可能作為雜質以非常少的量（例如小於 0.01 mol%）存在於最終玻璃中。在實施例中， K_2O 可以小於 1 mol% 的量存在於玻璃組合物中。

【0032】 MgO 降低玻璃的粘度，此提高了可成型性、應變點及楊氏模量，並且可以改善離子交換能力。然而，當向玻璃組合物中加入太多的 MgO 時，則玻璃組合物的密度及 CTE 增加。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於或等於 0.0 mol% 至小於或等於 2.0 mol% 的濃度的 MgO ，以及在前述值之間的所有範圍及子範圍的濃度的 MgO 。在一些實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.2 mol% 的量的 MgO ，例如大於或等於 0.4 mol%、大於或等於 0.6 mol%、大於或等於 0.8 mol%、大於或等於 1.0 mol%、大於或等於 1.2 mol%、大於或等於 1.4 mol%、大於或等於 1.6 mol%、或者大於或等於 1.8 mol%。在一些實施例中，玻璃組合物包括小於或等於 1.8 mol% 的量的 MgO ，例如小於或等於 1.6 mol%、小於或等於 1.4 mol%、小於或等於 1.2 mol%、小於或等於

1.0 mol%、小於或等於 0.8 mol%、小於或等於 0.6 mol%、小於或等於 0.4 mol%、或者小於或等於 0.2 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.2 mol% 至小於或等於 1.8 mol% 的量的 MgO，例如大於或等於 0.4 mol% 至小於或等於 1.6 mol%、大於或等於 0.6 mol% 至小於或等於 1.4 mol%、或者大於或等於 0.8 mol% 至小於或等於 1.2 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0033】 CaO 降低玻璃的粘度，此提高了可成型性、應變點及楊氏模量，並且可以改善離子交換能力。然而，當向玻璃組合物中加入太多的 CaO 時，則玻璃組合物的密度及 CTE 增加。在實施例中，玻璃組合物通常包括大於或等於 0.0 mol% 至小於或等於 3.0 mol% 的濃度的 CaO，以及前述值之間的所有範圍及子範圍的濃度的 CaO。在一些實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.2 mol% 的量的 CaO，例如大於或等於 0.4 mol%、大於或等於 0.6 mol%、大於或等於 0.8 mol%、大於或等於 1.0 mol%、大於或等於 1.2 mol%、大於或等於 1.4 mol%、大於或等於 1.6 mol%、大於或等於 1.8 mol%、大於或等於 2.0 mol%、大於或等於 2.2 mol%、大於或等於 2.4 mol%、大於或等於 2.6 mol%、或者大於或等於 2.8 mol%。在一些實施例中，玻璃組合物包括小於或等於 2.8 mol% 的量的 CaO，例如小於或等於 2.6 mol%、小於或

等於 2.4 mol%、小於或等於 2.2 mol%、小於或等於 2.0 mol%、小於或等於 1.8 mol%、小於或等於 1.6 mol%、小於或等於 1.4 mol%、小於或等於 1.2 mol%、小於或等於 1.0 mol%、小於或等於 0.8 mol%、小於或等於 0.6 mol%、小於或等於 0.4 mol%、或者小於或等於 0.2 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物包括大於或等於 0.2 mol% 至小於或等於 2.8 mol% 的量的 CaO，例如大於或等於 0.4 mol% 至小於或等於 2.6 mol%、大於或等於 0.6 mol% 至小於或等於 2.4 mol%、或者大於或等於 0.8 mol% 至小於或等於 2.2 mol%、大於或等於 1.0 mol% 至小於或等於 2.0 mol%、大於或等於 1.2 mol% 至小於或等於 1.8 mol%、或者大於或等於 1.4 mol% 至小於或等於 1.6 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0034】 在實施例中，玻璃組合物可任選地包括一或更多種澄清劑。在一些實施例中，澄清劑可包括例如 SnO₂。在此類實施例中，SnO₂ 可以以小於或等於 0.2 mol% 的量存在於玻璃組合物中，例如大於或等於 0.0 mol% 至小於或等於 0.1 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，SnO₂ 可以以大於或等於 0.0 mol% 至小於或等於 0.2 mol%、或者大於或等於 0.1 mol% 至小於或等於 0.2 mol% 的量，以及前述值之間的所有範圍及

子範圍的量存在於玻璃組合物中。在一些實施例中，玻璃組合物可以不含或基本上不含 SnO_2 。

【0035】 ZnO 增強玻璃的離子交換性質，例如藉由提高玻璃的壓應力。然而，添加太多的 ZnO 可能會增加密度並導致相分離。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 $0.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $1.5 \text{ mol}\%$ 的量的 ZnO ，例如大於或等於 $0.2 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $1.0 \text{ mol}\%$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在一些實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 $0.3 \text{ mol}\%$ 的量的 ZnO ，例如大於或等於 $0.4 \text{ mol}\%$ 、或者大於或等於 $0.5 \text{ mol}\%$ 。在實施例中，玻璃組合物可包括小於或等於 $1.0 \text{ mol}\%$ 的量的 ZnO ，例如小於或等於 $0.8 \text{ mol}\%$ 、或者小於或等於 $0.6 \text{ mol}\%$ 。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。

【0036】 SrO 降低本文揭示的玻璃製品的液相溫度。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 $0.0 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $1.5 \text{ mol}\%$ 的量的 SrO ，例如大於或等於 $0.2 \text{ mol}\%$ 至小於或等於 $1.0 \text{ mol}\%$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在一些實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於 $0.2 \text{ mol}\%$ 或者大於或等於 $0.4 \text{ mol}\%$ 的量的 SrO 。在實施例中，玻璃組合物可包括小於或等於 $0.8 \text{ mol}\%$ 的量的 SrO ，例如小於或等於 $0.6 \text{ mol}\%$ 、或者小於或等於 $0.4 \text{ mol}\%$ 。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。

【0037】除了上述各個組分之外，根據本文揭示的實施例的玻璃組合物可包括大於或等於0.0 mol%至小於或等於5.0 mol%的量的二價陽離子氧化物（在本文中稱為RO），以及前述值之間的所有範圍及子範圍的量的RO。如本文所用，二價陽離子氧化物（RO）包括但不限於MgO、CaO、SrO、BaO、FeO及ZnO。在一些實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於0.2 mol%的量的RO，例如大於或等於0.5 mol%、大於或等於1.0 mol%、大於或等於1.5 mol%、大於或等於2.0 mol%、大於或等於2.5 mol%、大於或等於3.0 mol%、大於或等於3.5 mol%、大於或等於4.0 mol%、或者大於或等於4.5 mol%。在實施例中，玻璃組合物可包括小於或等於4.5 mol%的量的RO，例如小於或等於4.0 mol%、小於或等於3.5 mol%、小於或等於3.0 mol%、小於或等於2.5 mol%、小於或等於2.0 mol%、小於或等於1.5 mol%、小於或等於1.0 mol%、或者小於或等於0.5 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物可包括大於或等於0.2 mol%至小於或等於4.5 mol%的量的RO，例如大於或等於0.5 mol%至小於或等於4.0 mol%、大於或等於1.0 mol%至小於或等於3.5 mol%、大於或等於1.5 mol%至小於或等於3.0 mol%、或者大於或等於2.0 mol%至小於或等於2.5 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0038】 在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 的mol%關係為大於0.90，其中RO是二價陽離子氧化物的總和， R_2O 是鹼金屬氧化物的總和。如本文所用， R_2O 包括 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 及 FR_2O 。在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 為大於0.90至小於1.20。具有增加的 Al_2O_3 對 $\text{R}_2\text{O} + \text{RO}$ 的比例改善了玻璃製品的液相溫度及粘度。該比例導致更緻密的玻璃，其更不易碎並且具有更高的抗損傷性。在一些實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 的莫耳比大於或等於0.95，例如大於或等於1.00、大於或等於1.05、大於或等於1.08、大於或等於1.10、或者大於或等於1.15。在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 的莫耳比小於或等於1.20，例如小於或等於1.50、小於或等於1.00、小於或等於0.98、小於或等於0.95、或者小於或等於0.92。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中， $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 的莫耳比為大於或等於0.90至小於或等於1.50，例如大於或等於0.95至小於或等於1.20、大於或等於0.98至小於或等於1.15、或者大於或等於1.00至小於或等於1.10，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0039】 在實施例中，網路形成組分（例如， $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$ ）的總量大於或等於80 mol%，例如大於或等於82 mol%、大於或等於84 mol%、大於或等於86 mol%、大於或等於88 mol%、或者大於或等

於 90 mol%。具有大量的網路形成組分增加了玻璃的密度，此使其不易碎並提高抗損傷性。在實施例中，網路形成組分的總量小於或等於 94 mol%，例如小於或等於 92 mol%、小於或等於 90 mol%、小於或等於 88 mol%、小於或等於 86 mol%、小於或等於 84 mol%、或者小於或等於 82 mol%。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，網路形成組分的總量為大於或等於 80 mol% 至小於或等於 94 mol%，例如大於或等於 82 mol% 至小於或等於 92 mol%、大於或等於 84 mol% 至小於或等於 90 mol%、或者大於或等於 86 mol% 至小於或等於 88 mol%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0040】 在一或更多個實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃製品包括以 mol% 計的關係 $-8.00 \leq R_2O + RO - Al_2O_3 - B_2O_3 - P_2O_5 \leq -1.75$ 。不受任何特定理論的束縛，在玻璃組合物中具有過量的 R_2O 及 RO 能夠導致在該玻璃中高濃度的非橋接氧（non-bridging oxygen）。在玻璃中存在過量的非橋接氧可能導致對點接觸損壞的耐抗性降低。另一方面，如果非橋接氧的量太低，則玻璃的熔融品質受到損害。因此，在實施例中，可能期望的是，限制在玻璃組合物中非橋接氧的量，而不是完全去除它。據信， Al_2O_3 、 B_2O_3 及 P_2O_5 將與玻璃組合物中的 R_2O 及 RO 組分進行反應，由此限制了玻璃組合物中非橋接氧的量。因此，在實施例中，可能期望的是，玻

