



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201920028 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：107129610

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 08 月 24 日

(51)Int. Cl. : C03C3/091 (2006.01)

C03C3/085 (2006.01)

C03B27/012 (2006.01)

(30)優先權：2017/08/24 美國

62/549,507

(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)；雷奇 彼德約瑟夫
LEZZI, PETER JOSEPH (US)；吳 鏡錫 WU, JINGSHI (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：30 項 圖式數：0 共 37 頁

(54)名稱

具有改良回火能力之玻璃

GLASSES WITH IMPROVED TEMPERING CAPABILITIES

(57)摘要

本案揭露內容關於具有改良熱回火能力的玻璃組成物。所揭露的玻璃組成物具有高的熱膨脹係數及楊氏模數，且能夠達成高表面壓縮。也提供製作此類玻璃的方法。

The disclosure relates to glass compositions having improved thermal tempering capabilities. The disclosed glass compositions have high coefficients of thermal expansion and Young's moduli, and are capable of achieving high surface compressions. A method of making such glasses is also provided.

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有改良回火能力之玻璃

【英文發明名稱】GLASSES WITH IMPROVED TEMPERING CAPABILITIES

【技術領域】

【0001】 本申請案依照專利法主張美國臨時申請案第62/549,507號的優先權權益，該美國臨時申請案於2017年8月24日提出申請，本案仰賴其內容且該申請案之內容以其全體透過參考形式併入本文。

【0002】 本案揭露內容關於高度可回火的玻璃組成物。更特定而言，本案揭露內容關於相較於一般的鈉鈣玻璃（soda lime glass）具有改良回火的玻璃。甚至更特定而言，本案揭露內容關於有高熱膨脹係數及高楊氏模數而與熱回火製程一併使用的玻璃組成物。

【先前技術】

【0003】 在熱回火中，將玻璃產品加熱至接近軟化溫度，然後快速淬火（quench）。於是，該玻璃在冷卻期間會擁有比內部更低的表面溫度。將溫差維持到玻璃表面冷卻至室溫為止。因為玻璃中心更緩慢地冷卻到室溫，所以玻璃中心會收縮到更小的比容，同時表面層的高比容則保持不變。這造成表面壓縮層，該表面壓縮層賦予回火玻璃其強度。比容的差異主要是由於玻璃一旦冷卻後的熱膨脹差異，而較小程度是來自於表面及塊體（bulk）之間的虛擬溫差。對於第一近似，熱回火玻璃中的應力分佈可

以由簡單的拋物線表示，而表面壓縮應力的量級大約等於中心張力的兩倍。

【0004】 熱回火玻璃（有時稱為安全玻璃）通常應用在下述情況中：其中要求安全斷裂表現，以防止在失效時損傷，用於強化汽車側窗和後窗，以及諸如淋浴拉門之類的物體。期望當熱回火玻璃破裂時，與退火（*anneal*）玻璃不同，該熱回火玻璃會粉碎成不具有尖銳邊緣或針狀形狀的類似岩鹽的碎片。因此，將熱回火玻璃的斷裂表現進行特徵化是至關重要的。所期望的斷裂表現被稱為「切割（*dicing*）」，且在玻璃已達到完全回火時發生。

【0005】 除了熱回火玻璃的安全方面之外，回火會強化該玻璃，使該玻璃更耐損壞且耐用。由於耐用性增加，能夠將回火玻璃用於其中一般玻璃會快速破裂的應用中——例如，汽車擋風玻璃，其中該玻璃可能受到岩石或其他硬質材料的衝擊。由於建築、汽車、和電子裝置應用中玻璃使用增加，所以持續需要具有改良回火能力的強化玻璃。

【發明內容】

【0006】

【圖式簡單說明】

【0007】

無

【實施方式】

【0008】 在下文的敘述中，每當將一群組描述為包括一群組之構件及該等構件之組合中的至少一者時，應理解該群組可包括任何數目的所記載的彼等構件、基本上由任何數目的所記載的彼等構件組成、或由任何數目的所記載的彼等構件組成，無論是單獨或相互組合。同樣，每當將一群組描述為由一群組之構件或該等構件之組合中的至少一者組成時，應理解該群組可以由任何數目的所記載之彼等構件組成，無論是單獨或彼此組合。除非另有指定，否則當記載一範圍的數值時，該範圍的數值包括該範圍的上限和下限兩者，以及它們之間的任何範圍。如本文所用，除非另有指定，否則不定冠詞「一」和相應的定冠詞「該」表示「至少一個」或「一個或多個」。亦應理解，說明書和圖式中揭露的各種特徵能夠以任何及所有組合使用。

【0009】 在本文中記載數值範圍（包括上限值和下限值）的情況中，除非在特定情況下另有說明，否則希望該範圍包括該範圍之端點、以及在該範圍內的所有整數和分數。並不希望申請專利範圍的範疇限制在當界定範圍時所記載的特定值。此外，當量、濃度、或其他值或參數是以範圍、一或多個較佳範圍、或上限較佳值和下限較佳值之列表給定時，應理解為特定揭露由任何一對的任何範圍上限或較佳值與範圍下限或較佳值所形成的所有範圍，無關是否分別揭露此對。最後，當使用術語「約」描述範圍的值或端點時，應該將本案揭露內容理解為包括所指的特定值或端點。當一範圍的數值或端點並未記載「約」時，希

望該範圍的數值或端點包括兩個實施例：一個以「約」修飾，一個不以「約」修飾。

【0010】如本文所用，術語「約」是意味著量、尺寸、配方、參數、和其他數量及特性並非且不必是精確的，而是可根據期望為近似及/或更大或更小，以反映公差、轉換因子、四捨五入、測量誤差、及類似情況、以及發明所屬技術領域中具有通常知識者已知的其他因素。應注意，術語「實質上」可以在本文中用於表示可能歸因於任何定量比較、值、測量或其他表示的固有不確定度。這些術語在本文中也用於表示一定量的表示（quantitative representation）可能會與所陳述的參考對象有所偏差的程度，但不會造成所討論標的之基本功能有所改變。因此，「無 Al_2O_3 」的玻璃是其中並未主動添加或批次供應 Al_2O_3 至玻璃中的玻璃，但是，該 Al_2O_3 可以非常少量、作為雜質存在（例如，500、400、300、200、或100百萬分率（ppm）或更低）。

【0011】除非另外指定，否則所有組成物均按照莫耳百分比（莫耳%）表示。除非另有指定，否則熱膨脹係數（CTE）是以 $10^{-7}/^\circ\text{C}$ 表示，並且表示在 25°C 至 300°C 的溫度範圍內測量的值。低溫CTE（LTCTE）是在 25°C 下測量並且以 $10^{-7}/^\circ\text{C}$ 表示。高溫CTE（HTCTE）是在 300°C 下測量並且以 $10^{-7}/^\circ\text{C}$ 表示。LTCTE和HTCTE的總和以 $10^{-7}/^\circ\text{C}$ 表示。以克/ cm^3 表示的密度是透過阿基米德法

(ASTM C693) 測量。楊氏模數、剪切模數、和泊松比是透過 ASTM C623 標準測量。

玻璃組成

【0012】 在熱回火中，將玻璃產品加熱至接近軟化溫度，然後快速淬火。於是，該玻璃在冷卻期間會擁有比內部更低的表面溫度。將溫差保持到玻璃表面冷卻至室溫為止。因為玻璃中心更緩慢地冷卻到室溫，所以玻璃中心會收縮到更小的比容，同時表面層的高比容則保持不變。這造成表面壓縮層，該表面壓縮層賦予回火玻璃其強度。比容的差異是由於下述之組合：玻璃一旦冷卻後的熱膨脹差異，以及來自於表面及塊體之間的虛擬溫差。對於第一近似，熱回火玻璃中的應力分佈可以由簡單的拋物線表示，而表面壓縮應力的量級大約等於中心張力的兩倍。

【0013】 當熱回火的玻璃破裂時，與退火玻璃不同，該熱回火的玻璃會粉碎成類似岩鹽的碎片，這些碎片不具有尖銳邊緣或針狀形狀。這種表現對於其中必須有安全斷裂表面的情況特別有用，並且，基於此原因，將熱回火玻璃的斷裂表現特徵化是至關重要的。期望的斷裂表現被稱為「切割」，並且在玻璃達到完全回火時發生。回火玻璃的切割閾值是任意定義的斷裂表現，該表現在玻璃失效的情況下要能夠被視為是「安全的」。世界上存在一些標準，例如美國的 ASTM C1048 和 ANSI Z97.1，歐洲的 EN12150-1，俄羅斯的 GOST 5727-88，日本的 JIS R3206 和中國的 GB 15763.2（所有這些標準都透過引用

形式併入本文中)。各國的該等標準幾乎是相同的，對於大於 3 m m 的厚玻璃而言，要求回火的鈉鈣玻璃的碎片含有在 5 0 毫米 x 5 0 毫米的區域內至少 3 0 至 4 0 個碎片（1.6 個碎片 / 平方公分），而在較薄玻璃的情況下，日本標準特別是要求至少 6 0 個碎片。

【0014】 所關注的是，預測玻璃組成物在熱回火期間產生應力的能力。在形成更一般的表達時能做的最簡單的近似是，假設對於任何選擇的玻璃厚度和淬火速率的組合而言，由於熱應變形成的應力是可能的最大值的分數。因此，當從恆定黏度淬火時形成的壓縮回火應力的一般表達式可表示為：

$$\sigma_{cs} = C(h, t, \eta) \cdot \Psi(E, \alpha_{CTE}^s, \alpha_{CTE}^L, T_{soft}, T_{strain})$$

其中 α^s 是固體形式的玻璃的 CTE， α^L 是液體形式的玻璃的 CTE， T_{soft} 是軟化點溫度， T_{strain} 是應變點溫度，常數 Ψ 是稱作「回火能力參數」的材料性質，且代表若表面在淬火之後凍結時能夠形成的最大熱應變。該最大熱應變可以藉由熱膨脹的兩步積分（其為溫度和一般玻璃性質的函數）進行大致的估計。假設熱膨脹係數（CTE）從室溫到應變點皆為常數，且再從應變點到軟化仍恆定。考慮到這點，且假設室溫接近 0 °C，則更一般的「回火能力參數」能夠表示為：

$$\Psi = E \cdot [T_{strain} \cdot \alpha_{CTE}^s - \alpha_{CTE}^L \cdot (T_{soft} - T_{strain})]$$

其中 E 是以 GPa 表達，溫度是以 $^{\circ}C$ 給定， α 是以 $^{\circ}C^{-1}$ 表達。可以看出，此表達式含有使用玻璃態和液態表現之間的玻璃之應變點所計算的更一般形式的體積應變。

【0015】藉由測量給定玻璃的一些標準性質，若已知常數 $C(h, t, \eta)$ ，則可估計預期形成的回火應力。已經使用針對大範圍的已知組成物的模型化來評估此常數，並且由 Ψ 的計算，能夠快速地將各種玻璃組成物的相對回火能力相互比較。當計算各種玻璃組合物的回火能力時，該結果顯示，各種性質的組合夠達到相似的終點，並且玻璃在組成和性質方面的巨大差異在回火能力方面幾乎無法區別。

【0016】本文所揭露的玻璃具有高熱膨脹係數和高楊氏模數，並且能夠與熱回火製程一併使用而獲得與市售玻璃相比更為改良的回火。需要本文所述的玻璃，以滿足對於商用電子裝置、汽車、和建築應用的更強但更薄的熱強化玻璃的不斷增長的需求，其中需要耐用性及/或耐刮擦性，還有「安全」斷裂圖案。隨著玻璃變薄，變得更難以產生任何熱回火應力，且安全「切割」斷裂圖案所需的中央張力增加——而產生複合的挑戰。開發產生增強的回火應力的玻璃能有助於迎戰此挑戰。另外，該等玻璃也必須保持顯著的化學耐久性，因為它們可能長時間暴露於元素。

【0017】已經發現，回火能力參數 Ψ 為 0.8 或更高、0.85 或更高、或甚至 0.9 或更高的玻璃有能力增加熱回

火。在一些實施例中，為了改良回火能力，已發現低溫熱膨脹係數（LTCTE）應為 $5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更高。在一些實施例中，已發現高溫熱膨脹係數（HTCTE）應為 $27 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更高。在一些實施例中，已經發現，為了改良回火能力，LTCTE 和 HTCTE 的總和應該大於 $35 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、 $37 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或 $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 。本發明是一種具有高熱膨脹係數和楊氏模數的新穎玻璃組成物空間。在一些實施例中，已發現當楊氏模數大於 67 GPa 且回火能力因子大於或等於 0.75（市售鈉鈣玻璃的近似值）時，該玻璃組成物具有改良的回火能力。

【0018】 一些實施例中，該玻璃包括下述材料之組合： SiO_2 、 Na_2O 或 K_2O 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 或 ZnO 、及鹼土族氧化物。例如，實施例可包括：從 60 莫耳% 到 72 莫耳% SiO_2 （ $60 \text{ 莫耳} \% \leq \text{SiO}_2 \leq 72 \text{ 莫耳} \%$ ）；從大於 0 莫耳% Al_2O_3 （ $0 \text{ 莫耳} \% < \text{Al}_2\text{O}_3$ ）；從大於 0 莫耳% MgO （ $0 \text{ 莫耳} \% < \text{MgO}$ ）；從大於 0 莫耳% CaO （ $0 \text{ 莫耳} \% < \text{CaO}$ ）；6-16 莫耳% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ （ $6 \text{ 莫耳} \% \leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳} \%$ ）、0-16 莫耳% Na_2O （ $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳} \%$ ）；0-16 莫耳% K_2O （ $0 \text{ 莫耳} \% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳} \%$ ）；及 B_2O_3 或 ZnO 之一或多者，其中當存在 B_2O_3 時，該 B_2O_3 包括 1-10 莫耳%（ $1 \text{ 莫耳} \% \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 10 \text{ 莫耳} \%$ ）；且當存在 ZnO 時，該 ZnO 包括 3-8 莫耳%（ $3 \text{ 莫耳} \% \leq \text{ZnO} \leq 8 \text{ 莫耳} \%$ ）。可構成所實施的組成物的各種成分的額外態樣在下文中詳述。