璃組合物中 Al_2O_3 、 B_2O_3 及 P_2O_5 的莫耳百分比接近玻璃組合物中 R_2O 及 RO 的莫耳百分比，如上述不等式所反映的。在一或更多個實施例中， $-7.50 \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -2.50$ ，例如 $-6.50 \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -3.00$ ， $-5.50 \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -3.50$ 、或者 $-4.50 \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -3.50$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0041】 在一或更多個實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃製品包括以 mol% 計的關係 $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ 。不受任何特定理論的束縛， Na^+ 陽離子具有比 Si^{4+} 、 Al^{3+} 及 Li^+ 陽離子更低的場強，而包括更高場強陽離子的玻璃通常具有更高的堆積密度，從而能夠實現更高的儲存的拉伸應力 (CT)。相對於低場強陽離子的氧化物而言，應增加高場強陽離子的氧化物以改善 CT，但是亦需要一定量的低場強陽離子的氧化物來降低液相溫度。在實施例中， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 16.00$ ，例如 $9.20 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 15.50$ 、 $9.50 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 15.00$ 、 $10.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 14.50$ 、或者 $10.50 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 14.00$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0042】 在一些實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃製品包括以 mol% 計的關係 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。不受任何特定理論的束縛，據信， Na_2O 改質劑氧化物優於 Li_2O 改質劑氧化物，以改善自由體積及相應的抗壓痕裂縫性。同樣地， B_2O_3 網路形成氧化物優於 Al_2O_3 及 P_2O_5 網路形成氧化物，以改善自由體積及相應的抗壓痕裂縫性。因此，在實施例中，可能期望的是，玻璃組合物中具有增加的 Na_2O 及 B_2O_3 相對於 Li_2O 、 Al_2O_3 及 P_2O_5 的量的百分比。因此，在一或多個實施例中， $1.50 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ ，例如 $1.80 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.35$ 、 $2.00 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.20$ 、 $2.20 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.00$ 、或者 $2.40 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 2.80$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0043】 在一或多個實施例中，玻璃組合物中 Al_2O_3 及 Li_2O 的量可以相對於其他玻璃網路形成劑及 Na_2O 以增加玻璃的抗損傷性而不影響 CTE 及玻璃的可成型性的量被包括在玻璃組合物中。因此，在一些實施例中，玻璃組合物具有以 mol% 計的關係 $1.00 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) \leq 2.75$ ，例如 $1.25 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) \leq 2.50$ 、 $1.50 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 +$

$P_2O_5) \leq 2.25$ 、或者 $1.75 \leq (Li_2O + Al_2O_3)/(Na_2O + B_2O_3 + P_2O_5) \leq 2.00$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0044】 在一些實施例中， Al_2O_3 、 B_2O_3 及 P_2O_5 玻璃網路形成組分的量可以與玻璃組合物的其他組分（例如， R_2O 及 RO ）相平衡。在一些實施例中，玻璃組合物可具有以mol%計的關係 $1.0 < (Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO)$ ，例如 $1.0 < (Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO) < 1.8$ 、 $1.1 < (Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO) < 1.7$ 、 $1.2 < (Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO) < 1.6$ 、或者 $1.3 < (Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO) < 1.5$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0045】 在實施例中，玻璃製品可基本上不含砷及銻中的一者或兩者。在實施例中，玻璃製品可不含砷及銻中的一者或兩者。

【0046】 在一個實施例中，玻璃組合物可滿足以下以mol%計的關係 $6.96 Al_2O_3 - 1.90 B_2O_3 + 2.16 CaO + 3.30 MgO - 1.50 Na_2O + 12.74 Li_2O - 1.10 SrO - 14.50 K_2O - 1.87 La_2O_3 + 6.13 ZrO_2 - 76.40 > 50.00$ 。

【0047】 現在將論述如上揭示的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物的物理性質。藉由改變鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物

的組分含量能夠實現該等物理性質，如將參考實施例更加詳細地論述的。

【0048】根據實施例的玻璃組合物可具有大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 的密度，例如大於或等於 2.25 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 、大於或等於 2.30 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 、大於或等於 2.35 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 、大於或等於 2.40 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 、或者大於或等於 2.45 g/cm^3 至小於或等於 2.50 g/cm^3 。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.45 g/cm^3 的密度，例如大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.40 g/cm^3 、大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.35 g/cm^3 、大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.30 g/cm^3 、或者大於或等於 2.20 g/cm^3 至小於或等於 2.25 g/cm^3 ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。通常，在鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物中，隨著諸如 Na^+ 或 K^+ 之類的較大、較稠密的鹼金屬陽離子被諸如 Li^+ 之類的較小的鹼金屬陽離子代替，玻璃組合物的密度降低。因此，玻璃組合物中鋰的量越高，玻璃組合物將越不稠密。本案內容中所述的密度值是指藉由 ASTM C693-93(2013) 的浮力法量測的值。

【0049】在實施例中，液相粘度小於或等於 1000 kP ，例如小於或等於 800 kP 、小於或等於 600 kP 、小於或等於 400 kP 、小於或等於 200 kP 、小於或等於 100 kP 、

或者小於或等於 75 kP。在實施例中，液相粘度大於或等於 20 kP，例如大於或等於 40 kP、大於或等於 60 kP、大於或等於 80 kP、大於或等於 100 kP、大於或等於 120 kP、大於或等於 140 kP、或者大於或等於 160 kP。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，液相粘度為大於或等於 20 kP 至小於或等於 1000 kP，例如大於或等於 40 kP 至小於或等於 900 kP、大於或等於 60 kP 至小於或等於 800 kP、或者大於或等於 80 kP 至小於或等於 700 kP，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。液相粘度是根據 ASTM C829-81 (2010) 量測的。

【0050】向玻璃組合物中添加鋰亦會影響玻璃組合物的楊氏模量、剪切模量及泊松比。在實施例中，玻璃組合物的楊氏模量可以為大於或等於 65 GPa 至小於或等於 85 GPa，例如大於或等於 67 GPa 至小於或等於 82 GPa、大於或等於 70 GPa 至小於或等於 80 GPa、大於或等於 72 GPa 至小於或等於 78 GPa、或者大於或等於 74 GPa 至小於或等於 76 GPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在其他實施例中，玻璃組合物的楊氏模量可以為大於或等於 66 GPa 至小於或等於 85 GPa，例如大於或等於 68 GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 70 GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 72 GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 74 GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 76 GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 78

GPa 至小於或等於 85 GPa、大於或等於 80 GPa 至小於或等於 85 GPa、或者大於或等於 82 GPa 至小於或等於 85 GPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，楊氏模量可以大於或等於 65 GPa 至小於或等於 84 GPa，例如大於或等於 65 GPa 至小於或等於 82 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 80 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 78 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 76 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 74 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 72 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 70 GPa、大於或等於 65 GPa 至小於或等於 68 GPa、或者大於或等於 65 GPa 至小於或等於 10 GPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。本案內容中所述的楊氏模量值是指藉由 ASTM E2001-13 中所闡述的一般類型的共振超聲光譜技術，亦即題為「用於金屬及非金屬零件中的缺陷偵測的共振超聲光譜的標準指南」而量測的值。

【0051】根據一些實施例，玻璃組合物可具有大於或等於 25 GPa 至小於或等於 35 GPa 的剪切模量，例如大於或等於 26 GPa 至小於或等於 34 GPa、大於或等於 27 GPa 至小於或等於 33 GPa、大於或等於 28 GPa 至小於或等於 32 GPa、或者大於或等於 29 GPa 至小於或等於 31 GPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 26 GPa 至小於或等於 35 GPa 的剪切模量，例如大於或等於 27 GPa 至小於或等於

3 5 G P a 、大於或等於 2 8 G p a 至小於或等於 3 5 G P a 、大於或等於 2 9 G P a 至小於或等於 3 5 G P a 、大於或等於 3 0 G P a 至小於或等於 3 5 G P a 、大於或等於 3 1 G P a 至小於或等於 3 5 G P a 、大於或等於 3 2 G P a 至小於或等於 3 5 G P a 、大於或等於 3 3 G P a 至小於或等於 3 5 G P a 、或者大於或等於 3 4 G P a 至小於或等於 3 5 G P a ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 3 4 G P a 的剪切模量，例如大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 3 3 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 3 2 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 3 1 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 3 0 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 2 9 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 2 8 G P a 、大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 2 7 G P a 、或者大於或等於 2 5 G P a 至小於或等於 2 6 G P a ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。本案內容中所述的剪切模量值是指藉由 A S T M E 2 0 0 1 - 1 3 中所闡述的一般類型的共振超聲光譜技術，亦即題為「用於金屬及非金屬零件中的缺陷偵測的共振超聲光譜的標準指南」而量測的值。

【0052】 根據以上所述，根據實施例的玻璃組合物可以藉由任何合適的方法來形成，該方法諸如狹縫成型、浮法成型、軋製製程、熔融成型製程等。

【0053】 玻璃製品的特徵可在於其形成方式。例如，玻璃製品的特徵可在於可浮法成型的（亦即，藉由浮法製程

所形成的)、可下拉成型的、且特別是可熔融成型的或可狹縫拉製成型的(亦即,藉由諸如熔融拉製製程或狹縫拉製製程之類的下拉製程所形成的)。

【0054】 本文所述的一些實施例的玻璃製品可藉由下拉製程來形成。下拉製程生產出具有均勻厚度的且擁有相對潔淨的表面的玻璃製品。因為玻璃製品的平均彎曲強度是由表面瑕疵的數量及尺寸所調控,所以具有最小接觸的潔淨表面具有較高的初始強度。此外,下拉玻璃製品具有非常平坦光滑的表面,無需昂貴的研磨及拋光即可用於其最終的應用中。

【0055】 一些實施例的玻璃製品可描述為可熔融成型的(亦即,可使用熔融拉製製程成型的)。熔融製程使用拉製槽,該拉製槽具有用於接收熔融玻璃原料的通道。該通道具有在通道兩側上沿著通道長度在頂部開口的堰。當通道充滿熔融材料時,熔融玻璃溢出堰。由於重力作用,熔融玻璃從拉製槽的外表面流下成為兩個流動的玻璃膜。拉製槽的該等外表面向下及向內延伸,使得它們在拉製槽下方的邊緣處連接。兩個流動的玻璃膜在該邊緣處連接以熔合併形成單個流動的玻璃製品。熔融拉製方法的優點在於,由於流過通道的兩個玻璃膜熔合在一起,所得玻璃製品的外表面都不與設備的任何部分接觸。因此,熔融拉製玻璃製品的表面性質不受此種接觸的影響。

【0056】 本文所述的一些實施例的玻璃製品可藉由狹縫拉製製程形成。狹縫拉製製程不同於熔融拉製方法。在

狹縫拉製製程中，將熔融的原料玻璃提供給拉製槽。拉製槽的底部有一個帶有噴嘴的開槽，該噴嘴延長了槽的長度。熔融玻璃流過狹縫/噴嘴並向下拉製為連續的玻璃製品及進入退火區域。