【0019】 一些實施例中，該玻璃包括下述材料的組合： SiO_2 、 Na_2O 或 K_2O 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、及鹼土族氧化物。舉例而言，實施例可包括：從60莫耳%至65莫耳% SiO_2 （60莫耳% $\leq \text{SiO}_2 \leq$ 65莫耳%）；從5莫耳%至10莫耳% Al_2O_3 （5莫耳% $\leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq$ 10莫耳%）；從3莫耳%至10莫耳% MgO （3莫耳% $\leq \text{MgO} \leq$ 10莫耳%）；從5莫耳%至15莫耳% CaO （5莫耳% $\leq \text{CaO} \leq$ 15莫耳%）；8-15莫耳% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ （8莫耳% $\leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq$ 15莫耳%）；0-15莫耳% Na_2O （0莫耳% $\leq \text{Na}_2\text{O} \leq$ 15莫耳%）；0莫耳%至15莫耳% K_2O （0莫耳% $\leq \text{K}_2\text{O} \leq$ 15莫耳%）；及1.5莫耳%至6莫耳% B_2O_3 （1.5莫耳% $\leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq$ 6莫耳%）。

【0020】 替代性實施例可包括：從65莫耳%至70莫耳% SiO_2 （65莫耳% $\leq \text{SiO}_2 \leq$ 70莫耳%）；從>0莫耳%至5莫耳% Al_2O_3 （>0莫耳% $\leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq$ 5莫耳%）；從4莫耳%至8莫耳% MgO （4莫耳% $\leq \text{MgO} \leq$ 8莫耳%）；從7莫耳%至11莫耳% CaO （7莫耳% $\leq \text{CaO} \leq$ 11莫耳%）；9-14莫耳% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ （9莫耳% $\leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq$ 14莫耳%）；0-14莫耳% Na_2O （0莫耳% $\leq \text{Na}_2\text{O} \leq$ 14莫耳%）；0莫耳%至14莫耳% K_2O （0莫耳% $\leq \text{K}_2\text{O} \leq$ 14莫耳%）；及1莫耳%至6莫耳% B_2O_3 （1莫耳% $\leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq$ 6莫耳%）。

【0021】 尚有其他多個實施例可包括：從 65 莫耳 % 至 70 莫耳 % SiO_2 (65 莫耳 % $\leq \text{SiO}_2 \leq$ 70 莫耳 %) ；從 >0 莫耳 % 至 5 莫耳 % Al_2O_3 (>0 莫耳 % $\leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq$ 5 莫耳 %) ；從 5 莫耳 % 至 10 莫耳 % MgO (5 莫耳 % $\leq \text{MgO} \leq$ 10 莫耳 %) ；從 6 莫耳 % 至 13 莫耳 % CaO (6 莫耳 % $\leq \text{CaO} \leq$ 13 莫耳 %) ；10-16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (10 莫耳 % $\leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq$ 16 莫耳 %) ；2-16 莫耳 % Na_2O (2 莫耳 % $\leq \text{Na}_2\text{O} \leq$ 16 莫耳 %) ；0 莫耳 % 至 8 莫耳 % K_2O (0 莫耳 % $\leq \text{K}_2\text{O} \leq$ 8 莫耳 %) ；及 1 莫耳 % 至 6 莫耳 % B_2O_3 (1 莫耳 % $\leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq$ 6 莫耳 %) 。

【0022】 尚有其他多個實施例可包括：從 65 莫耳 % 至 72 莫耳 % SiO_2 (65 莫耳 % $\leq \text{SiO}_2 \leq$ 72 莫耳 %) ；從 4 莫耳 % 至 10 莫耳 % Al_2O_3 (4 莫耳 % $\leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq$ 10 莫耳 %) ；從 3 莫耳 % 至 10 莫耳 % MgO (3 莫耳 % $\leq \text{MgO} \leq$ 10 莫耳 %) ；從 >0 莫耳 % 至 13 莫耳 % CaO (0 莫耳 % $< \text{CaO} \leq$ 13 莫耳 %) ；10-16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (10 莫耳 % $\leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq$ 16 莫耳 %) ；10-16 莫耳 % Na_2O (10 莫耳 % $\leq \text{Na}_2\text{O} \leq$ 16 莫耳 %) ；0 莫耳 % 至 6 莫耳 % K_2O (0 莫耳 % $\leq \text{K}_2\text{O} \leq$ 6 莫耳 %) ；及 1.5 莫耳 % 至 8 莫耳 % B_2O_3 (1.5 莫耳 % $\leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq$ 8 莫耳 %) 。

【0023】 當 SiO_2 (以及 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 ZrO_2 與 SnO_2) 存在於玻璃中時，其為網絡形成劑。 SiO_2 是

玻璃的最大的氧化物成分，可納入 SiO_2 以提供高溫穩定性及化學耐用性。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 72 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 65 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 65 至 72 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 65-70 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 72 莫耳%、63 至 72 莫耳%、65 至 72 莫耳%、68 至 72 莫耳%、60 至 70 莫耳%、63 至 70 莫耳%、65 至 70 莫耳%、68 至 70 莫耳%、60 至 68 莫耳%、63 至 68 莫耳%、65 至 68 莫耳%、60 至 65 莫耳%、63 至 65 莫耳%、或 60 至 63 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃包括 60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、或 72 莫耳%的 SiO_2 。

【0024】 Al_2O_3 可影響玻璃的結構，且除此之外還會降低液線溫度與熱膨脹係數，或是增強應變點。一些實施例中，該玻璃能夠包括大於 0 莫耳%的 Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 12 莫耳%的 Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 5 莫耳%、4 至 10 莫耳%、5 至 10 莫耳% Al_2O_3 或 >0 至 3 莫耳% Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳% Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 12 莫耳%、>0 至 10 莫耳%、>0 至 8 莫耳%、>0 至 6 莫耳%、>0 至 4 莫耳%、>0 至 2 莫耳%、1 至 12 莫耳%、1 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、1 至 4 莫耳%、1 至 2

莫耳%、3 至 8 莫耳%、3 至 6 莫耳%、3 至 10 莫耳%、3 至 12 莫耳%、5 至 8 莫耳%、5 至 10 莫耳%、5 至 12 莫耳%、7 至 12 莫耳%、7 至 10 莫耳%、或 8 至 10 莫耳% Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 或 12 莫耳%的 Al_2O_3 。

【0025】 不受理論所限制，相信將 B_2O_3 併入本文所述的玻璃會影響熱膨脹係數(尤其是高溫下的熱膨脹係數)，且改良玻璃的可回火能力。一些實施例中，該玻璃能夠包括 1 莫耳%至 10 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 莫耳%至 8 莫耳%或從 1 莫耳%至 6 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 1.5 至 8 莫耳% B_2O_3 或 1.5 至 6 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 4 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 10 莫耳%、1.5 至 10 莫耳%、2 至 10 莫耳%、4 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1.5 至 8 莫耳%、2 至 8 莫耳%、4 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、1.5 至 6 莫耳%、2 至 6 莫耳%、4 至 6 莫耳%、1 至 4 莫耳%、1.5 至 4 莫耳%、2 至 4 莫耳%、1.5 至 3 莫耳%、或 1 至 3 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、>0、1、2、3、4、或 5 莫耳% B_2O_3 。

【0026】 可存在氧化鋅 (ZnO)，且該氧化鋅影響玻璃的性質，包括楊氏係數。一些實施例中，當存在 ZnO 時，該玻璃能夠包括 3 至 8 莫耳%的 ZrO_2 ，或在一些實

施例中，從 3 至 5 莫耳%的 ZnO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 3、4、5、6、7、或 8 莫耳%的 ZnO 。

【0027】不希望受理論所限制，但相信一些實施例中， ZnO 及 B_2O_3 皆可對材料性質有類似的效應。一些實施例中，當玻璃中存在 B_2O_3 時，該玻璃無 ZnO 。作為替代方案，一些實施例中，當玻璃中存在 ZnO 時，該玻璃無 B_2O_3 。

【0028】鹼土族氧化物可改良材料中的期望性質，包括影響楊氏模數及熱膨脹係數。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 莫耳%至約 20 莫耳% MO ($0 \text{ 莫耳}\% \leq MO \leq 20 \text{ 莫耳}\%$)，其中 M 是玻璃中鹼土族金屬 Mg 、 Ca 、 Sr 、及 Ba 的總和。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 18 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 16 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0 、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、或 20 莫耳% MO 。

【0029】一些實施例中，該玻璃能夠包括 MgO 、 CaO 、或 SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括大於 0 莫耳% MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 10 莫耳% MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 3 至 10 莫耳%、5 至 10 莫耳%、5 至 8 莫耳% MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 10 莫耳%、 >0 至 8 莫耳%、 >0 至 6 莫耳%、 >0 至 4 莫耳%、 >0 至 2 莫耳%、1 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、1 至 4 莫耳%、

1 至 2 莫耳 %、3 至 8 莫耳 %、3 至 6 莫耳 %、3 至 10 莫耳 %、5 至 8 莫耳 %、5 至 10 莫耳 %、7 至 10 莫耳 %、或 8 至 10 莫耳 % MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、或 10 莫耳 % MgO 。

【0030】 一些實施例中，該玻璃能夠包括大於 0 莫耳 % CaO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 15 莫耳 % CaO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 5 莫耳 %、6 至 13 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、7 至 13 莫耳 %、7 至 11 莫耳 %、8 至 12 莫耳 % CaO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 15 莫耳 %、>0 至 13 莫耳 %、>0 至 11 莫耳 %、>0 至 9 莫耳 %、>0 至 7 莫耳 %、>0 至 5 莫耳 %、1 至 15 莫耳 %、1 至 13 莫耳 %、1 至 11 莫耳 %、1 至 9 莫耳 %、1 至 7 莫耳 %、1 至 5 莫耳 %、3 至 15 莫耳 %、3 至 13 莫耳 %、3 至 11 莫耳 %、3 至 9 莫耳 %、3 至 7 莫耳 %、3 至 5 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、5 至 13 莫耳 %、5 至 11 莫耳 %、5 至 9 莫耳 %、5 至 7 莫耳 %、7 至 15 莫耳 %、7 至 13 莫耳 %、7 至 11 莫耳 %、7 至 9 莫耳 %、9 至 15 莫耳 %、9 至 13 莫耳 %、9 至 11 莫耳 %、11 至 15 莫耳 %、或 11 至 13 莫耳 % CaO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、或 15 莫耳 % CaO 。

【0031】 一些實施例中可存在 SrO ，且這樣的實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 5 莫耳 % SrO 。一些實施例

中，該玻璃能夠包括從約 >0 至 3.5 莫耳 % SrO 或 0.2 至 3 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 4 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.2 至 5 莫耳 %、0.2 至 4 莫耳 %、0.2 至 3 莫耳 %、0.2 至 2 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、 >0 至 4 莫耳 %、 >0 至 3 莫耳 %、 >0 至 2 莫耳 %、1 至 5 莫耳 %、1 至 4 莫耳 %、或 1 至 3 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、或 5 莫耳 % SrO 。

【0032】 Na_2O 及 K_2O 可改良玻璃的回火能力，且影響特別是低溫時的熱膨脹係數。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 15 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 10 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 2 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 %、0 至 15 莫耳 %、0 至 14 莫耳 %、0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 5 莫耳 %、 >0 至 16 莫耳 %、 >0 至 15 莫耳 %、 >0 至 14 莫耳 %、 >0 至 10 莫耳 %、 >0 至 8 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、2 至 16 莫耳 %、2 至 15 莫耳 %、2 至 14 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、2 至 5 莫耳 %、5 至 16 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、5 至 14 莫耳 %、5 至 10 莫耳 %、5 至 8 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、或 10 至 14 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻

璃能夠包括 0、>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % Na_2O 。

【0033】 一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 15 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0 至 8 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0 至 6 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 %、0 至 15 莫耳 %、0 至 14 莫耳 %、0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 5 莫耳 %、>0 至 16 莫耳 %、>0 至 15 莫耳 %、>0 至 14 莫耳 %、>0 至 10 莫耳 %、>0 至 8 莫耳 %、>0 至 5 莫耳 %、2 至 16 莫耳 %、2 至 15 莫耳 %、2 至 14 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、2 至 5 莫耳 %、5 至 16 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、5 至 14 莫耳 %、5 至 10 莫耳 %、5 至 8 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、或 10 至 14 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0、>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % K_2O 。

【0034】 一些實施例中，鹼 Na_2O 及 K_2O 的總量對玻璃性質而言是重要的。一些實施例中，該玻璃能夠包括 6 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 8 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 8 至 15 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 10 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。

一些實施例中，該玻璃能夠包括 9 至 14 莫耳 % Na_2O + K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 6 至 16 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、6 至 15 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、6 至 14 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、10 至 14 莫耳 %、6 至 12 莫耳 %、8 至 12 莫耳 %、10 至 12 莫耳 %、6 至 10 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、或 6 至 8 莫耳 % Na_2O + K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % Na_2O + K_2O 。

【0035】 Na_2O 能夠在玻璃中用於離子交換及化學回火。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 莫耳 % 至約 5 莫耳 % Na_2O (0 莫耳 % $\leq \text{Na}_2\text{O} \leq$ 5 莫耳 %)。一些實施例中，該玻璃能夠包括從大於 0 至 5 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 0 至 3 莫耳 % Na_2O 或 >0 至 3 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳 %、0 至 4 莫耳 %、0 至 3 莫耳 %、0 至 2 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、 >0 至 4 莫耳 %、 >0 至 3 莫耳 %、 >0 至 2 莫耳 %、1 至 5 莫耳 %、1 至 4 莫耳 %、或 1 至 3 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、或 5 莫耳 % Na_2O 。