【0057】 在一或多個實施例中，本文所述的玻璃製品可呈現無定形微結構，並且可以基本上不含晶體或微晶。換言之，在一些實施例中，玻璃製品不包括玻璃-陶瓷材料。

【0058】 如前述，在實施例中，鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組合物例如藉由離子交換能夠得以增強，使得玻璃對於諸如但不限於用於顯示螢幕蓋的玻璃的應用具有抗損傷性。參考第1圖，玻璃具有在壓應力下的第一區域（例如，第1圖中的第一壓縮層**120**及第二壓縮層**122**），其從表面延伸到玻璃的壓縮深度（**DOC**）；及第二區域（例如，第1圖中的中心區域**130**），其在拉伸應力或中心張力（**CT**）下從**DOC**延伸到玻璃的中心或內部區域。如本文所用，**DOC**是指玻璃製品內應力從壓縮變為拉伸處的深度。在**DOC**處，應力從正（壓縮）應力跨越到負（拉伸）應力，因此表現出應力值為0。

【0059】 根據本領域通常使用的慣例，壓縮或壓應力表示為負（ <0 ）應力，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， $CS = |CS|$ 。壓應力（**CS**）在玻璃表面處或附近具有最大值，並且**CS**根據函數隨著距表面的距離 d 而變化。再次參考第1圖，第一區段**120**從第一

表面 110 延伸到深度 d_1 ，第二區段 122 從第二表面 112 延伸到深度 d_2 。該等區段一起限定出玻璃 100 的壓縮或 CS。使用市售儀器例如由 Orihara 工業有限公司（日本）製造的 FSM-6000 藉由表面應力計（FSM）量測壓應力（包括表面 CS）。表面應力量測取決於應力光學係數（SOC）的精確量測，SOC 與玻璃的雙折射率相關。根據 ASTM 標準 C770-16 中所述的程式 C（玻璃盤法），亦即題為「用於玻璃應力-光學係數量測的標準試驗方法」來依次量測 SOC，其內容以引用方式整體併入本文。

【0060】 在一些實施例中，CS 大於或等於 400 MPa 至小於或等於 800 MPa，例如大於或等於 425 MPa 至小於或等於 775 MPa、大於或等於 450 MPa 至小於或等於 750 MPa、大於或等於 475 MPa 至小於或等於 725 MPa、大於或等於 500 MPa 至小於或等於 700 MPa、大於或等於 525 MPa 至小於或等於 675 MPa、大於或等於 550 MPa 至小於或等於 650 MPa、或者大於或等於 575 MPa 至小於或等於 625 MPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0061】 在一或多個實施例中， Na^+ 及 K^+ 離子被交換到玻璃製品中，並且 Na^+ 離子比 K^+ 離子擴散到玻璃製品中更深的深度。 K^+ 離子的滲透深度（「鉀 DOL」）與 DOC 不同，因為它代表了離子交換過程中鉀的滲透深度。對於本文所述的製品，鉀 DOL 通常小於 DOC。使用表面應力計，諸如由 Orihara 工業有限公司（日本）製造的市售的

F S M - 6 0 0 0 表面應力計來量測鉀 D O L，此取決於應力光學係數（S O C）的精確量測，如以上參考 C S 量測所述。第一壓縮層 1 2 0 及第二壓縮層 1 2 2 中的每一個的鉀 D O L 為大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ ，例如大於或等於 $6\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $25\ \mu\text{m}$ 、大於或等於 $7\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $20\ \mu\text{m}$ 、大於或等於 $8\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $15\ \mu\text{m}$ 、或者大於或等於 $9\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $10\ \mu\text{m}$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，第一壓縮層 1 2 0 及第二壓縮層 1 2 2 中的每一個的鉀 D O L 為大於或等於 $6\ \mu\text{m}$ 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 $30\ \mu\text{m}$ 、或者大於或等於 $25\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $30\ \mu\text{m}$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，第一壓縮層 1 2 0 及第二壓縮層 1 2 2 中的每一個的鉀 D O L 為大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 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 $15\ \mu\text{m}$ 、或者大於或等於 $5\ \mu\text{m}$ 至小於或等於 $10\ \mu\text{m}$ ，以及前述值之間的所有範圍及子範圍值。

【0062】 兩個主表面（第1圖中的 1 1 0、1 1 2）的壓應力藉由玻璃的中心區域（1 3 0）中儲存的張力來平衡。使用本領域已知的散射光偏光鏡（S C A L P）技術量測最大中心張力（C T）及 D O C 值。折射近場（R N F）法或 S C A L P 可用於量測應力分佈。當利用 R N F 法量測應力分佈時，

SCALP 提供的最大 CT 值被用於 RNF 法。特別地，由 RNF 量測的應力分佈是力平衡的並且校準到由 SCALP 量測提供的最大 CT 值。在題為「用於量測玻璃樣品的分佈特徵的系統及方法」的美國專利第 8,854,623 號中描述了 RNF 法，以引用方式將其全部內容併入本文。特別地，RNF 法包括將玻璃製品放置在參照塊附近，產生以 1 Hz 及 50 Hz 之間的速率在正交偏振之間切換的偏振切換光束，量測偏振切換光束中的功率量並產生偏振切換參照信號，其中在每個正交偏振中測到的功率量都在彼此的 50% 之內。該方法亦包括將偏振切換光束在不同深度穿過玻璃樣品及參照塊透射到玻璃樣品中，然後使用中繼光學系統將透射的偏振切換光束中繼到信號光電偵測器，利用信號光電偵測器產生偏振切換偵測器信號。該方法亦包括將偵測器信號除以參照信號以形成正規化的偵測器信號，並從該正規化的偵測器信號決定玻璃樣品的分佈特徵。

【0063】 在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 60 MPa 的最大 CT，例如大於或等於 70 MPa、大於或等於 80 MPa、大於或等於 90 MPa、大於或等於 100 MPa、大於或等於 110 MPa、大於或等於 120 MPa、大於或等於 130 MPa、大於或等於 140 MPa、或者大於或等於 150 MPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在一些實施例中，玻璃組合物可具有小於或等於 200 MPa 的最大 CT，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、小於或等於 100 MPa、小於或等於 90 MPa、或者小於或等於 80 MPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。應當理解，在各實施例中，任何上述範圍可以與任何其他範圍進行組合。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 60 MPa 至小於或等於 200 MPa 的最大 CT，例如大於或等於 70 MPa 至小於或等於 190 MPa、大於或等於 80 MPa 至小於或等於 180 MPa、大於或等於 90 MPa 至小於或等於 170 MPa、大於或等於 100 MPa 至小於或等於 160 MPa、大於或等於 110 MPa 至小於或等於 150 MPa、或者大於或等於 120 MPa 至小於或等於 140 MPa，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0064】如前述，使用本領域已知的散射光偏光鏡（SCALP）技術量測 DOC。在本文的一些實施例中，提供 DOC 作為玻璃製品的厚度（t）的一部分。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.25t 的壓縮深度（DOC），例如大於或等於 0.18t 至小於或等於 0.22t、或者大於或等於 0.19t 至小於或等於 0.21t，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 0.16t 至小於或等於 0.2t 的 DOC，例如大於或等於 0.17t 至小於或等於

0.25 t、大於或等於 0.18 t 至小於或等於 0.25 t、大於或等於 0.19 t 至小於或等於 0.25 t、大於或等於 0.20 t 至小於或等於 0.25 t、大於或等於 0.21 t 至小於或等於 0.25 t、大於或等於 0.22 t 至小於或等於 0.25 t、大於或等於 0.23 t 至小於或等於 0.25 t、或者大於或等於 0.24 t 至小於或等於 0.25 t，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可具有大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.24 t 的 DOC，例如大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.23 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.22 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.21 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.20 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.19 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.18 t、大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.17 t、或者大於或等於 0.15 t 至小於或等於 0.16 t，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0065】藉由將玻璃暴露於離子交換溶液，可以在玻璃中形成壓應力層。在實施例中，離子交換溶液可以是熔融的硝酸鹽。在一些實施例中，離子交換溶液可以是熔融的 KNO_3 、熔融的 NaNO_3 、或其組合。在實施例中，離子交換溶液可包括約 90% 熔融的 KNO_3 、約 80% 熔融的 KNO_3 、約 70% 熔融的 KNO_3 、約 60% 熔融的 KNO_3 、或者約 50% 熔融的 KNO_3 。在實施例中，離子交換溶液可包括約 10% 熔融的 NaNO_3 、約 20% 熔融的 NaNO_3 、約 30% 熔融的 NaNO_3 、或者約 40% 熔融的 NaNO_3 。在實施例

中，離子交換溶液可包括約80%熔融的 KNO_3 及約20%熔融的 NaNO_3 、約75%熔融的 KNO_3 及約25%熔融的 NaNO_3 、約70%熔融的 KNO_3 及約30%熔融的 NaNO_3 、約65%熔融的 KNO_3 及約35%熔融的 NaNO_3 、或者約60%熔融的 KNO_3 及約40%，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，其他鈉鹽及鉀鹽可用於離子交換溶液，諸如，例如亞硝酸鈉或亞硝酸鉀、磷酸鹽或硫酸鹽。在一些實施例中，離子交換溶液可包括鋰鹽，例如 LiNO_3 。

【0066】藉由將由玻璃組合物製成的玻璃製品浸入離子交換溶液浴中、將離子交換溶液噴射到由玻璃組合物製成的玻璃製品上、或者以其他方式將離子交換溶液實體地施加到由玻璃組合物製成的玻璃製品上，可將玻璃組合物暴露於離子交換溶液中。當暴露於玻璃組合物時，根據實施例，離子交換溶液可處於大於或等於400℃至小於或等於500℃的溫度，例如大於或等於410℃至小於或等於490℃、大於或等於420℃至小於或等於480℃、大於或等於430℃至小於或等於470℃、或者大於或等於440℃至小於或等於460℃，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。在實施例中，玻璃組合物可暴露於離子交換溶液持續大於或等於4小時至小於或等於48小時，例如大於或等於8小時至小於或等於44小時、大於或等於12小時至小於或等於40小時、大於或等於16小時至小於或等於36小時、大於或等於20小時至小於或等於32小時、或者大於

或等於 24 小時至小於或等於 28 小時，以及前述值之間的所有範圍及子範圍。

【0067】離子交換製程可在提供改善的壓應力分佈的處理條件下在離子交換溶液中進行，例如，如美國專利申請公開第 2016/0102011 號中所揭示的，其以引用方式整體併入本文。

【0068】在進行離子交換製程之後，應理解的是，玻璃製品的表面處的組合物可以不同於原生的 (as-formed) 玻璃製品 (亦即，玻璃製品在經歷離子交換製程之前) 的組成。此是由於在原生的玻璃中諸如例如 Li^+ 或 Na^+ 的一種鹼金屬離子分別被諸如例如 Na^+ 或 K^+ 的較大的鹼金屬離子取代。然而，在實施例中，在玻璃製品的深度的中心處或附近的玻璃組合物仍將具有用於形成玻璃製品的原生 (非離子交換) 玻璃的組成。