【0036】 K_2O 也可用於離子交換，且可存在於玻璃中，其量為從 0 莫耳 % 至約 10 莫耳 % K_2O (0 莫耳 % $\leq \text{K}_2\text{O} \leq$ 10 莫耳 %)。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至

10 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 0 至 5 莫耳 % K_2O 或 >0 至 3 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 5 莫耳 %、0 至 4 莫耳 %、0 至 3 莫耳 %、>0 至 10 莫耳 %、>0 至 8 莫耳 %、>0 至 5 莫耳 %、>0 至 3 莫耳 %、1 至 10 莫耳 %、1 至 8 莫耳 %、1 至 5、1 至 4 莫耳 %、1 至 3 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、或 2 至 4 K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、或 10 莫耳 % K_2O 。

【0037】 鹼土族氧化物可提供玻璃中離子交換的優點，並且改良材料中的其他性質。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 莫耳 % 至約 10 莫耳 % MO ($0 \text{ 莫耳 \%} \leq MO \leq 10 \text{ 莫耳 \%}$)、其中 M 是玻璃中鹼土族金屬 Mg 、 Ca 、 Sr 、及 Ba 的總和。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 8 莫耳 % MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳 % MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 8 莫耳 % MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 6 莫耳 %、0 至 4 莫耳 %、1 至 10 莫耳 %、1 至 8 莫耳 %、1 至 6 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、或 2 至 6 莫耳 % MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、或 10 莫耳 % MO 。

【0038】 一些實施例中，上文的該等玻璃進一步包括著色成分。該著色成分可包括例如： Fe_2O_3 、 V_2O_5 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 MnO_2 、 NiO 、 ZnO 、 CuO 、 NiO 、 Co_3O_4 、稀土族氧化物、及上述材料之組合。一些實施例中，著色成分的總莫耳%為從0至4莫耳%、0至3莫耳%、0至2莫耳%、0至1莫耳%、>0至0.1、>0至0.5、>0至1、>0至2、>0至3、或>0至4莫耳%。

【0039】 可將額外的成分納入玻璃中，以提供額外的益處，或該額外的成分可併入作為一般會在商業上製備的玻璃中見到的雜質。舉例而言，能夠將額外成分作為澄清劑及/或為了其他目的而添加，該澄清劑例如用於助於從用於生產玻璃的熔融批料中移除氣態內含物（inclusion）。一些實施例中，該玻璃可包括可用做紫外線輻射吸收劑的一或多種化合物。一些實施例中，該玻璃能夠包括3莫耳%或更少的 MnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、Cl、Br、或上述材料之組合。一些實施例中，該玻璃能夠包括從0至約3莫耳%、0至約2莫耳%、0至約1莫耳%、0至0.5莫耳%、0至0.1莫耳%、0至0.05莫耳%、或0至0.01莫耳%的 MnO 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、Cl、Br、或上述材料之組合。一些實施例中，該玻璃能夠包括從0至約3莫耳%、0至約2莫耳%、0至約1莫耳%、0至約0.5莫耳%、0至約0.1莫耳%、0至約0.05莫耳%、或0至約

0.01 莫耳 % 的 SnO_2 或 Fe_2O_3 、或上述材料之組合。根據一些實施例中，該等玻璃也能夠包括與批料相關及 / 或透過用於生產玻璃的熔融、澄清、及 / 或成形設備而引入玻璃中的各種雜質。

【0040】 用於形成所實施之玻璃的前驅物玻璃的非限制性範例列在表 1 中，其中該等成分的值是以莫耳 % 所表列。

表 1

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	A	B	C	D	E	F	G
SiO_2 (莫耳%)	70.06	68.10	67.22	65.43	67.11	69.03	68.48	60.40
B_2O_3 (莫耳%)	0.00	1.77	3.41	5.34	4.31	3.13	5.06	1.98
Al_2O_3 (莫耳%)	1.17	0.95	0.96	0.96	0.99	1.01	0.97	8.71
MgO (莫耳%)	6.49	6.77	6.56	6.54	6.69	6.78	4.03	6.63
CaO (莫耳%)	8.69	9.06	9.01	8.98	9.21	9.44	8.95	9.11
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O (莫耳%)	13.33	12.86	12.40	12.32	6.39	0.02	12.11	12.60
K_2O (莫耳%)	0.25	0.50	0.43	0.43	5.30	10.60	0.40	0.47
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO_2 (莫耳%)	0.22	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.09
LTCTE ($10^{-7}/^\circ\text{C}$)	8.8	8.65	8.47	8.42	8.47	8.16	8.20	8.4
HTCTE ($10^{-7}/^\circ\text{C}$)	27.0	33.80	39.20	44.60	43.50	31.90	43.00	32.40
楊氏模數(GPa)	72.0	76.2	77.2	79.2	76.0	78.8	78.3	78.4
剪切模數(GPa)	-	31.2	31.9	32.2	31.0	32.3	32.1	32.0
泊松比	-	0.219	0.212	0.229	0.225	0.222	0.219	0.226
應變點 ($^\circ\text{C}$)	507	512	521	522	532	598	526	557
退火點 ($^\circ\text{C}$)	549	550	557	557	569	643	563	598
軟化點 ($^\circ\text{C}$)	728	714	713	705	733	829	716	774
密度 (g/cm^3)	2.540	2.519	2.528	2.535	2.509	2.471	2.519	2.539
SOC (TPa^{-1})	2.720	2.730	2.698	2.696	2.728	2.820	2.769	2.868
折射率	1.520	1.5236	1.5267	1.5292	1.5247	1.5172	1.5260	1.5272
VFT - a	-	-1.469	-1.103	-1.086	-1.601	-1.736	-1.234	-1.881
VFT - b	-	3794.1	3054.6	2868.8	3916.3	4270.5	3207.9	4625.2
VFT - T_0	-	301.9	367.7	379.2	313.1	376.8	352.2	286.4
液線黏度 (泊)	-	11088	7677	4886	20712	40459	29243	--
回火能力, ψ	0.75	0.86	0.92	0.99	1.01	0.96	0.98	0.94
HTCTE + LTCTE ($10^{-7}/^\circ\text{C}$)	35.8	42.45	47.67	53.02	51.97	40.06	51.2	40.8

表 1 (續)

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	H	I	J	K	L	M	N
SiO_2 (莫耳%)	70.06	58.76	56.86	57.23	57.70	59.66	70.39	70.50

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	H	I	J	K	L	M	N
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	3.73	5.52	5.24	5.03	5.53	7.77	9.76
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	9.05	9.13	9.19	9.18	9.01	5.99	3.98
MgO (莫耳%)	6.49	6.52	6.50	6.52	6.45	3.94	7.23	7.03
CaO (莫耳%)	8.69	9.09	9.00	9.16	9.02	8.75	0.06	0.06
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	12.32	12.44	6.52	0.10	12.54	8.47	8.57
K ₂ O (莫耳%)	0.25	0.46	0.45	6.06	12.44	0.48	0.01	0.01
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.05	0.05
LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	8.8	8.32	8.36	8.93	8.89	8.25	5.89	5.79
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	34.00	27.90	36.00	27.00	42.00	28.07	32.70
楊氏模數(GPa)	72.0	78.3	78.3	75.8	68.0	77.6	69.71	70.74
剪切模數(GPa)	-	31.9	31.8	30.6	27.6	31.6	28.89	29.44
泊松比	-	0.226	0.232	0.238	0.229	0.229	0.206	0.202
應變點 (°C)	507	543	536	541	589	537	543	532
退火點 (°C)	549	584	576	583	634	577	587	575
軟化點(°C)	728	757	740	758	--	742	812	766
密度 (g/cm ³)	2.540	2.536	2.535	2.52	2.486	2.521	2.363	2.363
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	2.783	2.792	2.843	2.861	2.737	3.398	3.345
折射率	1.520	1.528 ₉	1.5298	1.5266	1.5212	1.5264	1.4951	1.4964
VFT - a	-	-1.51 ₄	-1.345	-1.994	-2.387	-1.441	-3.154	-2.402
VFT - b	-	3916. ₁	3518.8	4730.7	5460.2	3873	9067.9	7058.4
VFT – T ₀	-	335.4	354.3	271.2	296	319.3	-54.2	44.4
回火能力, ψ	0.75	0.94	0.94	0.81	0.99	0.82	0.75	0.76
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	42.32	36.26	44.93	35.89	50.25	33.96	38.49

表 1（續）

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	O	P	Q	R	S	T	U
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	70.53	70.70	70.71	70.55	63.11	62.26	63.12
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	7.80	9.67	7.62	7.77	0	0	0
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	6.02	4.01	3.99	4.00	11.58	11.41	10.58
MgO (莫耳%)	6.49	4.97	5.06	7.01	8.98	0.00	0.00	0.00
CaO (莫耳%)	8.69	0.04	0.04	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	10.54	10.42	10.51	8.54	16.43	16.81	16.41
K ₂ O (莫耳%)	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	1.88	1.94	1.89
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93	3.12	1.94
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
LTCTE ((10 ⁻⁷ /°C)	8.8	6.47	6.39	6.57	5.88	10.3	10.31	10.19
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	34.44	34.01	35.99	32.70	17.62	18.82	17.30
楊氏模數(GPa)	72.0	70.05	71.50	72.19	71.91	66.19	67.78	65.22
剪切模數(GPa)	-	29.23	29.79	29.99	29.85	27.44	27.99	27.03
泊松比	-	0.198	0.201	0.203	0.203	0.206	0.21	0.207
應變點 (°C)	507	532	522	531	545	615	605	628
退火點 (°C)	549	576	564	573	584	672	661	688
軟化點(°C)	728	778	748	758	780	912	927	911

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	O	P	Q	R	S	T	U
密度 (g/cm ³)	2.540	2.379	2.383	2.393	2.379	2.432	2.459	2.414
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	3.287	3.284	3.225	3.289	3.104	3.108	3.107
折射率	1.520	1.497	1.4982	1.4991	1.4982	1.4902	1.4948	1.4862
VFT - a	-	-2.120	-1.385	-2.166	-2.528	-2.656	-2.515	-1.732
VFT - b	-	6504.5	4601.5	6190.8	7167.1	7560.6	7279.9	5405.9
VFT - T ₀	-	89.2	231.8	112.9	62.2	90.7	109.2	273.5
回火能力, ψ	0.75	0.84	0.79	0.84	0.78	0.77	0.83	0.75
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	40.91	40.4	42.56	38.58	27.92	29.13	27.49

表 1（續）

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	V	W	X	Y	Z
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	63.29	60.87	65.43	62.23	62.53
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	16.86	5.90	5.98
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	9.58	11.52	3.7	0.96	0.96
MgO (莫耳%)	6.49	0.00	0.00	0.00	6.49	6.37
CaO (莫耳%)	8.69	0.00	0.00	0.00	9.07	8.96
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	16.34	16.63	6.47	12.79	12.64
K ₂ O (莫耳%)	0.25	1.90	1.87	0	0.47	0.46
ZnO (莫耳%)	0.00	2.93	2.94	0	0.00	0.00
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.05	0.05	0.05	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃ (莫耳%)					0.03	0.05
TiO ₂ (莫耳%)					1.96	1.93
LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	8.8	10.45	10.08	6.22		
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	17.02	18.00	39.36		
楊氏模數(GPa)	72.0	65.64	65.84	78.53		
剪切模數(GPa)	-	27.37	27.17	32.41		
泊松比	-	0.199	0.213	0.212		
應變點 (°C)	507	638	612	492		
退火點 (°C)	549	700	671	527		
軟化點(°C)	728	931	907	673		
密度 (g/cm ³)	2.540	2.425	2.442	2.432		
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	3.149	3.149	3.105		
折射率	1.520	1.4867	1.4903	1.5116		
VFT - a	-	-0.116	-2.665	-0.779		
VFT - b	-	2364	7338.2	2734.7		
VFT - T ₀	-	629.2	118.9	347.9		
回火能力, ψ	0.75	0.78	0.76	0.79		
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	27.47	28.08	45.58		

【0041】 除了擁有高破裂韌度之外，本文所述之玻璃能夠擁有色彩及透明度/半透明度性質，而使得他們有利於許多應用。一或多個實施例的玻璃可展現實質上白色、白色透明、金色、或琥珀色、或是其他顏色。一些實施例中，

該等玻璃展現以 S C E 顏色空間座標呈現的顏色（是使用分光光度儀從反射光譜測量決定，排除發光體 D 6 5 及鏡面反射），其範圍如下： a^* = 從約 - 5 至約 - 1； b^* = 從約 5 至約 18；以及 $L^* > 83$ 。一些應用中，該等玻璃是透明的且量化而言在顏色上為白色至黃棕色，且在光伏應用上受到特定關注。

【0042】 表 2 中顯示顏色樣本。該表的前四欄有細線 P V 單元的顏色座標，以及當玻璃在 P V 單元之頂部上時的顏色座標（玻璃厚度是 2 m m 或 4 m m）。後四欄是玻璃本身的顏色座標。

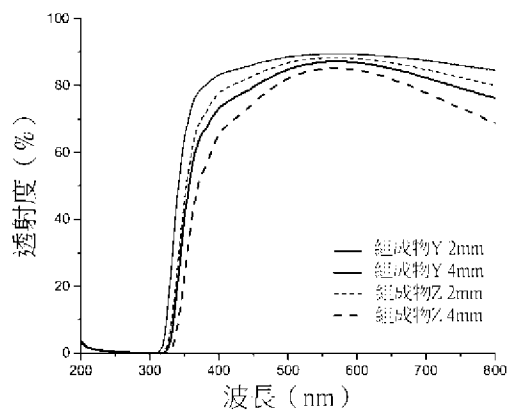
SCE 顏色座標	L*	a*	b*		SCE 顏色座標	L*	a*	b*
PV 單元細線	19.09	8.43	-14.12					
組成物 Y (2mm)	15.03	6.14	-8.62		組成物 Y (2mm)	86.76	-2.51	9.14
組成物 Y (4mm)	13.69	4.48	-5.54		組成物 Y (4mm)	82.63	-4.48	15.11
組成物 Z (2mm)	14.96	7	-10.28		組成物 Z (2mm)	88.07	-1.72	6.72
組成物 Z (4mm)	13.73	5.56	-7.65		組成物 Z (4mm)	84.43	-3.32	12.21
SCI 顏色	L*	a*	b*		SCI 顏色座標	L*	a*	b*
PV 單元細線	19.25	7.99	-13.28					
組成物 Y (2mm)	38.56	1.66	-2.85		組成物 Y (2mm)	91.89	-2.4	8.72
組成物 Y (4mm)	37.43	0.66	-0.52		組成物 Y (4mm)	87.81	-4.3	14.47
組成物 Z (2mm)	38.04	1.23	-1.72		組成物 Z (2mm)	93.2	-1.61	6.31
組成物 Z (4mm)	38.76	2.11	-4		組成物 Z (4mm)	89.63	-3.19	11.59

其中 L^* 指示亮度， a^* 是紅 / 綠座標，而 b^* 是黃 / 藍座標。 L^* 、 a^* 、 b^* 的 Δ 值（ ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ）可為正值（+）或負值（-）。從鏡面反射排除（S C E）顏色座標來看，所有的玻璃都使 P V 單元更暗，且將顏色移動至較不紅且較不藍。當與 P V 單元相組合時，較不藍的顏色對於外觀而言在美學上是更受期望的。

【0043】 如圖表 1 所示，對於所有玻璃而言，可見光（390 至 700 n m）的透射度超過 60%，且大致上在中間

處（約 550 nm）超過 80 %。大致上，太陽能電池是由 N 型及 P 型半導體材料所製成，該等材料使用 380 nm 至 750 nm 的可見光波長生成電能。因此，具有所實施的顏色成分（例如，最暗的顏色，為組成物 Z，4 mm）的這些玻璃不會顯著地減少太陽能電池的效能。

圖表 1



【0044】 在一些實施例中，能夠將該玻璃強化，以包括從該玻璃之表面延伸到壓縮深度（DOC）的壓縮應力（CS）。該等壓縮應力區域由顯現拉張應力的中心部分所平衡。在DOC，應力從正（壓縮）應力跨越到負（拉張）應力。

【0045】 作為熱回火的替代方案，本文揭露的玻璃可藉由浸泡在至少一種離子交換浴中進行離子交換，該離子交換浴含有至少一種鹼金屬（諸如鋰、鈉、或鉀）的熔融鹽類（例如硝酸鹽、硫化物、鹵化物、或類似物）。離子交換常用於化學強化玻璃。在一個特定範例中，在這類陽離子源（例如，熔融鹽浴，或「離子交換」浴）中的鹼陽離子與玻璃內的較小的鹼陽離子交換，以達成在壓縮應力

(CS) 下的層，該層從玻璃表面延伸到玻璃相內的壓縮深度 (DOC)。舉例而言，來自陽離子源的鉀離子通常與玻璃相內的鈉及/或鋰離子交換，且 K^+ 濃度分佈曲線與壓縮應力和層深度相關。該離子交換浴可含有單一鹼金屬的鹽類 (或多種鹽類) (例如，Li、Na、或K的硫化物、硝酸鹽、或鹵化物)，或兩種或更多種鹼金屬的鹽類 (例如鋰及鈉的硫化物、硝酸鹽或鹵化物，或是鈉和鉀的硫化物、硝酸鹽、或鹵化物)。離子交換是在離子交換浴中於約 390 °C 至約 550 °C 的溫度下進行達到範圍從約 0.5 小時至約 24 小時的時間。

【0046】 在一些實施例中，玻璃經離子交換，且具有從表面延伸至壓縮深度 (DOC) 的壓縮層，該壓縮深度為至少約 10 μm ；或者，在一些實施例中，該壓縮層進入玻璃達至少約 30 μm ，或在一些實施例中，以厚度 (表面到中心) 測量，進入玻璃中多達約 10 %、15 %、20 %、或 25 %。在一些實施例中，壓縮層從玻璃表面延伸至多達玻璃厚度的約 20 % 的深度。在一些實施例中，可將玻璃強化而顯現範圍從 250 MPa 至 800 MPa (或更大) 的表面壓縮應力。

【0047】 在強化玻璃中，壓縮層的深度可由電子探針、輝光放電發射光譜法 (GDOES，該技術為，用於透過偵測來自因濺射而容納在電漿中的原子的發射而測量固體樣本中的組成元素的深度分佈曲線)、或類似技術決定，所述的類似技術要能夠提供與深度相關的組成數據，其中

數據會顯示表面處鉀及/或鈉的併入（其中 Na^+ 取代玻璃相中的 Li^+ ）。前驅物玻璃的DOC可以藉由表面應力計（FSM）使用市售儀器（諸如日本的折原工業公司所製造的FSM-6000）測量。表面應力測量依賴應力光學係數（SOC）的精確測量，該係數與玻璃的雙折射相關。SOC轉而透過本領域中已知的那些方法測量，例如纖維和四點彎曲方法，上述兩者都描述於ASTM標準C770-98（2013）中，標題為「玻璃應力測量的標準測試方法——光學係數」，該文件之內容以引用方式整體併入本文中；另外，也可用塊體圓柱方法測量。CS也可以透過FSM測量。如本文所用，CS可以是「最大壓縮應力」，其為在壓縮應力層內測量的最高壓縮應力值。在一些實施例中，最大壓縮應力位於玻璃表面。在其他實施例中，最大壓縮應力可發生在表面下方的一深度處，使壓縮分佈曲線有「包埋峰」的外觀。

【0048】 本文揭露的熱或化學強化玻璃或製品可以併入到另一製品中，該製品諸如具有顯示器之製品（或顯示製品）（例如，消費型電子產品，包括行動電話，平板電腦、電腦、導航系統、及類似物）、建築製品（例如，窗戶、天窗、屋頂板）、運輸製品（例如，汽車、火車、飛機、海輪等）、家用製品，或任何會受益於透明度、耐刮擦性、耐磨損性的製品，或上述製品之組合。在其他實施例中，玻璃形成消費型電子產品的一部分，例如手機或智慧型手機、膝上型電腦、平板電腦、或類似物。這類消費

型電子產品一般包括外殼，該外殼具有前表面、後表面和側表面，並且該產品包括電子部件，例如電源、控制器、記憶體、顯示器、及類似物，上述部件至少部分地位於外殼內部。在一些實施例中，本文所述的玻璃包含保護性元件的至少一部分，例如但不限於消費型電子產品的外殼及/或顯示器。

製作玻璃的製程

【0049】 具有表1中列出的氧化物含量的玻璃可以透過傳統方法製備。舉例而言，在一些實施例中，前驅物玻璃可以透過徹底地混合必須的批料（例如，使用湍流混合器）來形成，以確保均質的熔體，並且隨後放入二氧化矽和/或鉑坩堝中。能夠將坩堝放入熱爐中，並且將玻璃批料熔融且保持在範圍為1250至1650℃的溫度，達約6-16小時的時間。然後，可將熔體倒入鋼模中，而產生玻璃厚片（glass slab）。隨後，這些厚片可立即轉移到在約500至650℃下操作的退火器，其中將該玻璃保持在該溫度下達約1小時，之後冷卻過夜。在另一個非限制性範例中，藉由將適當的氧化物和礦物源乾混合（dry blend）達充分時間以徹底混合各成分，而製備前驅物玻璃。將玻璃在鉑坩堝中於約1100℃至約1650℃的溫度下熔融，並在該溫度下保持約16小時。隨後，將所得的玻璃熔體倒在鋼桌上而進行冷卻。然後，將前驅物玻璃在適當的溫度下退火。

【0050】 使用習知製程達成所實施的玻璃的回火，其中玻璃是在輻射能熱爐中或是對流熱爐（或是使用兩者技術的「組合模式」熱爐）中加熱到預定溫度，之後氣體冷卻（「淬火」），一般是藉由抵靠玻璃表面或沿著玻璃表面吹送大量環境空氣而進行對流。

範例

【0051】 可以如本文所述般製作所實施的玻璃。將 Glaverbel 鈉鈣玻璃（SLG）的性質與所實施的玻璃的性質進行比較。玻璃的性質顯示於表 1 中。此外，表 3 中將表面壓縮組成物 C 與 Glaverbel SLG 就 1 mm 厚的玻璃厚片進行比較。在相當的回火條件下，組成物 C 顯示出 0.99 的回火能力，比 SLG 高約 32%，且能夠獲得 145 MPa 表面壓縮，相較下，SLG 為 105 MPa。

表 2

玻璃	ψ	$H\text{ (cal/(cm}^2\text{-s-K))}$	$T_0\text{ (}^\circ\text{C)}$	厚度(mm)	表面壓縮(MPa)
Glaverbel	0.75	0.039	690	1.05	105
組成物 C	0.99	0.039	680	1.03	145

【0052】 雖已為了說明之目的而提出典型的實施例，但是前文的敘述不應被視為對本案揭露內容或所附的申請專利範圍之範疇有所限制。因此，在不背離本案揭露內容或所附的申請專利範圍的精神和範疇的情況下，發明所屬技術領域中具有通常知識者可想到各種修改、調適、和替代方案。

【符號說明】

【 0 0 5 3 】

無

【生物材料寄存】

【 0 0 5 4 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 5 5 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無



201920028

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有改良回火能力之玻璃

【英文發明名稱】GLASSES WITH IMPROVED TEMPERING CAPABILITIES

【中文】

本案揭露內容關於具有改良熱回火能力的玻璃組成物。所揭露的玻璃組成物具有高的熱膨脹係數及楊氏模數，且能夠達成高表面壓縮。也提供製作此類玻璃的方法。

【英文】

The disclosure relates to glass compositions having improved thermal tempering capabilities. The disclosed glass compositions have high coefficients of thermal expansion and Young's moduli, and are capable of achieving high surface compressions. A method of making such glasses is also provided.

【指定代表圖】無。

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種玻璃組成物，包括：

60至72莫耳%的 SiO_2 ；

大於0莫耳%的 Al_2O_3 ；

大於0莫耳%的 MgO ；

大於0莫耳%的 CaO ；

6至16莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；

0至16莫耳%的 Na_2O ；

0至16莫耳%的 K_2O ；以及

B_2O_3 或 ZnO 之一或多者，其中：

當 B_2O_3 存在時，包括1至10莫耳%的 B_2O_3 ；及

當 ZnO 存在時，包括3至8莫耳%的 ZnO 。

【第2項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括>0至10莫耳%的 MgO 。

【第3項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括>0至12莫耳%的 Al_2O_3 。

【第4項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括>0至15莫耳%的 CaO 。

【第5項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括8至16莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。

【第6項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括>0至15莫耳%的 Na_2O 。

【第7項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括1.5至8莫耳%的 B_2O_3 ，且無 ZnO 。

【第8項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括3至8莫耳%的 ZnO ，且無 B_2O_3 。

【第9項】 如請求項1所述之玻璃組成物，其中該玻璃組成物具有在 $25^{\circ}C$ 測量的低溫熱膨脹係數(LTCTE)以及在 $300^{\circ}C$ 測量的高溫熱膨脹係數(HTCTE)，且其中該LTCTE與該HTCTE之總和為 $35 \times 10^{-7}/^{\circ}C$ 或更大。

【第10項】 如請求項9所述之玻璃組成物，其中該LTCTE與該HTCTE之總和為 $37 \times 10^{-7}/^{\circ}C$ 或更大。

【第11項】 如請求項9所述之玻璃組成物，其中該LTCTE與該HTCTE之總和為 $40 \times 10^{-7}/^{\circ}C$ 或更大。

【第12項】 如請求項1所述之玻璃組成物，其中該玻璃組成物具有回火能力(temperability) ψ ，且該回火能力 ψ 等於或大於0.80。

【第13項】 如請求項12所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於0.85。

【第14項】 如請求項12所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於0.90。

【第15項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括：

60至65莫耳%的 SiO_2 ；

5至10莫耳%的 Al_2O_3 ；

3至10莫耳%的 MgO ；

5至15莫耳%的 CaO ；

8至15莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；

0至15莫耳%的 Na_2O ；

0至15莫耳%的 K_2O ；以及

1.5至6莫耳%的 B_2O_3 ；

其中該玻璃組成物具有在 25°C 測量的低溫熱膨脹係數（LTCTE）以及在 300°C 測量的高溫熱膨脹係數（HTCTE），其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $35 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大；並且

該玻璃組成物具有回火能力 ψ ，且該回火能力 ψ 等於或大於 0.80。

【第16項】 如請求項15所述之玻璃組成物，其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大。

【第17項】 如請求項15所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於 0.90。

【第18項】 如請求項1所述之玻璃組成物，包括：

65至72莫耳%的 SiO_2 ；

4 至 10 莫耳 % 的 Al_2O_3 ；
 3 至 10 莫耳 % 的 MgO ；
 > 0 至 5 莫耳 % 的 CaO ；
 10 至 16 莫耳 % 的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；
 10 至 16 莫耳 % 的 Na_2O ；
 0 至 10 莫耳 % 的 K_2O ；以及
 1.5 至 8 莫耳 % 的 B_2O_3 ；

其中該玻璃組成物具有在 25°C 測量的低溫熱膨脹係數 (LTCTE) 以及在 300°C 測量的高溫熱膨脹係數 (HTCTE) ，其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大；並且