【0069】本文揭示的玻璃製品可被包含到另一製品中，例如具有顯示器的製品 (或顯示製品) (例如，消費電子產品，包括行動電話、平板電腦、電腦、導航系統等)、建築製品、運輸製品 (例如，汽車、火車、飛機、海上航行器等)、器具製品、或需要一定透明度、抗劃傷性、耐磨性或其組合的任何製品。包含本文揭示的任何玻璃製品的示例性製品圖示於第 2A 圖及第 2B 圖中。特定言之，第 2A 圖及第 2B 圖圖示消費電子裝置 200，包括：具有前表面 204、後表面 206 及側表面 208 的殼體 202；電氣部件 (未圖示)，其至少部分地位於殼體內或完全地位於殼體

內，並且至少包括控制器、記憶體及顯示器210，顯示器210位於殼體前表面處或附近；及覆蓋基板212，其位於殼體的前表面上或上方以使得它位於顯示器上方。在一些實施例中，覆蓋基板212的一部分及/或殼體202的一部分可包括本文揭示的任何玻璃製品。

【0070】 第一項包括一種玻璃組合物，其包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的 SiO_2 ；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的 Al_2O_3 ；大於或等於5.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Li_2O ；及大於或等於4.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的 Na_2O ，其中： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0071】 第二項包括如第一項所述的玻璃組合物，其中 $-7.50 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -2.50 \text{ mol}\%$ 。

【0072】 第三項包括如第一項及第二項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 16.00$ 。

【0073】 第四項包括如第一項至第三項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $9.20 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O} \leq 15.50$ 。

【0074】第五項包括如第一項至第四項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $1.50 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0075】第六項包括如第一項至第五項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $1.80 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.35$ 。

【0076】第七項包括如第一項至第六項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$ 大於 0.0 mol%。

【0077】第八項包括如第一項至第七項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $1.00 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) \leq 2.75$ 。

【0078】第九項包括如第一項至第八項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 大於 21.4 mol%。

【0079】第十項包括如第一項至第九項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 大於 25.0 mol%。

【0080】第十一項包括如第一項至第十項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $0.90 < \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO}) < 1.20$ 。

【0081】第十二項包括如第一項至第十一項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $1.0 < (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$ 。

【0082】第十三項包括如第一項至第十二項中任一項所述的玻璃組合物，其中 $6.96 \text{Al}_2\text{O}_3 - 1.90 \text{B}_2\text{O}_3 +$

$2.16 \text{ CaO} + 3.30 \text{ MgO} - 1.50 \text{ Na}_2\text{O} + 12.74 \text{ Li}_2\text{O}$
 $- 1.10 \text{ SrO} - 14.50 \text{ K}_2\text{O} - 1.87 \text{ La}_2\text{O}_3 +$
 $6.13 \text{ ZrO}_2 - 76.40 \text{ mol\%} > 50.00 \text{ mol\%}。$

【0083】 第十四項包括一種玻璃製品，包括：第一表面；與該第一表面相對的第二表面，其中該玻璃製品的厚度(t)是用該第一表面及該第二表面之間的距離來表示；及壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的厚度(t)，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於60 MPa，該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.15t至小於或等於0.25t，並且該玻璃製品是由玻璃形成的，該玻璃包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的SiO₂；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的Al₂O₃；大於或等於5.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的Li₂O；以及大於或等於4.0 mol%至小於或等於15.0 mol%的Na₂O，其中： $-8.00 \text{ mol\%} \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol\%}$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50。$

【0084】 第十五項包括如第十四項所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於80 MPa。

【0085】 第十六項包括如第十四項及第十五項中任一項所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於90 MPa。

【0086】 第十七項包括如第十四項至第十六項中任一項所述的玻璃製品，其中該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.18 t至小於或等於0.22 t。

【0087】 第十八項包括如第十四項至第十七項中任一項所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的液相粘度大於或等於20 kP至小於1000 kP。

【0088】 第十九項包括一種消費電子產品，包括：殼體，該殼體包括前表面、後表面及側表面；至少部分地位於該殼體內的電氣部件，該電氣部件至少包括控制器、記憶體及顯示器，該顯示器位於該殼體的該前表面處或附近；以及設置在該顯示器上方的覆蓋基板，其中該殼體及該覆蓋基板中的至少一者的至少一部分包括如第十四項至第十八項中任一項所述的玻璃製品。

【0089】 第二十項包括一種玻璃製品，包括：第一表面；與該第一表面相對的第二表面，其中該玻璃製品的厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的距離來表示；以及壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的厚度(t)，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於60 MPa，該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.15 t至小於或等於0.25 t，並且該玻璃製品具有在該玻璃製品的中心深度處的組成，該組成包括：大於或等於55.0 mol%至小於或等於70.0 mol%的SiO₂；大於或等於12.0 mol%至小於或等於20.0 mol%的Al₂O₃；大於或等於5.0 mol%至小於或等於

15.0 mol% 的 Li_2O ；以及大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol% 的 Na_2O ，其中： $-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， $9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O})/\text{Na}_2\text{O}$ ，以及 $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ 。

【0090】第二十一項包括一種玻璃組合物，包括：大於或等於 60.0 mol% 至小於或等於 70.0 mol% 的 SiO_2 ；大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 18.0 mol% 的 Al_2O_3 ；大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 10.0 mol% 的 Li_2O ；大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 10.0 mol% 的 Na_2O ；以及大於或等於 0.75 mol% 的 P_2O_5 ，其中： $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 大於或等於 1.00，並且 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 小於或等於 25.25 mol%。

【0091】第二十二項包括一種玻璃製品，包括：第一表面；與該第一表面相對的第二表面，其中該玻璃製品的厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的距離來表示；以及壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的厚度(t)，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於 60 MPa，該壓應力層的壓縮深度大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.25t，並且該玻璃製品是由根據第二十一項所述的玻璃形成的。

【0092】第二十三項包括如第二十二項所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於 80 MPa。

【0093】第二十四項包括如第二十二項及第二十三項中任一項所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的中心張力大於或等於90 MPa。

【0094】第二十五項包括如第二十二項至第二十四項中任一項所述的玻璃製品，其中該壓應力層的壓縮深度大於或等於0.18 t至小於或等於0.22 t。

【0095】第二十六項包括如第二十二項至第二十五項中任一項所述的玻璃製品，其中該玻璃的液相粘度大於或等於20 kP至小於1000 kP。

【0096】第二十七項包括一種消費電子產品，包括：殼體，該殼體包括前表面、後表面及側表面；至少部分地位於該殼體內的電氣部件，該電氣部件至少包括控制器、記憶體及顯示器，該顯示器位於該殼體的該前表面處或附近；以及設置在該顯示器上方的覆蓋基板，其中該殼體及該覆蓋基板中的至少一者的至少一部分包括如第二十二項至第二十六項中任一項所述的玻璃製品。

實例

【0097】藉由以下實例進一步闡明實施例。應當理解，該等實例不受限於上述實施例。

【0098】藉由一般的玻璃形成方法製備具有下表1中列出的組分的玻璃組合物。在表1中，所有組分均以mol%計，並且根據本說明書中揭示的方法量測玻璃組合物的各種性質。

表1

樣品	1	2	3	4
SiO_2	64.94	63.55	63.22	61.97
Al_2O_3	16.26	16.12	16.09	15.69
Li_2O	7.67	7.18	7.20	7.01
Na_2O	7.94	9.34	9.26	9.11
K_2O				
MgO	0.51	0.22	0.21	0.21
ZnO				
CaO				
SrO				
B_2O_3	0.00	0.94	1.37	3.47
P_2O_5	2.46	2.47	2.46	2.37
SnO_2	0.05	0.05	0.05	0.05
總計	100	100	100	100
$\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	1.01	0.96	0.97	0.96
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$	23.93	23.30	23.29	22.70
$\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{RO}$	32.38	32.86	32.76	32.02
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$	16.77	16.34	16.30	15.90
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$	16.26	17.06	17.46	19.16
$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	1.16	1.17	1.19	1.32

表1 – 接續

樣品	1	2	3	4
VFT粘度係數				
A	-3.66	-3.55	-3.41	-3.18
B	9500.8	9429.9	9138.3	8488.6
To	67.7	14.9	38.2	40.2
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1661	1628	1638	1589
35000	1226	1181	1187	1139
200000	1128	1081	1087	1041
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度(g / c m ³)	2.400	2.402	2.400	2.389
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	70.6	76.7	75.7	75.1
纖維伸長應變點(°C)	606	569	565	530
纖維伸長退火點(°C)	661	622	616	580
纖維伸長軟化點(°C)	926.4	884.5	877.9	832.5
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C)-內部	1105	1060	1080	1015
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP)-內部	315	301	230	338
量測鋯石擊穿溫度(°C)	1270			

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.002	3.012	3.046	3.121
折射率	1.5041	1.5034	1.5030	1.5030
泊松比	0.213			
E (楊氏模量, GPa)	77.8			
G (剪切模量, GPa)	32.1			
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)	88.5	80.8	82.6	81.1
對於IOX的K%	80	80	80	80
DOL (um)	13.9	18.9	20.0	15.5
CS (Mpa)	623	627	622	610

表1 – 接續

樣品	5	6	7	8
SiO_2	61.15	63.08	63.74	63.66
Al_2O_3	15.49	15.98	16.83	16.53
Li_2O	6.87	7.06	7.46	7.38
Na_2O	9.01	9.27	9.24	8.17
K_2O				
MgO	0.22	0.22		0.22
ZnO				
CaO				0.33
SrO				0.20
B_2O_3	4.72	1.36		1.35
P_2O_5	2.36	2.86	2.50	2.01
SnO_2	0.05	0.05	0.05	0.04
總計	100	100	100	100
$\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	0.96	0.97	1.01	1.01
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$	22.36	23.04	24.29	23.91
$\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{RO}$	31.59	32.53	33.53	32.83
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$	15.71	16.20	16.83	16.75
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$	20.21	17.34	16.83	17.88
$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	1.40	1.22	1.16	1.22

表1 – 接續

樣品	5	6	7	8
VFT粘度係數				
A	-3.31	-3.32	-3.34	-3.24
B	8868.2	8814.9	8646.9	8372.7
To	-9.5	63.0	126.2	122.8
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1572	1631	1659	1634
35000	1120	1184	1223	1198
200000	1021	1085	1127	1103
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度(g / c m ³)	2.383	2.398	2.407	2.405
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	73.9	75.5	76	70.9
纖維伸長應變點(°C)	516	561	608	585
纖維伸長退火點(°C)	564	613	661	638
纖維伸長軟化點(°C)	813.7	878.0	924.0	897.8
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C)-內部	985	1050	1095	1080
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP)-內部	409	408	384	321
量測鋁石擊穿溫度(°C)	1250	1260		