該玻璃組成物具有回火能力 ψ ，且該回火能力 ψ 等於或大於 0.80 。

【第 19 項】 如請求項 18 所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於 0.90 。

【第 20 項】 如請求項 1 所述之玻璃組成物，包括：

65 至 70 莫耳 % 的 SiO_2 ；
 > 0 至 5 莫耳 % 的 Al_2O_3 ；
 5 至 10 莫耳 % 的 MgO ；
 6 至 13 莫耳 % 的 CaO ；
 10 至 16 莫耳 % 的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；
 2 至 16 莫耳 % 的 Na_2O ；

0 至 8 莫耳 % 的 K_2O ；

1 至 6 莫耳 % 的 B_2O_3 ； 且

其中該玻璃組成物具有在 $25^{\circ}C$ 測量的低溫熱膨脹係數 (LTCTE) 以及在 $300^{\circ}C$ 測量的高溫熱膨脹係數 (HTCTE) ， 其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $40 \times 10^{-7} / ^{\circ}C$ 或更大 ； 並且

該玻璃組成物具有回火能力 ψ ， 且該回火能力 ψ 等於或大於 0.80 。

【第 21 項】 如請求項 20 所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於 0.90 。

【第 22 項】 如請求項 1 所述之玻璃組成物，包括：

65 至 70 莫耳 % 的 SiO_2 ；

>0 至 5 莫耳 % 的 Al_2O_3 ；

4 至 8 莫耳 % 的 MgO ；

7 至 11 莫耳 % 的 CaO ；

9 至 14 莫耳 % 的 $Na_2O + K_2O$ ；

0 至 14 莫耳 % 的 Na_2O ；

0 至 14 莫耳 % 的 K_2O ；

1 至 6 莫耳 % 的 B_2O_3 ； 且

其中該玻璃組成物具有在 $25^{\circ}C$ 測量的低溫熱膨脹係數 (LTCTE) 以及在 $300^{\circ}C$ 測量的高溫熱膨脹係數 (HTCTE) ， 其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總

和為 $35 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大；並且

該玻璃組成物具有回火能力 ψ ，且該回火能力 ψ 等於或大於 0.80。

【第 23 項】 如請求項 22 所述之玻璃組成物，其中該回火能力 ψ 等於或大於 0.90。

【第 24 項】 如請求項 22 所述之玻璃組成物，其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $37 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大。

【第 25 項】 如請求項 22 所述之玻璃組成物，其中該 LTCTE 與該 HTCTE 之總和為 $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更大。

【第 26 項】 如請求項 1 所述之玻璃組成物，進一步包括：一著色成分（coloring component）。

【第 27 項】 如請求項 26 所述之玻璃組成物，其中該著色成分包括： Fe_2O_3 、 V_2O_5 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 MnO_2 、 NiO 、 ZnO 、 CuO 、 NiO 、 Co_3O_4 、或上述成分之組合。

【第 28 項】 如請求項 26 所述之玻璃組成物，其中該著色成分的總莫耳%為從 0 至 4 莫耳%。

【第 29 項】 如請求項 26 所述之玻璃組成物，其中該玻璃組成物顯現一顏色，該顏色是以 SCE 顏色空間座標呈現，具有下述值： a^* = 從約 -5 至約 -1； b^* = 從約 5

至約 18；以及 $L^* > 83$ 。

【第 30 項】 如請求項 26 所述之玻璃組成物，其中當該玻璃組成物輥軋（roll）成 2 mm 厚的厚片（slab）時，該玻璃組成物具有一透射度，且其中該透射度在 575 nm 大於 80%。

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有改良回火能力之玻璃

【英文發明名稱】GLASSES WITH IMPROVED TEMPERING CAPABILITIES

【技術領域】

【0001】 本申請案依照專利法主張美國臨時申請案第 62/549,507 號的優先權權益，該美國臨時申請案於 2017 年 8 月 24 日提出申請，本案仰賴其內容且該申請案之內容以其全體透過參考形式併入本文。

【0002】 本案揭露內容關於高度可回火的玻璃組成物。更特定而言，本案揭露內容關於相較於一般的鈉鈣玻璃（soda lime glass）具有改良回火的玻璃。甚至更特定而言，本案揭露內容關於有高熱膨脹係數及高楊氏模數而與熱回火製程一併使用的玻璃組成物。

【先前技術】

【0003】 在熱回火中，將玻璃產品加熱至接近軟化溫度，然後快速淬火（quench）。於是，該玻璃在冷卻期間會擁有比內部更低的表面溫度。將溫差維持到玻璃表面冷卻至室溫為止。因為玻璃中心更緩慢地冷卻到室溫，所以玻璃中心會收縮到更小的比容，同時表面層的高比容則保持不變。這造成表面壓縮層，該表面壓縮層賦予回火玻璃其強度。比容的差異主要是由於玻璃一旦冷卻後的熱膨脹差異，而較小程度是來自於表面及塊體（bulk）之間的虛擬溫差。對於第一近似，熱回火玻璃中的應力分佈可

以由簡單的拋物線表示，而表面壓縮應力的量級大約等於中心張力的兩倍。

【0004】 熱回火玻璃（有時稱為安全玻璃）通常應用在下述情況中：其中要求安全斷裂表現，以防止在失效時損傷，用於強化汽車側窗和後窗，以及諸如淋浴拉門之類的物體。期望當熱回火玻璃破裂時，與退火（*anneal*）玻璃不同，該熱回火玻璃會粉碎成不具有尖銳邊緣或針狀形狀的類似岩鹽的碎片。因此，將熱回火玻璃的斷裂表現進行特徵化是至關重要的。所期望的斷裂表現被稱為「切割（*dicing*）」，且在玻璃已達到完全回火時發生。

【0005】 除了熱回火玻璃的安全方面之外，回火會強化該玻璃，使該玻璃更耐損壞且耐用。由於耐用性增加，能夠將回火玻璃用於其中一般玻璃會快速破裂的應用中——例如，汽車擋風玻璃，其中該玻璃可能受到岩石或其他硬質材料的衝擊。由於建築、汽車、和電子裝置應用中玻璃使用增加，所以持續需要具有改良回火能力的強化玻璃。

【發明內容】

【0006】 一實施例中，一種玻璃組成物包括：60至72莫耳%的 SiO_2 ；大於0莫耳%的 Al_2O_3 ；大於0莫耳%的 MgO ；大於0莫耳%的 CaO ；6至16莫耳%的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；0至16莫耳%的 Na_2O ；0至16莫耳%的 K_2O ；以及 B_2O_3 或 ZnO_2 之一或多者，其中：當 B_2O_3 存

在時，包括 1 至 10 莫耳 % 的 B_2O_3 ；及當 ZnO 存在時，包括 3 至 8 莫耳 % 的 ZnO 。

【圖式簡單說明】

【0007】

無

【實施方式】

【0008】 在下文的敘述中，每當將一群組描述為包括一群組之構件及該等構件之組合中的至少一者時，應理解該群組可包括任何數目的所記載的彼等構件、基本上由任何數目的所記載的彼等構件組成、或由任何數目的所記載的彼等構件組成，無論是單獨或相互組合。同樣，每當將一群組描述為由一群組之構件或該等構件之組合中的至少一者組成時，應理解該群組可以由任何數目的所記載之彼等構件組成，無論是單獨或彼此組合。除非另有指定，否則當記載一範圍的數值時，該範圍的數值包括該範圍的上限和下限兩者，以及它們之間的任何範圍。如本文所用，除非另有指定，否則不定冠詞「一」和相應的定冠詞「該」表示「至少一個」或「一個或多個」。亦應理解，說明書和圖式中揭露的各種特徵能夠以任何及所有組合使用。

【0009】 在本文中記載數值範圍（包括上限值和下限值）的情況中，除非在特定情況下另有說明，否則希望該範圍包括該範圍之端點、以及在該範圍內的所有整數和分數。並不希望申請專利範圍的範疇限制在當界定範圍時所記載的特定值。此外，當量、濃度、或其他值或參數是以

範圍、一或多個較佳範圍、或上限較佳值和下限較佳值之列表給定時，應理解為特定揭露由任何一對的任何範圍上限或較佳值與範圍下限或較佳值所形成的所有範圍，無關是否分別揭露此對。最後，當使用術語「約」描述範圍的值或端點時，應該將本案揭露內容理解為包括所指的特定值或端點。當一範圍的數值或端點並未記載「約」時，希望該範圍的數值或端點包括兩個實施例：一個以「約」修飾，一個不以「約」修飾。

【0010】如本文所用，術語「約」是意味著量、尺寸、配方、參數、和其他數量及特性並非且不必是精確的，而是可根據期望為近似及/或更大或更小，以反映公差、轉換因子、四捨五入、測量誤差、及類似情況、以及發明所屬技術領域中具有通常知識者已知的其他因素。應注意，術語「實質上」可以在本文中用於表示可能歸因於任何定量比較、值、測量或其他表示的固有不確定度。這些術語在本文中也用於表示一定量的表示（quantitative representation）可能會與所陳述的參考對象有所偏差的程度，但不會造成所討論標的之基本功能有所改變。因此，「無 Al_2O_3 」的玻璃是其中並未主動添加或批次供應 Al_2O_3 至玻璃中的玻璃，但是，該 Al_2O_3 可以非常少量、作為雜質存在（例如，500、400、300、200、或100百萬分率（ppm）或更低）。

【0011】除非另外指定，否則所有組成物均按照莫耳百分比（莫耳%）表示。除非另有指定，否則熱膨脹係數

(CTE) 是以 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示，並且表示在 25°C 至 300°C 的溫度範圍內測量的值。低溫 CTE (LTCTE) 是在 25°C 下測量並且以 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示。高溫 CTE (HTCTE) 是在 300°C 下測量並且以 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示。LTCTE 和 HTCTE 的總和以 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 表示。以克/ cm^3 表示的密度是透過阿基米德法 (ASTM C693) 測量。楊氏模數、剪切模數、和泊松比是透過 ASTM C623 標準測量。

玻璃組成

【0012】 在熱回火中，將玻璃產品加熱至接近軟化溫度，然後快速淬火。於是，該玻璃在冷卻期間會擁有比內部更低的表面溫度。將溫差保持到玻璃表面冷卻至室溫為止。因為玻璃中心更緩慢地冷卻到室溫，所以玻璃中心會收縮到更小的比容，同時表面層的高比容則保持不變。這造成表面壓縮層，該表面壓縮層賦予回火玻璃其強度。比容的差異是由於下述之組合：玻璃一旦冷卻後的熱膨脹差異，以及來自於表面及塊體之間的虛擬溫差。對於第一近似，熱回火玻璃中的應力分佈可以由簡單的拋物線表示，而表面壓縮應力的量級大約等於中心張力的兩倍。

【0013】 當熱回火的玻璃破裂時，與退火玻璃不同，該熱回火的玻璃會粉碎成類似岩鹽的碎片，這些碎片不具有尖銳邊緣或針狀形狀。這種表現對於其中必須有安全斷裂表面的情況特別有用，並且，基於此原因，將熱回火玻璃的斷裂表現特徵化是至關重要的。期望的斷裂表現被稱為「切割」，並且在玻璃達到完全回火時發生。回火玻璃的

切割閾值是任意定義的斷裂表現，該表現在玻璃失效的情況下要能夠被視為是「安全的」。世界上存在一些標準，例如美國的ASTM C1048和ANSI Z97.1，歐洲的EN12150-1，俄羅斯的GOST 5727-88，日本的JIS R3206和中國的GB 15763.2（所有這些標準都透過引用形式併入本文中）。各國的該等標準幾乎是相同的，對於大於3mm的厚玻璃而言，要求回火的鈉鈣玻璃的碎片含有在50毫米x50毫米的區域內至少30至40個碎片（1.6個碎片/平方公分），而在較薄玻璃的情況下，日本標準特別是要求至少60個碎片。

【0014】所關注的是，預測玻璃組成物在熱回火期間產生應力的能力。在形成更一般的表達時能做的最簡單的近似是，假設對於任何選擇的玻璃厚度和淬火速率的組合而言，由於熱應變形成的應力是可能的最大值的分數。因此，當從恆定黏度淬火時形成的壓縮回火應力的一般表達式可表示為：

$$\sigma_{cs} = C(h, t, \eta) \cdot \Psi(E, \alpha_{CTE}^s, \alpha_{CTE}^L, T_{soft}, T_{strain})$$

其中 α^s 是固體形式的玻璃的CTE， α^L 是液體形式的玻璃的CTE， T_{soft} 是軟化點溫度， T_{strain} 是應變點溫度，常數 Ψ 是稱作「回火能力參數」的材料性質，且代表若表面在淬火之後凍結時能夠形成的最大熱應變。該最大熱應變可以藉由熱膨脹的兩步積分（其為溫度和一般玻璃性質的函數）進行大致的估計。假設熱膨脹係數（CTE）從室溫到應變點皆為常數，且再從應變點到軟化仍恆定。考慮

到這點，且假設室溫接近 0°C ，則更一般的「回火能力參數」能夠表示為：

$$\Psi = E \cdot [T_{strain} \cdot \alpha_{CTE}^s - \alpha_{CTE}^l \cdot (T_{soft} - T_{strain})]$$

其中 E 是以 GPa 表達，溫度是以 $^{\circ}\text{C}$ 給定， α 是以 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 表達。可以看出，此表達式含有使用玻璃態和液態表現之間的玻璃之應變點所計算的更一般形式的體積應變。

【0015】藉由測量給定玻璃的一些標準性質，若已知常數 $C(h, t, \eta)$ ，則可估計預期形成的回火應力。已經使用針對大範圍的已知組成物的模型化來評估此常數，並且由 Ψ 的計算，能夠快速地將各種玻璃組成物的相對回火能力相互比較。當計算各種玻璃組合物的回火能力時，該結果顯示，各種性質的組合夠達到相似的終點，並且玻璃在組成和性質方面的巨大差異在回火能力方面幾乎無法區別。