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.172	3.065	3.010	3.057
折射率	1.5023	1.5013	1.5044	1.5055
泊松比			0.211	0.218
E (楊氏模量, GPa)			77.4	77.2
G (剪切模量, GPa)			32.0	31.7
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大 CT (Mpa)	75.4	77.2	70.0	78.0
對於IOX的K%	80	80	80	80
DOL (um)	13.8	19.2		
CS (Mpa)	591	628		

表1 – 接續

樣品	9	10	11	12
SiO ₂	63.65	62.69	62.75	62.89
Al ₂ O ₃	16.20	16.01	15.82	15.42
Li ₂ O	7.32	6.86	6.93	6.91
Na ₂ O	7.12	8.58	7.60	5.78
K ₂ O				
MgO	0.41		0.22	0.61
ZnO				
CaO	0.62		0.33	0.91
SrO	0.41		0.21	0.61
B ₂ O ₃	2.60	3.18	4.04	5.72
P ₂ O ₅	1.52	2.45	1.97	1.01
SnO ₂	0.04	0.04	0.04	0.04
總計	100	100	100	100
Al ₂ O ₃ / (R ₂ O + RO)	1.02	1.04	1.04	1.04
Al ₂ O ₃ + Li ₂ O	23.52	22.87	22.75	22.34
Na ₂ O +Li ₂ O +Al ₂ O ₃ +RO	32.09	31.45	31.10	30.24
Al ₂ O ₃ +MgO+ZnO	16.62	16.01	16.04	16.03
Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	18.80	19.19	19.86	21.14
(Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅)/(R ₂ O +RO)	1.28	1.40	1.43	1.49

表1 - 接續

樣品	9	10	11	12
VFT 粘度係數				
A	-3.12	-3.66	-3.69	-3.22
B	8031.5	9526.4	9520.6	8130.5
To	129.2	20.4	15.6	99.2
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1610	1618	1606	1573
35000	1177	1181	1173	1147
200000	1083	1083	1075	1054
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度(g / c m ³)	2.403	2.384	2.386	2.392
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	66.5	72.4	68.7	60.6
纖維伸長應變點(°C)	572	550	552	555
纖維伸長退火點(°C)	624	603	604	607
纖維伸長軟化點(°C)		868.9	863.3	855.4
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C)-內部	1095	1040	1050	1050
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP)-內部	156	480	330	216
量測鋯石擊穿溫度(°C)				

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.076	3.153	3.176	3.165
折射率	1.5068	1.5017	1.5034	1.5073
泊松比	0.218	0.213	0.215	0.218
E (楊氏模量, GPa)	76.8	73.8	74.3	75.7
G (剪切模量, GPa)	31.6	30.5	30.6	31.1
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)	94.7	71.0	73.0	90.7
對於IOX的K%	60	80	80	60
DOL (um)				
CS (Mpa)				

表1-接續

樣品	13	14	15	16
S i O ₂	62.67	62.75	62.72	62.73
A l ₂ O ₃	15.99	15.68	15.70	15.70
L i ₂ O	6.83	6.79	6.80	6.80
N a ₂ O	8.93	9.23	8.91	8.94
K ₂ O				
MgO			0.32	
ZnO				0.30
CaO				
SrO				

B_2O_3	2.89	2.91	2.90	2.89
P_2O_5	2.48	2.45	2.47	2.44
SnO_2	0.05	0.05	0.05	0.05
總計	100	100	100	100
$Al_2O_3/(R_2O + RO)$	1.01	0.98	0.98	0.98
$Al_2O_3 + Li_2O$	22.82	22.47	22.50	22.50
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	31.75	31.70	31.73	31.74
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	15.99	15.68	16.02	16.00
$Al_2O_3 + B_2O_3$	18.88	18.58	18.60	18.59
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO)$	1.36	1.31	1.31	1.31

表1 – 接續

樣品	13	14	15	16
VFT 粘度係數				
A	-3.13	-3.54	-3.60	-3.65
B	8356.9	9466.9	9566.8	9754
To	85.6	-3.7	-7.0	-28.0
在固定粘度下的溫度 (P)				
200	1626	1618	1613	1611
35000	1175	1168	1167	1162
200000	1077	1067	1067	1062
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度 (g / c m ³)	2.386	2.388	2.389	2.392
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	73.2	75	73.5	74
纖維伸長應變點(°C)	552	549	549	540
纖維伸長退火點(°C)	603	598	598	590
纖維伸長軟化點(°C)	863.6	856.7	856.1	848.6
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C) -內部	1045	1030	1020	1020
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP)-內部	385	417	514	453
量測鋯石擊穿溫度(°C)				

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.175	3.135	3.118	3.150
折射率	1.5020	1.5023	1.5026	1.5029
泊松比	0.212	0.215	0.216	0.210
E (楊氏模量, GPa)	73.7	73.7	74.1	73.8
G (剪切模量, GPa)	30.4	30.3	30.5	30.5
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)	67.9	69.2	72.7	63.1
對於IOX的K%	80	80	80	80
DOL (um)	8.5	12.2	11.4	8.4
CS (Mpa)	612	596	602	600

表1 – 接續

樣品	17	18	19	20
S i O ₂	62.78	62.70	63.46	63.42
A l ₂ O ₃	15.41	15.39	15.32	15.23
L i ₂ O	6.79	6.84	6.43	6.63
N a ₂ O	9.20	9.23	8.26	6.94
K ₂ O				
MgO	0.32		0.41	0.60
ZnO		0.29	0.68	0.46
CaO			0.62	0.92
SrO			0.41	0.60

B_2O_3	2.87	2.89	2.79	4.09
P_2O_5	2.45	2.46	1.48	0.99
SnO_2	0.05	0.05	0.04	0.03
總計	100	100	100	100
$Al_2O_3/(R_2O + RO)$	0.94	0.94	0.91	0.94
$Al_2O_3 + Li_2O$	22.20	22.23	21.75	21.86
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	31.72	31.75	32.13	31.37
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	15.73	15.68	16.42	16.28
$Al_2O_3 + B_2O_3$	18.28	18.28	18.11	19.32
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5)/(R_2O + RO)$	1.27	1.27	1.17	1.26

表1 – 接續

樣品	17	18	19	20
VFT 粘度係數				
A	-4.02	-2.78	-4.02	-2.78
B	10772.8	7764.8	10772.8	7764.8
To	-98.8	94.6	-98.8	94.6
在固定粘度下的溫度 (P)				
200	1606	1622	1606	1622
35000	1160	1154	1160	1154
200000	1057	1055	1057	1055
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度 (g / c m ³)	2.391	2.395	2.391	2.395
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	75	74.6	75	74.6
纖維伸長應變點(°C)	538	538	538	538
纖維伸長退火點(°C)	586	586	586	586
纖維伸長軟化點(°C)	843.3	841.2	843.3	841.2
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C)-內部	1015	1015	1015	1015
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP)-內部	452	449	452	449
量測鋁石擊穿溫度(°C)				

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.127	3.137	3.127	3.137
折射率	1.5026	1.5028	1.5026	1.5028
泊松比	0.217	0.214	0.217	0.214
E (楊氏模量, GPa)	74.1	73.9	74.1	73.9
G (剪切模量, GPa)	30.5	30.4	30.5	30.4
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)	66.7	70.1	66.7	70.1
對於IOX的K%	80	80	80	80
DOL (um)	8.5	11.9	8.5	11.9
CS (Mpa)	601	580	601	580

表1 - 接續

樣品	21	22	23	24
SiO ₂	63.50	63.56	65.31	64.75
Al ₂ O ₃	15.12	15.03	15.36	15.34
Li ₂ O	6.69	6.46	7.14	7.19
Na ₂ O	5.63	6.22	8.07	8.09
K ₂ O				
MgO	0.79	0.59	0.23	0.23
ZnO	0.23	0.46		
CaO	1.22	0.93	0.36	0.36
SrO	0.81	0.60	0.21	0.21
B ₂ O ₃	5.40	5.05	1.20	1.20
P ₂ O ₅	0.51	0.99	1.99	2.48
SnO ₂	0.03	0.04	0.04	0.04
總計	100	100	100	100
Al ₂ O ₃ /(R ₂ O + RO)	0.98	0.99	0.96	0.95
Al ₂ O ₃ + Li ₂ O	21.81	21.48	22.50	22.53
Na ₂ O +Li ₂ O +Al ₂ O ₃ +RO	30.48	30.28	31.36	31.42
Al ₂ O ₃ +MgO+ZnO	16.13	16.07	15.59	15.57
Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	20.52	20.07	16.56	16.54
(Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃ +P ₂ O ₅)/(R ₂ O +RO)	1.37	1.38	1.16	1.18

表1-接續

樣品	21	22	23	24
VFT粘度係數				
A	-3.27	-3.08	-3.43	-3.65
B	8264.6	7920.8	9196.3	9772.5
To	76.4	100.2	53.5	11.1
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1560	1573	1658	1654
35000	1134	1140	1207	1204
200000	1041	1046	1107	1103
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度(g / c m ³)	2.407	2.402	2.400	2.398
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))	60.2	61.1	70.8	71.3
纖維伸長應變點(°C)	550	549	575	575
纖維伸長退火點(°C)	599	598	629	628
纖維伸長軟化點(°C)	840.0	844.6	895.6	893.5
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度(°C) -內部	1055	1045	1085	1080
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) - 內部	150	203	307	313
量測鋯石擊穿溫度(°C)				

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.177	3.199	3.054	3.063
折射率	1.5101	1.5080	1.5040	1.5036
泊松比	0.218	0.221	0.210	0.210
E (楊氏模量, GPa)	75.9	75.5	76.4	76.0
G (剪切模量, GPa)	31.1	30.9	31.6	31.4
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)			75.8	71.4
對於IOX的K %			80	80
DOL (um)			14.3	15
CS (Mpa)			641	625

表1 – 接續

樣品	25	26	27	28
SiO_2	64.27	65.34	64.78	64.33
Al_2O_3	15.35	15.37	15.35	15.35
Li_2O	7.16	7.12	7.18	7.14
Na_2O	8.13	7.68	7.72	7.74
K_2O				
MgO	0.23	0.24	0.23	0.23
ZnO				
CaO	0.36	0.36	0.36	0.36
SrO	0.21	0.21	0.21	0.21
B_2O_3	1.19	1.20	1.20	1.18
P_2O_5	2.97	1.99	2.48	2.97
SnO_2	0.04	0.04	0.04	0.04
總計	100	100	100	100
$\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	0.95	0.98	0.98	0.98
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$	22.51	22.49	22.53	22.49
$\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{RO}$	31.44	30.98	31.05	31.03
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$	15.58	15.61	15.58	15.58
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$	16.53	16.57	16.55	16.53
$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	1.21	1.19	1.21	1.24

表1-接續

樣品	25	26	27	28
VFT粘度係數				
A	-3.55	-3.39	-3.92	-3.60
B	9513.8	9158.6	10489.9	9622.5
To	22.0	55.1	-33.9	19.7
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1647	1664	1652	1651
35000	1197	1209	1205	1202
200000	1097	1109	1104	1101
10 ¹¹ Poise溫度(℃)				
密度(g / c m ³)	2.397	2.399	2.396	2.395
CTE (*10 ⁻⁷ (1/℃))	70.4	71.1	71.5	71.5
纖維伸長應變點(℃)	566	578	569	563
纖維伸長退火點(℃)	618	631	621	616
纖維伸長軟化點(℃)	883.9	897.6	890.2	883.0
光束彎曲粘度應變點(℃)				
光束彎曲粘度退火點(℃)				
光束彎曲粘度軟化點(℃)				
液相溫度 (℃) -內部	1060	1080	1080	1070
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) - 內部	411	349	314	367
量測鋯石擊穿溫度(℃)				

應力光學係數(nm/mm/MPa)	3.066	3.053	3.045	3.056
折射率	1.5028	1.5039	1.5032	1.5023
泊松比	0.213	0.208	0.208	0.211
E (楊氏模量, GPa)	75.7	76.3	75.7	75.4
G (剪切模量, GPa)	31.2	31.6	31.3	31.1
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)	71.5	77.7	72.4	68.7
對於IOX的K%	80	80	80	80
DOL (um)	10.8	15.1	15.8	17.2
CS (Mpa)	631	634	625	610

表1 – 接續

樣品	29	30	31	32
S i O ₂	65.67	65.72	61.76	61.88
A l ₂ O ₃	14.96	14.98	16.76	16.46
L i ₂ O	8.44	8.09	7.20	6.67
N a ₂ O	7.10	7.41	9.79	9.92
K ₂ O				
MgO			1.93	1.42
ZnO				
CaO				
SrO				

B_2O_3	1.22	1.20	0.50	3.54
P_2O_5	2.47	2.47	1.94	0.00
SnO_2	0.03	0.03	0.03	0.03
總計	100	100	100	100
$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	0.96	0.97	0.89	0.91
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$	23.41	23.07	23.96	23.13
$\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{RO}$	30.51	30.48	35.68	34.47
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$	14.96	14.98	18.69	17.88
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$	16.18	16.18	17.26	20.00
$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5)/(\text{R}_2\text{O} + \text{RO})$	1.20	1.20	1.01	1.11

表1 – 接續

樣品	29	30	31	32
VFT粘度係數				
A	-3.11	-3.62	-3.44	-3.83
B	8482.5	9733.5	8733.9	9765
To	93.8	10.5	78	-29.5
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1661	1656	1600	1564
35000	1202	1203	1172	1137
200000	1102	1102	1078	1040
10 ¹¹ Poise溫度(°C)				
密度 (g / c m ³)				
CTE (*10 ⁻⁷ (1/°C))				
纖維伸長應變點(°C)			586	541
纖維伸長退火點(°C)			636	590
纖維伸長軟化點(°C)			880.5	834.5
光束彎曲粘度應變點(°C)				
光束彎曲粘度退火點(°C)				
光束彎曲粘度軟化點(°C)				
液相溫度 (°C) - 內部	1120	1110	1050	1025
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) - 內部	143	173	354	271
量測鋯石擊穿溫度(°C)				

應力光學係數 (nm/mm/MPa)				
折射率				
泊松比				
E (楊氏模量, GPa)				
G (剪切模量, GPa)				
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)			85	80
對於IOX的K%			80	80
DOL (um)			14.24	10.72
CS (Mpa)			680	720

表1 – 接續

樣品	33	34	35	36
SiO ₂	67.79	66.81	66.25	65.77
Al ₂ O ₃	14.75	14.40	14.77	15.18
Li ₂ O	6.25	7.79	7.83	7.82
Na ₂ O	8.80	3.06	4.25	5.41
K ₂ O				
MgO	2.29			
ZnO				
CaO				
SrO				

B_2O_3	0.00	4.11	3.37	2.57
P_2O_5	0.00	3.64	3.34	3.05
SnO_2	0.03	0.05	0.04	0.04
總計	100	100	100	100
$Al_2O_3 / (R_2O + RO)$	0.85	1.33	1.22	1.15
$Al_2O_3 + Li_2O$	21.00	22.19	22.60	22.99
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	32.09	25.25	26.85	28.41
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	17.04	14.40	14.77	15.18
$Al_2O_3 + B_2O_3$	14.75	18.51	18.14	17.75
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5) / (R_2O + RO)$	0.85	2.04	1.78	1.57

表1-接續

樣品	33	34	35	36
VFT粘度係數				
A	-3.59	-3.52	-3.29	-3.46
B	9618	9361.4	8722.1	9190.6
To	38.1	64.6	110.1	67.8
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1672	1673	1671	1662
35000	1221	1226	1224	1215
200000	1120	1126	1126	1116
10 ¹¹ Poise溫度(℃)				
密度(g / c m ³)				
CTE (*10 ⁻⁷ (1/℃))				
纖維伸長應變點(℃)	598			
纖維伸長退火點(℃)	650			
纖維伸長軟化點(℃)				
光束彎曲粘度應變點(℃)				
光束彎曲粘度退火點(℃)				
光束彎曲粘度軟化點(℃)				
液相溫度 (℃) -內部	1075	1135	1130	1125
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) - 內部	489	169	184	170
量測鋯石擊穿溫度(℃)				

應力光學係數 (nm/mm/MPa)				
折射率				
泊松比				
E (楊氏模量, GPa)				
G (剪切模量, GPa)				
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大 CT (Mpa)	80			
對於IOX的K%	80			
DOL (um)	9.76			
CS (Mpa)	662			

表1 – 接續

樣品	37	38	39	40
SiO ₂	65.27	64.62	64.28	62.46
Al ₂ O ₃	15.58	15.94	14.98	15.98
Li ₂ O	7.85	7.85	7.86	7.85
Na ₂ O	6.58	7.92	4.82	4.82
K ₂ O				
MgO				
ZnO				
CaO				
SrO				

B_2O_3	1.77	0.99	4.90	4.78
P_2O_5	2.75	2.47	2.96	3.93
SnO_2	0.04	0.04	0.05	0.04
總計	100	100	100	100
$Al_2O_3 / (R_2O + RO)$	1.08	1.01	1.18	1.26
$Al_2O_3 + Li_2O$	23.43	23.79	22.84	23.82
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	30.01	31.71	27.66	28.64
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	15.58	15.94	14.98	15.98
$Al_2O_3 + B_2O_3$	17.35	16.93	19.88	20.76
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5) / (R_2O + RO)$	1.39	1.23	1.80	1.95

表1-接續

樣品	37	38	39	40
VFT粘度係數				
A	-3.20	-3.27	-3.73	-3.42
B	8563.4	8725.8	9716.3	8763.3
To	112.5	97	4.2	67.3
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1669	1664	1616	1600
35000	1218	1214	1179	1168
200000	1120	1115	1080	1073
10 ¹¹ Poise溫度(℃)				
密度 (g / c m ³)				
CTE (*10 ⁻⁷ (1/℃))				
纖維伸長應變點(℃)				
纖維伸長退火點(℃)				
纖維伸長軟化點(℃)				
光束彎曲粘度應變點(℃)				
光束彎曲粘度退火點(℃)				
光束彎曲粘度軟化點(℃)				
液相溫度(℃) -內部	1125	1105	1080	1110
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) -內部	181	245	202	98
量測鋯石擊穿溫度(℃)				

應力光學係數 (nm/mm/MPa)				
折射率				
泊松比				
E (楊氏模量, GPa)				
G (剪切模量, GPa)				
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)				
對於IOX的K%				
DOL (um)				
CS (Mpa)				

表1 - 接續

樣品	41	42	43	44
S i O ₂	60.47	63.41	64.52	63.18
A l ₂ O ₃	16.92	14.97	15.22	15.65
L i ₂ O	7.86	7.85	8.46	7.61
N a ₂ O	4.81	4.78	3.65	4.75
K ₂ O				
MgO				
ZnO				
CaO				
SrO				

B_2O_3	4.87	4.91	3.45	3.32
P_2O_5	4.88	3.89	4.51	5.30
SnO_2	0.04	0.04	0.04	0.04
總計	100	100	100	100
$Al_2O_3 / (R_2O + RO)$	1.34	1.19	1.26	1.27
$Al_2O_3 + Li_2O$	24.78	22.81	23.68	23.26
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	29.59	27.59	27.33	28.01
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	16.92	14.97	15.22	15.65
$Al_2O_3 + B_2O_3$	21.79	19.88	18.67	18.96
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5) / (R_2O + RO)$	2.11	1.88	1.91	1.96

表1-接續

樣品	41	42	43	44
VFT粘度係數				
A	-3.20	-3.68	-3.29	-3.31
B	8138.4	9752.6	8715.6	8803.5
To	112.6	-5.6	93.8	83
在固定粘度下的溫度(P)				
200	1591	1624	1652	1651
35000	1163	1180	1206	1203
200000	1070	1080	1108	1105
10 ¹¹ Poise溫度(℃)				
密度 (g / c m ³)				
CTE (*10 ⁻⁷ (1/℃))				
纖維伸長應變點(℃)				
纖維伸長退火點(℃)				
纖維伸長軟化點(℃)				
光束彎曲粘度應變點(℃)				
光束彎曲粘度退火點(℃)				
光束彎曲粘度軟化點(℃)				
液相溫度 (℃) -內部	1065	1065	1120	1070
液相-初級相	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石	鋰輝石
液相粘度(kP) -內部	220	266	159	404
量測鋯石擊穿溫度(℃)				

應力光學係數 (nm/mm/MPa)				
折射率				
泊松比				
E (楊氏模量, GPa)				
G (剪切模量, GPa)				
*纖維陶瓷化的				
IOX				
最大CT (Mpa)				
對於IOX的K%				
DOL (um)				
CS (Mpa)				

表1 – 接續

樣品	45	46	47
S i O ₂	63.64	63.66	63.61
A l ₂ O ₃	15.39	16.19	16.22
L i ₂ O	8.10	8.07	7.99
N a ₂ O	7.30	8.11	8.20
K ₂ O		0.52	0.52
MgO		0.33	0.32
ZnO			
CaO			
SrO			