【0016】本文所揭露的玻璃具有高熱膨脹係數和高楊氏模數，並且能夠與熱回火製程一併使用而獲得與市售玻璃相比更為改良的回火。需要本文所述的玻璃，以滿足對於商用電子裝置、汽車、和建築應用的更強但更薄的熱強化玻璃的不斷增長的需求，其中需要耐用性及/或耐刮擦性，還有「安全」斷裂圖案。隨著玻璃變薄，變得更難以產生任何熱回火應力，且安全「切割」斷裂圖案所需的中央張力增加——而產生複合的挑戰。開發產生增強的回火應力的玻璃能有助於迎戰此挑戰。另外，該等玻璃也必

須保持顯著的化學耐久性，因為它們可能長時間暴露於元素。

【0017】 已經發現，回火能力參數 Ψ 為0.8或更高、0.85或更高、或甚至0.9或更高的玻璃有能力增加熱回火。在一些實施例中，為了改良回火能力，已發現低溫熱膨脹係數（LTCTE）應為 $5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更高。在一些實施例中，已發現高溫熱膨脹係數（HTCTE）應為 $27 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或更高。在一些實施例中，已經發現，為了改良回火能力，LTCTE和HTCTE的總和應該大於 $35 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、 $37 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 或 $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 。本發明是一種具有高熱膨脹係數和楊氏模數的新穎玻璃組成物空間。在一些實施例中，已發現當楊氏模數大於67 GPa且回火能力因子大於或等於0.75（市售鈉鈣玻璃的近似值）時，該玻璃組成物具有改良的回火能力。

【0018】 一些實施例中，該玻璃包括下述材料之組合： SiO_2 、 Na_2O 或 K_2O 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 或 ZnO 、及鹼土族氧化物。例如，實施例可包括：從60莫耳%到72莫耳% SiO_2 （ $60 \text{ 莫耳}\% \leq \text{SiO}_2 \leq 72 \text{ 莫耳}\%$ ）；從大於0莫耳% Al_2O_3 （ $0 \text{ 莫耳}\% < \text{Al}_2\text{O}_3$ ）；從大於0莫耳% MgO （ $0 \text{ 莫耳}\% < \text{MgO}$ ）；從大於0莫耳% CaO （ $0 \text{ 莫耳}\% < \text{CaO}$ ）；6-16莫耳% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ （ $6 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳}\%$ ）、0-16莫耳% Na_2O （ $0 \text{ 莫耳}\% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳}\%$ ）；0-16莫耳% K_2O （ $0 \text{ 莫耳}\% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 16 \text{ 莫耳}\%$ ）；及 B_2O_3 或 ZnO 之一或多者，其中當存在

B_2O_3 時，該 B_2O_3 包括 1 - 10 莫耳 %（1 莫耳 % $\leq B_2O_3 \leq$ 10 莫耳 %）；且當存在 ZnO 時，該 ZnO 包括 3 - 8 莫耳 %（3 莫耳 % $\leq ZnO \leq$ 8 莫耳 %）。可構成所實施的組成物的各種成分的額外態樣在下文中詳述。

【0019】 一些實施例中，該玻璃包括下述材料的組合： SiO_2 、 Na_2O 或 K_2O 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、及鹼土族氧化物。舉例而言，實施例可包括：從 60 莫耳 % 至 65 莫耳 % SiO_2 （60 莫耳 % $\leq SiO_2 \leq$ 65 莫耳 %）；從 5 莫耳 % 至 10 莫耳 % Al_2O_3 （5 莫耳 % $\leq Al_2O_3 \leq$ 10 莫耳 %）；從 3 莫耳 % 至 10 莫耳 % MgO （3 莫耳 % $\leq MgO \leq$ 10 莫耳 %）；從 5 莫耳 % 至 15 莫耳 % CaO （5 莫耳 % $\leq CaO \leq$ 15 莫耳 %）；8 - 15 莫耳 % $Na_2O + K_2O$ （8 莫耳 % $\leq Na_2O + K_2O \leq$ 15 莫耳 %）；0 - 15 莫耳 % Na_2O （0 莫耳 % $\leq Na_2O \leq$ 15 莫耳 %）；0 莫耳 % 至 15 莫耳 % K_2O （0 莫耳 % $\leq K_2O \leq$ 15 莫耳 %）；及 1.5 莫耳 % 至 6 莫耳 % B_2O_3 （1.5 莫耳 % $\leq B_2O_3 \leq$ 6 莫耳 %）。

【0020】 替代性實施例可包括：從 65 莫耳 % 至 70 莫耳 % SiO_2 （65 莫耳 % $\leq SiO_2 \leq$ 70 莫耳 %）；從 > 0 莫耳 % 至 5 莫耳 % Al_2O_3 （> 0 莫耳 % $\leq Al_2O_3 \leq$ 5 莫耳 %）；從 4 莫耳 % 至 8 莫耳 % MgO （4 莫耳 % $\leq MgO \leq$ 8 莫耳 %）；從 7 莫耳 % 至 11 莫耳 % CaO （7 莫耳 % $\leq CaO \leq$ 11 莫耳 %）；9 - 14 莫耳 % $Na_2O + K_2O$ （9 莫耳 % $\leq Na_2O + K_2O \leq$ 14 莫耳 %）；0 - 14 莫耳 % Na_2O （0 莫耳 % $\leq Na_2O \leq$ 14 莫耳 %）；0 莫耳

%至 14 莫耳% K_2O ($0 \text{ 莫耳}\% \leq K_2O \leq 14 \text{ 莫耳}\%$) ;
及 1 莫耳%至 6 莫耳% B_2O_3 ($1 \text{ 莫耳}\% \leq B_2O_3 \leq 6 \text{ 莫耳}\%$) 。

【0021】 尚有其他多個實施例可包括：從 65 莫耳%至 70 莫耳% SiO_2 ($65 \text{ 莫耳}\% \leq SiO_2 \leq 70 \text{ 莫耳}\%$) ;
從 >0 莫耳%至 5 莫耳% Al_2O_3 ($>0 \text{ 莫耳}\% \leq Al_2O_3 \leq 5 \text{ 莫耳}\%$) ; 從 5 莫耳%至 10 莫耳% MgO ($5 \text{ 莫耳}\% \leq MgO \leq 10 \text{ 莫耳}\%$) ; 從 6 莫耳%至 13 莫耳% CaO ($6 \text{ 莫耳}\% \leq CaO \leq 13 \text{ 莫耳}\%$) ; 10-16 莫耳% $Na_2O + K_2O$ ($10 \text{ 莫耳}\% \leq Na_2O + K_2O \leq 16 \text{ 莫耳}\%$) ; 2-16 莫耳% Na_2O ($2 \text{ 莫耳}\% \leq Na_2O \leq 16 \text{ 莫耳}\%$) ; 0 莫耳%至 8 莫耳% K_2O ($0 \text{ 莫耳}\% \leq K_2O \leq 8 \text{ 莫耳}\%$) ;
及 1 莫耳%至 6 莫耳% B_2O_3 ($1 \text{ 莫耳}\% \leq B_2O_3 \leq 6 \text{ 莫耳}\%$) 。

【0022】 尚有其他多個實施例可包括：從 65 莫耳%至 72 莫耳% SiO_2 ($65 \text{ 莫耳}\% \leq SiO_2 \leq 72 \text{ 莫耳}\%$) ;
從 4 莫耳%至 10 莫耳% Al_2O_3 ($4 \text{ 莫耳}\% \leq Al_2O_3 \leq 10 \text{ 莫耳}\%$) ; 從 3 莫耳%至 10 莫耳% MgO ($3 \text{ 莫耳}\% \leq MgO \leq 10 \text{ 莫耳}\%$) ; 從 >0 莫耳%至 13 莫耳% CaO ($0 \text{ 莫耳}\% < CaO \leq 13 \text{ 莫耳}\%$) ; 10-16 莫耳% $Na_2O + K_2O$ ($10 \text{ 莫耳}\% \leq Na_2O + K_2O \leq 16 \text{ 莫耳}\%$) ;
10-16 莫耳% Na_2O ($10 \text{ 莫耳}\% \leq Na_2O \leq 16 \text{ 莫耳}\%$) ; 0 莫耳%至 6 莫耳% K_2O ($0 \text{ 莫耳}\% \leq K_2O \leq 6$

莫耳%)；及 1.5 莫耳%至 8 莫耳% B_2O_3 (1.5 莫耳% $\leq B_2O_3 \leq$ 8 莫耳%)。

【0023】當 SiO_2 (以及 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 ZrO_2 與 SnO_2) 存在於玻璃中時，其為網絡形成劑。 SiO_2 是玻璃的最大的氧化物成分，可納入 SiO_2 以提供高溫穩定性及化學耐用性。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 72 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 65 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 65 至 72 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 65-70 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 60 至 72 莫耳%、63 至 72 莫耳%、65 至 72 莫耳%、68 至 72 莫耳%、60 至 70 莫耳%、63 至 70 莫耳%、65 至 70 莫耳%、68 至 70 莫耳%、60 至 68 莫耳%、63 至 68 莫耳%、65 至 68 莫耳%、60 至 65 莫耳%、63 至 65 莫耳%、或 60 至 63 莫耳%的 SiO_2 。一些實施例中，該玻璃包括 60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、或 72 莫耳%的 SiO_2 。

【0024】 Al_2O_3 可影響玻璃的結構，且除此之外還會降低液線溫度與熱膨脹係數，或是增強應變點。一些實施例中，該玻璃能夠包括大於 0 莫耳%的 Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 12 莫耳%的 Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 5 莫耳%、4 至 10 莫耳%、5 至 10 莫耳% Al_2O_3 或 >0 至 3 莫耳% Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳% Al_2O_3 。

一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 12 莫耳%、 >0 至 10 莫耳%、 >0 至 8 莫耳%、 >0 至 6 莫耳%、 >0 至 4 莫耳%、 >0 至 2 莫耳%、1 至 12 莫耳%、1 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、1 至 4 莫耳%、1 至 2 莫耳%、3 至 8 莫耳%、3 至 6 莫耳%、3 至 10 莫耳%、3 至 12 莫耳%、5 至 8 莫耳%、5 至 10 莫耳%、5 至 12 莫耳%、7 至 12 莫耳%、7 至 10 莫耳%、或 8 至 10 莫耳% Al_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0 、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 或 12 莫耳%的 Al_2O_3 。

【0025】 不受理論所限制，相信將 B_2O_3 併入本文所述的玻璃會影響熱膨脹係數(尤其是高溫下的熱膨脹係數)，且改良玻璃的可回火能力。一些實施例中，該玻璃能夠包括 1 莫耳%至 10 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 莫耳%至 8 莫耳%或從 1 莫耳%至 6 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 1.5 至 8 莫耳% B_2O_3 或 1.5 至 6 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 4 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 10 莫耳%、1.5 至 10 莫耳%、2 至 10 莫耳%、4 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1.5 至 8 莫耳%、2 至 8 莫耳%、4 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、1.5 至 6 莫耳%、2 至 6 莫耳%、4 至 6 莫耳%、1 至 4 莫耳%、1.5 至 4 莫耳%、2 至 4 莫耳%、1.5 至 3 莫耳%、或 1 至 3 莫耳% B_2O_3 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、或 5 莫耳% B_2O_3 。

【0026】 可存在氧化鋅 (ZnO)，且該氧化鋅影響玻璃的性質，包括楊氏係數。一些實施例中，當存在 ZnO 時，該玻璃能夠包括 3 至 8 莫耳%的 ZnO ，或在一些實施例中，從 3 至 5 莫耳%的 ZnO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 3、4、5、6、7、或 8 莫耳%的 ZnO 。

【0027】 不希望受理論所限制，但相信一些實施例中， ZnO 及 B_2O_3 皆可對材料性質有類似的效應。一些實施例中，當玻璃中存在 B_2O_3 時，該玻璃無 ZnO 。作為替代方案，一些實施例中，當玻璃中存在 ZnO 時，該玻璃無 B_2O_3 。

【0028】 鹼土族氧化物可改良材料中的期望性質，包括影響楊氏模數及熱膨脹係數。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 莫耳%至約 20 莫耳% MO ($0 \text{ 莫耳}\% \leq \text{MO} \leq 20 \text{ 莫耳}\%$)，其中 M 是玻璃中鹼土族金屬 Mg 、 Ca 、 Sr 、及 Ba 的總和。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 18 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 16 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 >0 、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、或 20 莫耳% MO 。

【0029】 一些實施例中，該玻璃能夠包括 MgO 、 CaO 、或 SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括大於 0 莫耳% MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 10 莫耳% MgO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 3 至 10 莫耳%、5 至 10 莫耳%、5 至 8 莫耳% MgO 。一些實施例

中，該玻璃能夠包括從>0至10莫耳%、>0至8莫耳%、>0至6莫耳%、>0至4莫耳%、>0至2莫耳%、1至10莫耳%、1至8莫耳%、1至6莫耳%、1至4莫耳%、1至2莫耳%、3至8莫耳%、3至6莫耳%、3至10莫耳%、5至8莫耳%、5至10莫耳%、7至10莫耳%、或8至10莫耳% MgO。一些實施例中，該玻璃能夠包括約>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、或10莫耳% MgO。

【0030】 一些實施例中，該玻璃能夠包括大於0莫耳% CaO。一些實施例中，該玻璃能夠包括從>0至15莫耳% CaO。一些實施例中，該玻璃能夠包括從>0至5莫耳%、6至13莫耳%、5至15莫耳%、7至13莫耳%、7至11莫耳%、8至12莫耳% CaO。一些實施例中，該玻璃能夠包括從>0至15莫耳%、>0至13莫耳%、>0至11莫耳%、>0至9莫耳%、>0至7莫耳%、>0至5莫耳%、1至15莫耳%、1至13莫耳%、1至11莫耳%、1至9莫耳%、1至7莫耳%、1至5莫耳%、3至15莫耳%、3至13莫耳%、3至11莫耳%、3至9莫耳%、3至7莫耳%、3至5莫耳%、5至15莫耳%、5至13莫耳%、5至11莫耳%、5至9莫耳%、5至7莫耳%、7至15莫耳%、7至13莫耳%、7至11莫耳%、7至9莫耳%、9至15莫耳%、9至13莫耳%、9至11莫耳%、11至15莫耳%、或11至13莫耳% CaO。一些實施例中，該玻璃能夠包括約>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、或15莫耳% CaO。