B_2O_3	1.95	0.38	0.39
P_2O_5	3.58	2.67	2.67
SnO_2	0.05	0.05	0.05
總計	100	100	100
$Al_2O_3 / (R_2O + RO)$	1.00	0.95	0.95
$Al_2O_3 + Li_2O$	23.49	24.26	24.21
$Na_2O + Li_2O + Al_2O_3 + RO$	30.79	32.70	32.73
$Al_2O_3 + MgO + ZnO$	15.39	16.53	16.55
$Al_2O_3 + B_2O_3$	17.34	16.58	16.62
$(Al_2O_3 + B_2O_3 + P_2O_5) / (R_2O + RO)$	1.36	1.13	1.13

表1 –接續

樣品	45	46	47
VFT粘度係數			
A	-3.74	-2.91	-3.53
B	10098.8	7803.3	9361
To	-29.6	146.2	28.1
在固定粘度下的溫度(P)			
200	1642.37	1643.95	1634.58
35000	1189.61	1193.19	1188.07
200000	1087.52	1096.66	1088.59
10 ¹¹ Poise溫度(℃)			
密度(g / c m ³)	2.370		
CTE (*10 ⁻⁷ (1/℃))	70.7		
纖維伸長應變點(℃)	543		
纖維伸長退火點(℃)	597		
纖維伸長軟化點(℃)	867.9		
光束彎曲粘度應變點(℃)			
光束彎曲粘度退火點(℃)			
光束彎曲粘度軟化點(℃)			
液相溫度(℃) -內部	1070	1100	1115
液相-初級相			
液相粘度(kP)-內部	279	187	122
量測鋯石擊穿溫度(℃)			

應力光學係數(nm/mm/MPa)			
折射率			
泊松比			
E (楊氏模量, GPa)			
G (剪切模量, GPa)			
*纖維陶瓷化的			
IOX			
最大CT (Mpa)	72		
對於IOX的K %	70		
DOL (um)	10		
CS (Mpa)	570		

【 0 0 9 9 】 除非另有說明，否則本說明書中描述的所有組成成分、關係及比例均以 m o l % 提供。本說明書中揭示的所有範圍包括廣泛揭示的範圍所涵蓋的任何及所有的範圍及子範圍，無論是否在揭示範圍之前或之後明確說明。

【 0 1 0 0 】 對於本領域技藝人士將顯而易見的是，在不背離所主張標的的精神及範疇的情況下，能夠對本文描述的實施例進行各種修改及變化。因此，本說明書旨在覆蓋本文描述的各種實施例的修改及變化，只要該等修改及變化落入所附申請專利範圍及其均等物的範疇內。

【 0 1 0 1 】 如本文所用，數字中的尾隨 0 旨在表示該數字的有效數位。例如，數位「 1 . 0 」包括兩個有效數位，而數位「 1 . 0 0 」包括三個有效數位。

【符號說明】

【 0 1 0 2 】

- 1 0 0 玻 璃
- 1 1 0 主 表 面
- 1 1 2 主 表 面
- 1 2 0 第 一 壓 縮 層
- 1 2 2 第 二 壓 縮 層
- 1 3 0 中 心 區 域
- d ₁ 深 度
- d ₂ 深 度
- 2 0 0 消 費 電 子 裝 置
- 2 0 2 殼 體
- 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 覆 蓋 基 板

【生物材料寄存】

【 0 1 0 3 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 0 4 】 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】 一種玻璃組合物，包括：

大於或等於 55.0 mol% 至小於或等於 70.0 mol% 的 SiO_2 ；

大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 20.0 mol% 的 Al_2O_3 ；

大於 0 mol% 至小於或等於 7.5 mol% 的 B_2O_3 ；

大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol% 的 Li_2O ；以及

大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 9.5 mol% 的 Na_2O ，

其中：

$-8.00 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ，RO 是二價陽離子氧化物的總和， R_2O 是鹼金屬氧化物的總和，

$9.10 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}) / \text{Na}_2\text{O}$ ，

$1.80 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50$ ，以及

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 大於 21.4 mol%。

【第2項】 如請求項 1 所述之玻璃組合物，其中 $-7.50 \text{ mol}\% \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -2.50 \text{ mol}\%$ 。

【第3項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$9.10 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}) / \text{Na}_2\text{O} \leq 16.00。$$

【第4項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$\text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \text{ 大於 } 0.0 \text{ mol\%}。$$

【第5項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$1.00 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) \leq 2.75。$$

【第6項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \text{ 大於 } 25.0 \text{ mol\%}。$$

【第7項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$0.90 < \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO}) < 1.20。$$

【第8項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$1.0 < (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{R}_2\text{O} + \text{RO})。$$

【第9項】 如請求項 1 或 2 所述之玻璃組合物，其中

$$6.96 \text{Al}_2\text{O}_3 - 1.90 \text{B}_2\text{O}_3 + 2.16 \text{CaO} + 3.30 \text{MgO} - 1.50 \text{Na}_2\text{O} + 12.74 \text{Li}_2\text{O} - 1.10 \text{SrO} - 14.50 \text{K}_2\text{O} - 1.87 \text{La}_2\text{O}_3 + 6.13 \text{ZrO}_2 - 76.40 \text{mol\%} > 50.00 \text{mol\%}。$$

【第10項】 一種玻璃製品，包括：

一第一表面；

與該第一表面相對的一第二表面，其中該玻璃製品

的一厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的一距離來表示；以及

一壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的該厚度(t)中，其中

該玻璃製品的一中心張力大於或等於 60 MPa，

該壓應力層的一壓縮深度大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.25t，並且

該玻璃製品是由一玻璃形成的，該玻璃包括：

大於或等於 55.0 mol% 至小於或等於 70.0 mol% 的 SiO_2 ；

大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 20.0 mol% 的 Al_2O_3 ；

大於 0 mol% 至小於或等於 7.5 mol% 的 B_2O_3 ；

大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol% 的 Li_2O ；以及

大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 9.5 mol% 的 Na_2O ，

其中：

$-8.00 \text{ mol\%} \leq \text{R}_2\text{O} + \text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 \leq -1.75 \text{ mol\%}$ ，RO 是二價陽離子氧化物的總和， R_2O 是鹼金屬氧化物的總

和，

$$9.00 \leq (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}) / \text{Na}_2\text{O} ,$$

$$1.80 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) \leq 3.50 , \text{ 以及}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} \text{ 大於 } 21.4 \text{ mol\%} .$$

【第11項】 一種玻璃製品，包括：

一第一表面；

與該第一表面相對的一第二表面，其中該玻璃製品的一厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的一距離來表示；以及

一壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的該厚度(t)中，其中

該玻璃製品的一中心張力大於或等於 60 MPa，

該壓應力層的一壓縮深度大於或等於 0.15t 至小於或等於 0.25t，並且

該玻璃製品具有在該玻璃製品的一中心深度處的一組成，該組成包括：

大於或等於 55.0 mol% 至小於或等於 70.0 mol% 的 SiO_2 ；

大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 20.0 mol% 的 Al_2O_3 ；

大於 0 mol% 至小於或等於 7.5 mol% 的 B_2O_3 ；

大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 15.0 mol% 的 Li_2O ；以及

大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 9.5 mol% 的 Na_2O ，

其中：

$-8.00 \text{ mol}\% \leq R_2O + RO - Al_2O_3 - B_2O_3 - P_2O_5 \leq -1.75 \text{ mol}\%$ ， RO 是二價陽離子氧化物的總和， R_2O 是鹼金屬氧化物的總和，

$9.00 \leq (SiO_2 + Al_2O_3 + Li_2O) / Na_2O$ ，
 $1.80 \leq (Li_2O + Al_2O_3 + P_2O_5) / (Na_2O + B_2O_3) \leq 3.50$ ，以及

$Al_2O_3 + Li_2O$ 大於 21.4 mol% 。

【第12項】 一種玻璃組合物，包括：

大於或等於 60.0 mol% 至小於或等於 70.0 mol% 的 SiO_2 ；

大於或等於 12.0 mol% 至小於或等於 18.0 mol% 的 Al_2O_3 ；

大於或等於 5.0 mol% 至小於或等於 10.0 mol% 的 Li_2O ；

大於或等於 4.0 mol% 至小於或等於 10.0 mol%

的 Na_2O ；以及

大於或等於 $0.75 \text{ mol\%}$ 的 P_2O_5 ，

其中：

$\text{Li}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ 大於或等於 1.00 ，以及

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ 小於或等於 $25.25 \text{ mol\%}$ 。