【0031】 一些實施例中可存在 SrO ，且這樣的實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 5 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 >0 至 3.5 莫耳 % SrO 或 0.2 至 3 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 4 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.2 至 5 莫耳 %、0.2 至 4 莫耳 %、0.2 至 3 莫耳 %、0.2 至 2 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、 >0 至 4 莫耳 %、 >0 至 3 莫耳 %、 >0 至 2 莫耳 %、1 至 5 莫耳 %、1 至 4 莫耳 %、或 1 至 3 莫耳 % SrO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、或 5 莫耳 % SrO 。

【0032】 Na_2O 及 K_2O 可改良玻璃的回火能力，且影響特別是低溫時的熱膨脹係數。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 15 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 10 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 2 至 16 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 %、0 至 15 莫耳 %、0 至 14 莫耳 %、0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 5 莫耳 %、 >0 至 16 莫耳 %、 >0 至 15 莫耳 %、 >0 至 14 莫耳 %、 >0 至 10 莫耳 %、 >0 至 8 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、2 至 16 莫耳 %、2 至 15 莫耳 %、2 至 14 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、2 至 5 莫耳 %、5 至 16 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、5 至 14 莫耳 %、5 至 10 莫耳 %、5

至 8 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、或 10 至 14 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0、>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % Na_2O 。

【0033】 一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 >0 至 15 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0 至 8 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0 至 6 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 16 莫耳 %、0 至 15 莫耳 %、0 至 14 莫耳 %、0 至 10 莫耳 %、0 至 8 莫耳 %、0 至 5 莫耳 %、>0 至 16 莫耳 %、>0 至 15 莫耳 %、>0 至 14 莫耳 %、>0 至 10 莫耳 %、>0 至 8 莫耳 %、>0 至 5 莫耳 %、2 至 16 莫耳 %、2 至 15 莫耳 %、2 至 14 莫耳 %、2 至 10 莫耳 %、2 至 8 莫耳 %、2 至 5 莫耳 %、5 至 16 莫耳 %、5 至 15 莫耳 %、5 至 14 莫耳 %、5 至 10 莫耳 %、5 至 8 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、或 10 至 14 莫耳 % K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 0、>0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % K_2O 。

【0034】 一些實施例中，鹼 Na_2O 及 K_2O 的總量對玻璃性質而言是重要的。一些實施例中，該玻璃能夠包括 6 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能

夠包括 8 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 8 至 15 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 10 至 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 9 至 14 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 6 至 16 莫耳 %、8 至 16 莫耳 %、10 至 16 莫耳 %、6 至 15 莫耳 %、8 至 15 莫耳 %、10 至 15 莫耳 %、6 至 14 莫耳 %、8 至 14 莫耳 %、10 至 14 莫耳 %、6 至 12 莫耳 %、8 至 12 莫耳 %、10 至 12 莫耳 %、6 至 10 莫耳 %、8 至 10 莫耳 %、或 6 至 8 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。一些實施例中，該玻璃能夠包括 6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、或 16 莫耳 % $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 。

【0035】 Na_2O 能夠在玻璃中用於離子交換及化學回火。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 莫耳 % 至約 5 莫耳 % Na_2O ($0 \text{ 莫耳 \%} \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 5 \text{ 莫耳 \%}$)。一些實施例中，該玻璃能夠包括從大於 0 至 5 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 0 至 3 莫耳 % Na_2O 或 >0 至 3 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳 %、0 至 4 莫耳 %、0 至 3 莫耳 %、0 至 2 莫耳 %、 >0 至 5 莫耳 %、 >0 至 4 莫耳 %、 >0 至 3 莫耳 %、 >0 至 2 莫耳 %、1 至 5 莫耳 %、1 至 4 莫耳 %、或 1 至 3 莫耳 % Na_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、或 5 莫耳 % Na_2O 。

【0036】 K_2O 也可用於離子交換，且可存在於玻璃中，其量為從 0 莫耳%至約 10 莫耳% K_2O ($0 \text{ 莫耳}\% \leq K_2O \leq 10 \text{ 莫耳}\%$)。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 >0 至 10 莫耳% K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從約 0 至 5 莫耳% K_2O 或 >0 至 3 莫耳% K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0.5 至 4 莫耳% K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 10 莫耳%、0 至 8 莫耳%、0 至 5 莫耳%、0 至 4 莫耳%、0 至 3 莫耳%、 >0 至 10 莫耳%、 >0 至 8 莫耳%、 >0 至 5 莫耳%、 >0 至 3 莫耳%、1 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1 至 5、1 至 4 莫耳%、1 至 3 莫耳%、2 至 10 莫耳%、2 至 8 莫耳%、或 2 至 4 K_2O 。一些實施例中，該玻璃能夠包括約 0、 >0 、1、2、3、4、5、6、7、8、9、或 10 莫耳% K_2O 。

【0037】 鹼土族氧化物可提供玻璃中離子交換的優點，並且改良材料中的其他性質。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 莫耳%至約 10 莫耳% MO ($0 \text{ 莫耳}\% \leq MO \leq 10 \text{ 莫耳}\%$)、其中 M 是玻璃中鹼土族金屬 Mg 、 Ca 、 Sr 、及 Ba 的總和。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 8 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 5 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 1 至 8 莫耳% MO 。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至 10 莫耳%、0 至 8 莫耳%、0 至 6 莫耳%、0 至 4 莫耳%、1 至 10 莫耳%、1 至 8 莫耳%、1 至 6 莫耳%、2 至 10 莫耳%、2 至 8 莫耳%、或 2 至 6 莫耳% MO 。一些實施例

中，該玻璃能夠包括約 >0 、 1 、 2 、 3 、 4 、 5 、 6 、 7 、 8 、 9 、或 10 莫耳% MO 。

【0038】 一些實施例中，上文的該等玻璃進一步包括著色成分。該著色成分可包括例如： Fe_2O_3 、 V_2O_5 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 MnO_2 、 NiO 、 ZnO 、 CuO 、 NiO 、 Co_3O_4 、稀土族氧化物、及上述材料之組合。一些實施例中，著色成分的總莫耳%為從 0 至 4 莫耳%、 0 至 3 莫耳%、 0 至 2 莫耳%、 0 至 1 莫耳%、 >0 至 0.1 、 >0 至 0.5 、 >0 至 1 、 >0 至 2 、 >0 至 3 、或 >0 至 4 莫耳%。

【0039】 可將額外的成分納入玻璃中，以提供額外的益處，或該額外的成分可併入作為一般會在商業上製備的玻璃中見到的雜質。舉例而言，能夠將額外成分作為澄清劑及/或為了其他目的而添加，該澄清劑例如用於助於從用於生產玻璃的熔融批料中移除氣態內含物（inclusion）。一些實施例中，該玻璃可包括可用做紫外線輻射吸收劑的一或多種化合物。一些實施例中，該玻璃能夠包括 3 莫耳%或更少的 MnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Cl 、 Br 、或上述材料之組合。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至約 3 莫耳%、 0 至約 2 莫耳%、 0 至約 1 莫耳%、 0 至 0.5 莫耳%、 0 至 0.1 莫耳%、 0 至 0.05 莫耳%、或 0 至 0.01 莫耳%的 MnO 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 WO_3 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Cl 、 Br 、或上述材料之組合。一些實施例中，該玻璃能夠包括從 0 至

約 3 莫耳 % 、 0 至約 2 莫耳 % 、 0 至約 1 莫耳 % 、 0 至約 0 . 5 莫耳 % 、 0 至約 0 . 1 莫耳 % 、 0 至約 0 . 0 5 莫耳 % 、 或 0 至約 0 . 0 1 莫耳 % 的 S n O ₂ 或 F e ₂ O ₃ 、 或上述材料之組合 。 根據一些實施例中，該等玻璃也能夠包括與批料相關及 / 或透過用於生產玻璃的熔融、澄清、及 / 或成形設備而引入玻璃中的各種雜質。

【 0 0 4 0 】 用於形成所實施之玻璃的前驅物玻璃的非限制性範例列在表 1 中，其中該等成分的值是以莫耳 % 所表列。

表 1

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	A	B	C	D	E	F	G
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	68.10	67.22	65.43	67.11	69.03	68.48	60.40
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	1.77	3.41	5.34	4.31	3.13	5.06	1.98
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	0.95	0.96	0.96	0.99	1.01	0.97	8.71
MgO (莫耳%)	6.49	6.77	6.56	6.54	6.69	6.78	4.03	6.63
CaO (莫耳%)	8.69	9.06	9.01	8.98	9.21	9.44	8.95	9.11
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	12.86	12.40	12.32	6.39	0.02	12.11	12.60
K ₂ O (莫耳%)	0.25	0.50	0.43	0.43	5.30	10.60	0.40	0.47
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.09
LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	8.8	8.65	8.47	8.42	8.47	8.16	8.20	8.4
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	33.80	39.20	44.60	43.50	31.90	43.00	32.40
楊氏模數(GPa)	72.0	76.2	77.2	79.2	76.0	78.8	78.3	78.4
剪切模數(GPa)	-	31.2	31.9	32.2	31.0	32.3	32.1	32.0
泊松比	-	0.219	0.212	0.229	0.225	0.222	0.219	0.226
應變點 (°C)	507	512	521	522	532	598	526	557
退火點 (°C)	549	550	557	557	569	643	563	598
軟化點 (°C)	728	714	713	705	733	829	716	774
密度 (g/cm ³)	2.540	2.519	2.528	2.535	2.509	2.471	2.519	2.539
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	2.730	2.698	2.696	2.728	2.820	2.769	2.868
折射率	1.520	1.5236	1.5267	1.5292	1.5247	1.5172	1.5260	1.5272
VFT - a	-	-1.469	-1.103	-1.086	-1.601	-1.736	-1.234	-1.881
VFT - b	-	3794.1	3054.6	2868.8	3916.3	4270.5	3207.9	4625.2
VFT - T ₀	-	301.9	367.7	379.2	313.1	376.8	352.2	286.4
液線黏度 (泊)	-	11088	7677	4886	20712	40459	29243	--
回火能力, ψ	0.75	0.86	0.92	0.99	1.01	0.96	0.98	0.94
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	42.45	47.67	53.02	51.97	40.06	51.2	40.8

表 1（續）

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	H	I	J	K	L	M	N
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	58.76	56.86	57.23	57.70	59.66	70.39	70.50
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	3.73	5.52	5.24	5.03	5.53	7.77	9.76
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	9.05	9.13	9.19	9.18	9.01	5.99	3.98
MgO (莫耳%)	6.49	6.52	6.50	6.52	6.45	3.94	7.23	7.03
CaO (莫耳%)	8.69	9.09	9.00	9.16	9.02	8.75	0.06	0.06
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	12.32	12.44	6.52	0.10	12.54	8.47	8.57
K ₂ O (莫耳%)	0.25	0.46	0.45	6.06	12.44	0.48	0.01	0.01
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.05	0.05
LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	8.8	8.32	8.36	8.93	8.89	8.25	5.89	5.79
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	34.00	27.90	36.00	27.00	42.00	28.07	32.70
楊氏模數(GPa)	72.0	78.3	78.3	75.8	68.0	77.6	69.71	70.74
剪切模數(GPa)	-	31.9	31.8	30.6	27.6	31.6	28.89	29.44
泊松比	-	0.226	0.232	0.238	0.229	0.229	0.206	0.202
應變點 (°C)	507	543	536	541	589	537	543	532
退火點 (°C)	549	584	576	583	634	577	587	575
軟化點(°C)	728	757	740	758	--	742	812	766
密度 (g/cm ³)	2.540	2.536	2.535	2.52	2.486	2.521	2.363	2.363
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	2.783	2.792	2.843	2.861	2.737	3.398	3.345
折射率	1.520	1.528 9	1.5298	1.5266	1.5212	1.5264	1.4951	1.4964
VFT - a	-	-1.51 4	-1.345	-1.994	-2.387	-1.441	-3.154	-2.402
VFT - b	-	3916. 1	3518.8	4730.7	5460.2	3873	9067.9	7058.4
VFT – T ₀	-	335.4	354.3	271.2	296	319.3	-54.2	44.4
回火能力, ψ	0.75	0.94	0.94	0.81	0.99	0.82	0.75	0.76
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	42.32	36.26	44.93	35.89	50.25	33.96	38.49

表 1（續）

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	O	P	Q	R	S	T	U
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	70.53	70.70	70.71	70.55	63.11	62.26	63.12
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	7.80	9.67	7.62	7.77	0	0	0
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	6.02	4.01	3.99	4.00	11.58	11.41	10.58
MgO (莫耳%)	6.49	4.97	5.06	7.01	8.98	0.00	0.00	0.00
CaO (莫耳%)	8.69	0.04	0.04	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	10.54	10.42	10.51	8.54	16.43	16.81	16.41
K ₂ O (莫耳%)	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	1.88	1.94	1.89
ZnO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93	3.12	1.94
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
LTCTE ((10 ⁻⁷ /°C)	8.8	6.47	6.39	6.57	5.88	10.3	10.31	10.19
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	34.44	34.01	35.99	32.70	17.62	18.82	17.30
楊氏模數(GPa)	72.0	70.05	71.50	72.19	71.91	66.19	67.78	65.22
剪切模數(GPa)	-	29.23	29.79	29.99	29.85	27.44	27.99	27.03
泊松比	-	0.198	0.201	0.203	0.203	0.206	0.21	0.207

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	O	P	Q	R	S	T	U
應變點 (°C)	507	532	522	531	545	615	605	628
退火點 (°C)	549	576	564	573	584	672	661	688
軟化點(°C)	728	778	748	758	780	912	927	911
密度 (g/cm ³)	2.540	2.379	2.383	2.393	2.379	2.432	2.459	2.414
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	3.287	3.284	3.225	3.289	3.104	3.108	3.107
折射率	1.520	1.497	1.4982	1.4991	1.4982	1.4902	1.4948	1.4862
VFT - a	-	-2.120	-1.385	-2.166	-2.528	-2.656	-2.515	-1.732
VFT - b	-	6504.5	4601.5	6190.8	7167.1	7560.6	7279.9	5405.9
VFT – T ₀	-	89.2	231.8	112.9	62.2	90.7	109.2	273.5
回火能力, ψ	0.75	0.84	0.79	0.84	0.78	0.77	0.83	0.75
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	40.91	40.4	42.56	38.58	27.92	29.13	27.49

表 1（續）

樣本	Glaverbel 鈉鈣玻璃	V	W	X	Y	Z
SiO ₂ (莫耳%)	70.06	63.29	60.87	65.43	62.23	62.53
B ₂ O ₃ (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	16.86	5.90	5.98
Al ₂ O ₃ (莫耳%)	1.17	9.58	11.52	3.7	0.96	0.96
MgO (莫耳%)	6.49	0.00	0.00	0.00	6.49	6.37
CaO (莫耳%)	8.69	0.00	0.00	0.00	9.07	8.96
SrO (莫耳%)	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00
Na ₂ O (莫耳%)	13.33	16.34	16.63	6.47	12.79	12.64
K ₂ O (莫耳%)	0.25	1.90	1.87	0	0.47	0.46
ZnO (莫耳%)	0.00	2.93	2.94	0	0.00	0.00
SnO ₂ (莫耳%)	0.22	0.05	0.05	0.05	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃ (莫耳%)					0.03	0.05
TiO ₂ (莫耳%)					1.96	1.93
LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	8.8	10.45	10.08	6.22		
HTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	27.0	17.02	18.00	39.36		
楊氏模數(GPa)	72.0	65.64	65.84	78.53		
剪切模數(GPa)	-	27.37	27.17	32.41		
泊松比	-	0.199	0.213	0.212		
應變點 (°C)	507	638	612	492		
退火點 (°C)	549	700	671	527		
軟化點(°C)	728	931	907	673		
密度 (g/cm ³)	2.540	2.425	2.442	2.432		
SOC (TPa ⁻¹)	2.720	3.149	3.149	3.105		
折射率	1.520	1.4867	1.4903	1.5116		
VFT - a	-	-0.116	-2.665	-0.779		
VFT - b	-	2364	7338.2	2734.7		
VFT – T ₀	-	629.2	118.9	347.9		
回火能力, ψ	0.75	0.78	0.76	0.79		
HTCTE + LTCTE (10 ⁻⁷ /°C)	35.8	27.47	28.08	45.58		

【 0 0 4 1 】 除了擁有高破裂韌度之外，本文所述之玻璃能夠擁有色彩及透明度 / 半透明度性質，而使得他們有利於許多應用。一或多個實施例的玻璃可展現實質上白色、白

色透明、金色、或琥珀色、或是其他顏色。一些實施例中，該等玻璃展現以SCE顏色空間座標呈現的顏色（是使用分光光度儀從反射光譜測量決定，排除發光體D65及鏡面反射），其範圍如下： a^* = 從約-5至約-1； b^* = 從約5至約18；以及 $L^* > 83$ 。一些應用中，該等玻璃是透明的且量化而言在顏色上為白色至黃棕色，且在光伏應用上受到特定關注。

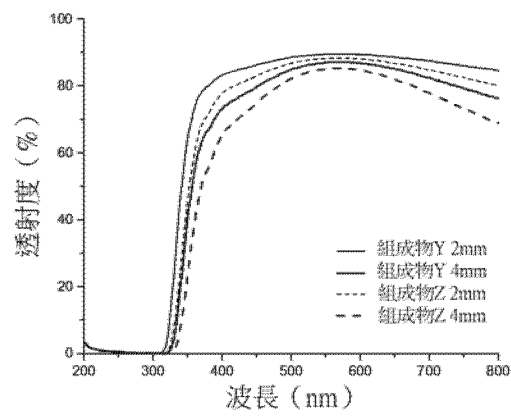
【0042】 表2中顯示顏色樣本。該表的前四欄有細線PV單元的顏色座標，以及當玻璃在PV單元之頂部上時的顏色座標（玻璃厚度是2mm或4mm）。後四欄是玻璃本身的顏色座標。表2：

SCE 顏色座標	L*	a*	b*		SCE 顏色座標	L*	a*	b*
PV 單元細線	19.09	8.43	-14.12					
組成物 Y (2mm	15.03	6.14	-8.62		組成物 Y (2mm)	86.76	-2.51	9.14
組成物 Y (4mm	13.69	4.48	-5.54		組成物 Y (4mm)	82.63	-4.48	15.11
組成物 Z (2mm	14.96	7	-10.28		組成物 Z (2mm)	88.07	-1.72	6.72
組成物 Z (4mm	13.73	5.56	-7.65		組成物 Z (4mm)	84.43	-3.32	12.21
SCI 顏色	L*	a*	b*		SCI 顏色座標	L*	a*	b*
PV 單元細線	19.25	7.99	-13.28					
組成物 Y (2mm	38.56	1.66	-2.85		組成物 Y (2mm)	91.89	-2.4	8.72
組成物 Y (4mm	37.43	0.66	-0.52		組成物 Y (4mm)	87.81	-4.3	14.47
組成物 Z (2mm	38.04	1.23	-1.72		組成物 Z (2mm)	93.2	-1.61	6.31
組成物 Z (4mm	38.76	2.11	-4		組成物 Z (4mm)	89.63	-3.19	11.59

其中 L^* 指示亮度， a^* 是紅/綠座標，而 b^* 是黃/藍座標。 L^* 、 a^* 、 b^* 的 Δ 值（ ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ）可為正值（+）或負值（-）。從鏡面反射排除（SCE）顏色座標來看，所有的玻璃都使PV單元更暗，且將顏色移動至較不紅且較不藍。當與PV單元相組合時，較不藍的顏色對於外觀而言在美學上是更受期望的。

【0043】如圖表1所示，對於所有玻璃而言，可見光（390至700nm）的透射度超過60%，且大致上在中間處（約550nm）超過80%。大致上，太陽能電池是由N型及P型半導體材料所製成，該等材料使用380nm至750nm的可見光波長生成電能。因此，具有所實施的顏色成分（例如，最暗的顏色，為組成物Z，4mm）的這些玻璃不會顯著地減少太陽能電池的效能。

圖表 1



【0044】在一些實施例中，能夠將該玻璃強化，以包括從該玻璃之表面延伸到壓縮深度（DOC）的壓縮應力（CS）。該等壓縮應力區域由顯現拉張應力的中心部分所平衡。在DOC，應力從正（壓縮）應力跨越到負（拉張）應力。

【0045】作為熱回火的替代方案，本文揭露的玻璃可藉由浸泡在至少一種離子交換浴中進行離子交換，該離子交換浴含有至少一種鹼金屬（諸如鋰、鈉、或鉀）的熔融鹽類（例如硝酸鹽、硫化物、鹵化物、或類似物）。離子交換常用於化學強化玻璃。在一個特定範例中，在這類陽離

子源（例如，熔融鹽浴，或「離子交換」浴）中的鹼陽離子與玻璃內的較小的鹼陽離子交換，以達成在壓縮應力（CS）下的層，該層從玻璃表面延伸到玻璃相內的壓縮深度（DOC）。舉例而言，來自陽離子源的鉀離子通常與玻璃相內的鈉及/或鋰離子交換，且 K^+ 濃度分佈曲線與壓縮應力和層深度相關。該離子交換浴可含有單一鹼金屬的鹽類（或多種鹽類）（例如，Li、Na、或K的硫化物、硝酸鹽、或鹵化物），或兩種或更多種鹼金屬的鹽類（例如鋰及鈉的硫化物、硝酸鹽或鹵化物，或是鈉和鉀的硫化物、硝酸鹽、或鹵化物）。離子交換是在離子交換浴中於約390℃至約550℃的溫度下進行達到範圍從約0.5小時至約24小時的時間。

【0046】 在一些實施例中，玻璃經離子交換，且具有從表面延伸至壓縮深度（DOC）的壓縮層，該壓縮深度為至少約10 μm ；或者，在一些實施例中，該壓縮層進入玻璃達至少約30 μm ，或在一些實施例中，以厚度（表面到中心）測量，進入玻璃中多達約10%、15%、20%、或25%。在一些實施例中，壓縮層從玻璃表面延伸至多達玻璃厚度的約20%的深度。在一些實施例中，可將玻璃強化而顯現範圍從250 MPa至800 MPa（或更大）的表面壓縮應力。

【0047】 在強化玻璃中，壓縮層的深度可由電子探針、輝光放電發射光譜法（GDOES，該技術為，用於透過偵測來自因濺射而容納在電漿中的原子的發射而測量固體

樣本中的組成元素的深度分佈曲線)、或類似技術決定,所述的類似技術要能夠提供與深度相關的組成數據,其中數據會顯示表面處鉀及/或鈉的併入(其中 Na^+ 取代玻璃相中的 Li^+)。前驅物玻璃的DOC可以藉由表面應力計(FSM)使用市售儀器(諸如日本的折原工業公司所製造的FSM-6000)測量。表面應力測量依賴應力光學係數(SOC)的精確測量,該係數與玻璃的雙折射相關。SOC轉而透過本領域中已知的那些方法測量,例如纖維和四點彎曲方法,上述兩者都描述於ASTM標準C770-98(2013)中,標題為「玻璃應力測量的標準測試方法——光學係數」,該文件之內容以引用方式整體併入本文中;另外,也可用塊體圓柱方法測量。CS也可以透過FSM測量。如本文所用,CS可以是「最大壓縮應力」,其為在壓縮應力層內測量的最高壓縮應力值。在一些實施例中,最大壓縮應力位於玻璃表面。在其他實施例中,最大壓縮應力可發生在表面下方的一深度處,使壓縮分佈曲線有「包埋峰」的外觀。

【0048】 本文揭露的熱或化學強化玻璃或製品可以併入到另一製品中,該製品諸如具有顯示器之製品(或顯示製品)(例如,消費型電子產品,包括行動電話,平板電腦、電腦、導航系統、及類似物)、建築製品(例如,窗戶、天窗、屋頂板)、運輸製品(例如,汽車、火車、飛機、海輪等)、家用製品,或任何會受益於透明度、耐刮擦性、耐磨損性的製品,或上述製品之組合。在其他實施

例中，玻璃形成消費型電子產品的一部分，例如手機或智慧型手機、膝上型電腦、平板電腦、或類似物。這類消費型電子產品一般包括外殼，該外殼具有前表面、後表面和側表面，並且該產品包括電子部件，例如電源、控制器、記憶體、顯示器、及類似物，上述部件至少部分地位於外殼內部。在一些實施例中，本文所述的玻璃包含保護性元件的至少一部分，例如但不限於消費型電子產品的外殼及/或顯示器。

製作玻璃的製程

【0049】 具有表1中列出的氧化物含量的玻璃可以透過傳統方法製備。舉例而言，在一些實施例中，前驅物玻璃可以透過徹底地混合必須的批料（例如，使用湍流混合器）來形成，以確保均質的熔體，並且隨後放入二氧化矽和/或鉑坩堝中。能夠將坩堝放入熱爐中，並且將玻璃批料熔融且保持在範圍為1250至1650℃的溫度，達約6-16小時的時間。然後，可將熔體倒入鋼模中，而產生玻璃厚片（glass slab）。隨後，這些厚片可立即轉移到在約500至650℃下操作的退火器，其中將該玻璃保持在該溫度下達約1小時，之後冷卻過夜。在另一個非限制性範例中，藉由將適當的氧化物和礦物源乾混合（dry blend）達充分時間以徹底混合各成分，而製備前驅物玻璃。將玻璃在鉑坩堝中於約1100℃至約1650℃的溫度下熔融，並在該溫度下保持約16小時。隨後，將所得的玻璃

璃熔體倒在鋼桌上而進行冷卻。然後，將前驅物玻璃在適當的溫度下退火。

【0050】 使用習知製程達成所實施的玻璃的回火，其中玻璃是在輻射能熱爐中或是對流熱爐（或是使用兩者技術的「組合模式」熱爐）中加熱到預定溫度，之後氣體冷卻（「淬火」），一般是藉由抵靠玻璃表面或沿著玻璃表面吹送大量環境空氣而進行對流。

範例

【0051】 可以如本文所述般製作所實施的玻璃。將 Glaverbel 鈉鈣玻璃（SLG）的性質與所實施的玻璃的性質進行比較。玻璃的性質顯示於表1中。此外，表3中將表面壓縮組成物C與 Glaverbel SLG就1mm厚的玻璃厚片進行比較。在相當的回火條件下，組成物C顯示出0.99的回火能力，比SLG高約32%，且能夠獲得145 MPa表面壓縮，相較下，SLG為105 MPa。

表 3

玻璃	ψ	$H\text{ (cal/(cm}^2\text{-s-K))}$	$T_0\text{ (}^\circ\text{C)}$	厚度(mm)	表面壓縮(MPa)
Glaverbel	0.75	0.039	690	1.05	105
組成物 C	0.99	0.039	680	1.03	145

【0052】 雖已為了說明之目的而提出典型的實施例，但是前文的敘述不應被視為對本案揭露內容或所附的申請專利範圍之範疇有所限制。因此，在不背離本案揭露內容或所附的申請專利範圍的精神和範疇的情況下，發明所屬

技術領域中具有通常知識者可想到各種修改、調適、和替代方案。

【符號說明】

【 0 0 5 3 】

無

【生物材料寄存】

【 0 0 5 4 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 5 5 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無