【第13項】 一種玻璃製品，包括：

一第一表面；

與該第一表面相對的一第二表面，其中該玻璃製品的一厚度(t)是用該第一表面與該第二表面之間的一距離來表示；以及

一壓應力層，該壓應力層從該第一表面及該第二表面中的至少一者延伸到該玻璃製品的該厚度(t)中，其中

該玻璃製品的一中心張力大於或等於 60 MPa ，

該壓應力層的一壓縮深度大於或等於 $0.15t$ 至小於或等於 $0.25t$ ，並且

該玻璃製品是由如請求項12所述之玻璃形成的。

【第14項】 如請求項10或13所述之玻璃製品，其中

該玻璃製品的該中心張力大於或等於 80 MPa 。

【第15項】 如請求項10或13所述之玻璃製品，其中

該玻璃製品的該中心張力大於或等於 90 MPa 。

【第16項】 如請求項10或13所述之玻璃製品，其中

該壓應力層的該壓縮深度大於或等於 0.18 t 至小於或等於 0.22 t。

【第 17 項】 如請求項 10 或 13 所述之玻璃製品，其中該玻璃製品的一液相粘度大於或等於 20 kP 至小於 1000 kP。

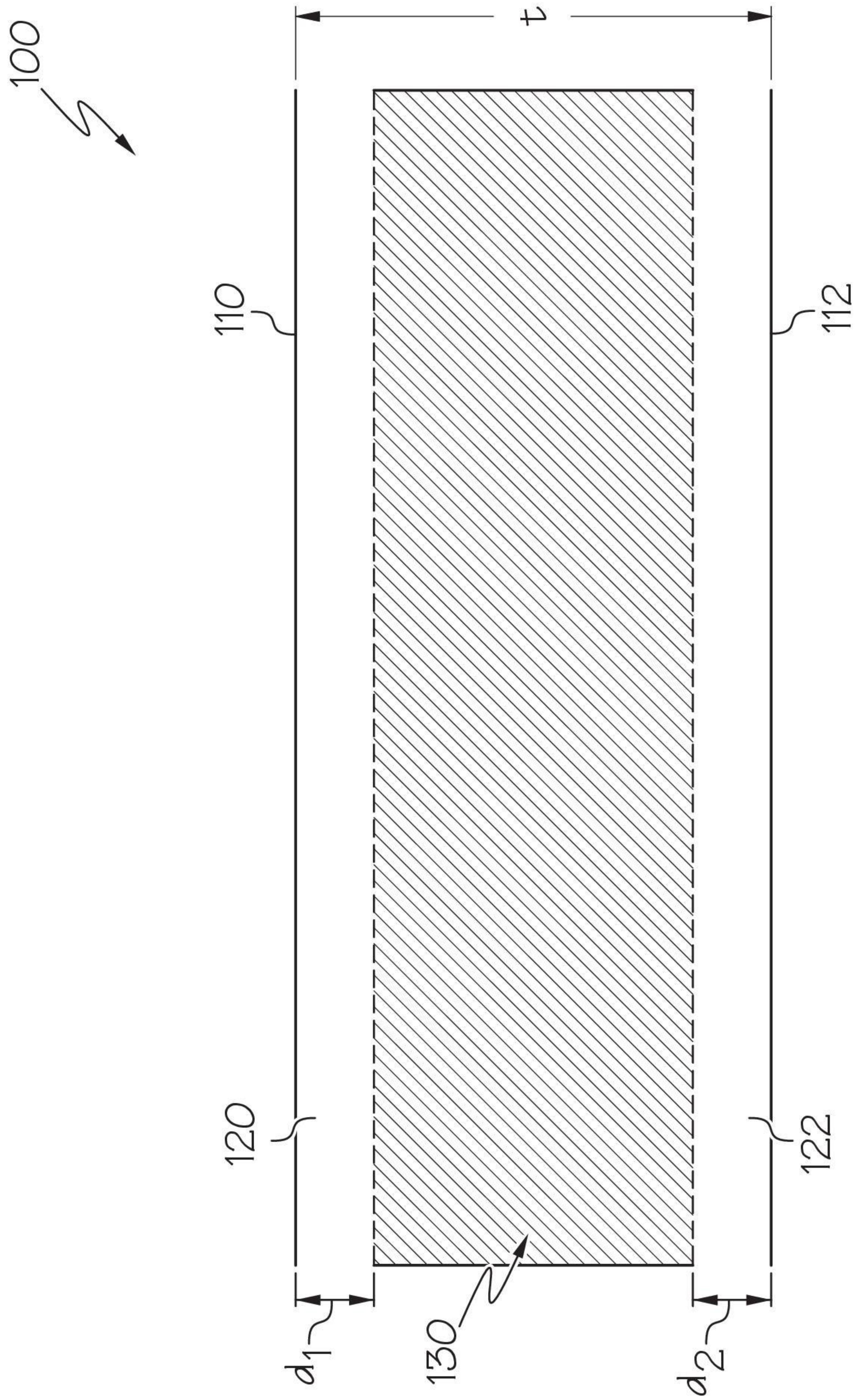
【第 18 項】 一種消費電子產品，包括：

一殼體，該殼體包括一前表面、一後表面及側表面；

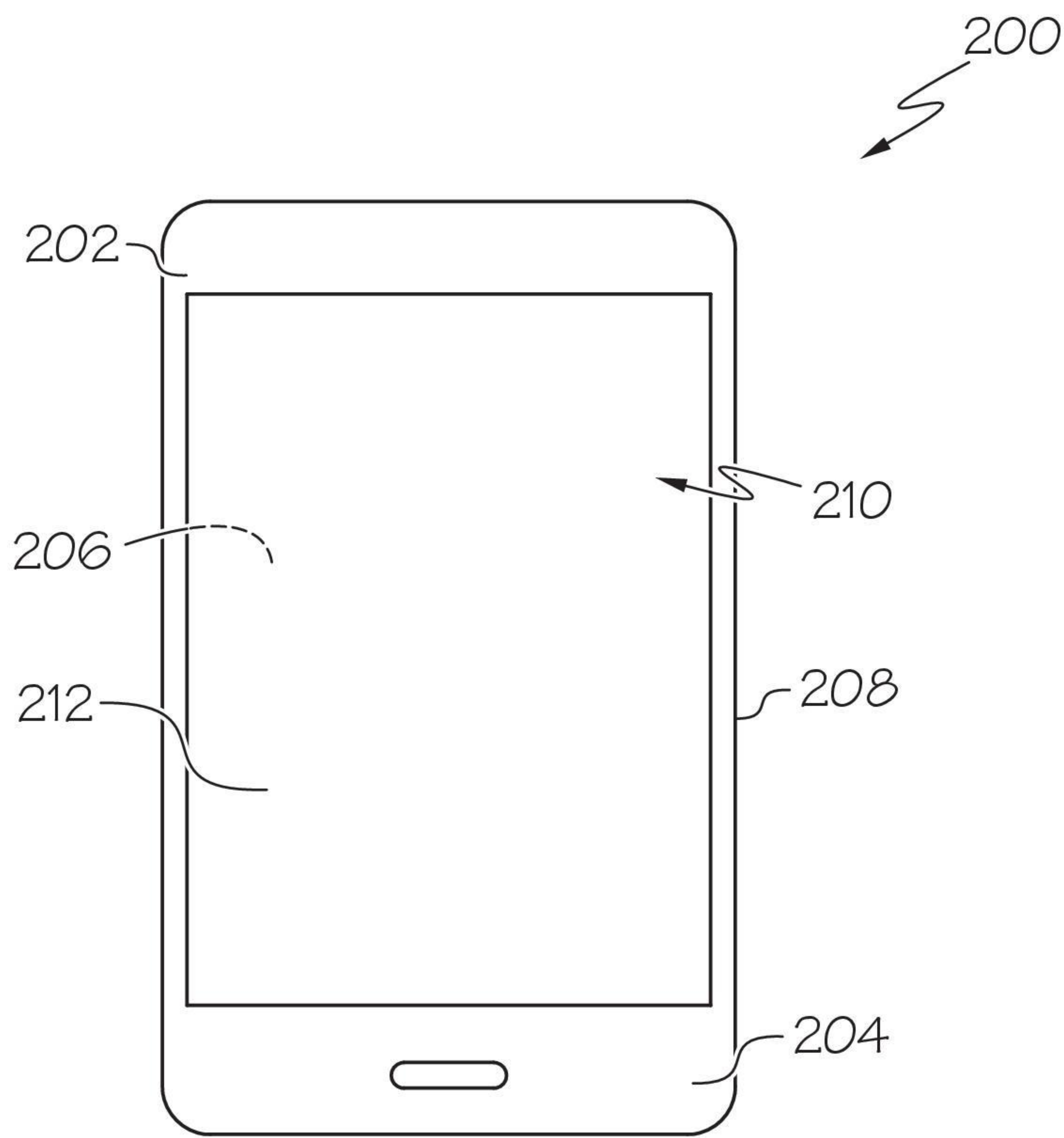
至少部分地位於該殼體內的電氣部件，該等電氣部件至少包括一控制器、一記憶體及一顯示器，該顯示器位於或鄰接該殼體的該前表面處；以及

設置在該顯示器上方的一覆蓋基板，

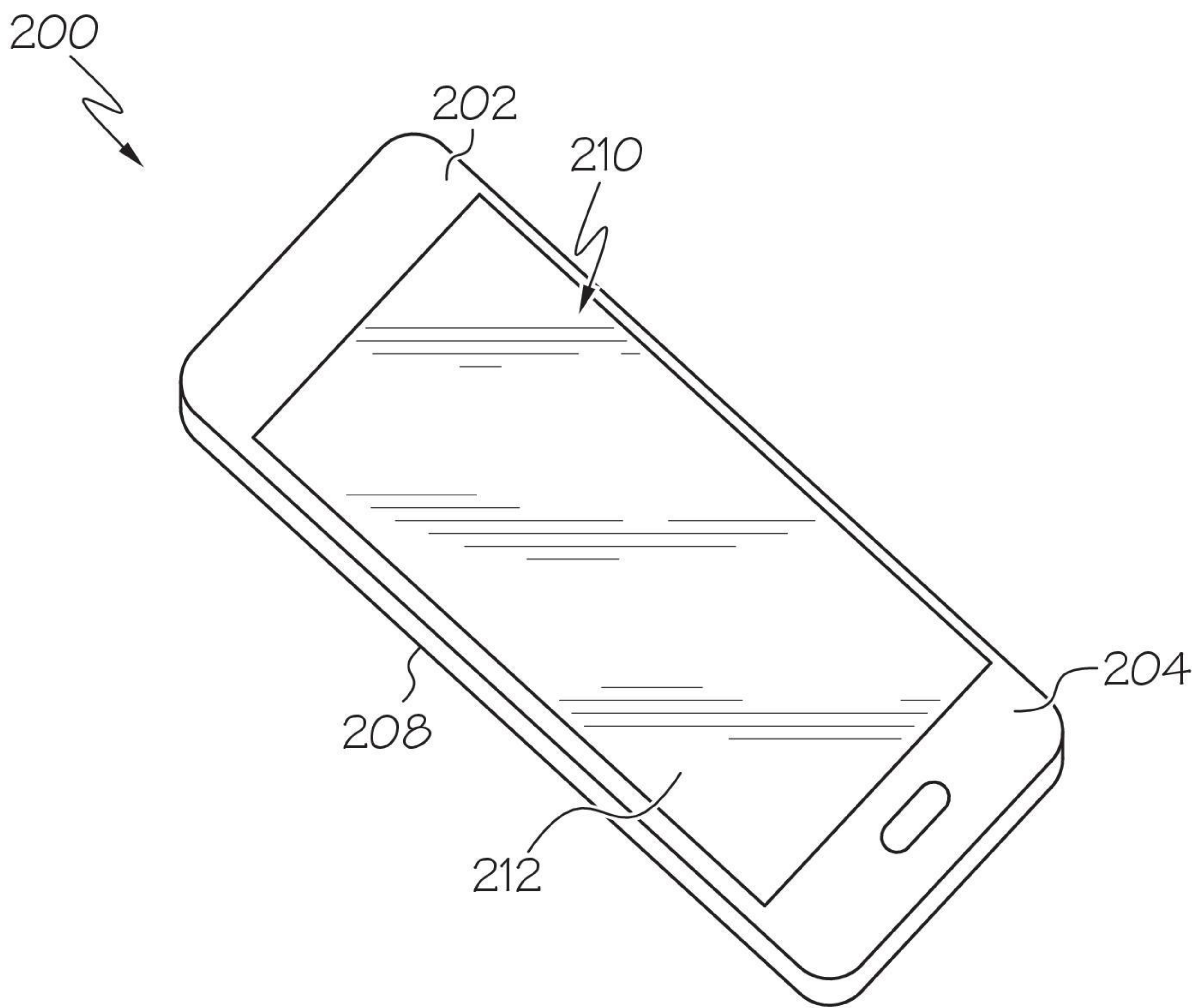
其中該殼體及該覆蓋基板中的至少一者的至少一部分包括請求項 10 或 13 所述之玻璃製品。



第 1 圖



第 2A 圖



第 2B 圖