



(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 I522330 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：101102867

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 30 日

(51)Int. Cl. : C03C3/087 (2006.01)

C03C3/091 (2006.01)

C03C3/093 (2006.01)

(30)優先權：2011/01/25 美國

61/435,987

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

美國

(72)發明人：依利森亞當詹姆斯 ELLISON, ADAM JAMES (US)；凱仁司基提曼詹姆斯
KICZENSKI, TIMOTHY JAMES (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

JP 2002-003240A

審查人員：鐘文宏

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：3 共 53 頁

(54)名稱

具有高热及化學穩定性的玻璃組成物

GLASS COMPOSITIONS HAVING HIGH THERMAL AND CHEMICAL STABILITY

(57)摘要

本發明所揭示的無鹼、硼鋁矽酸鹽玻璃在諸如主動式矩陣液晶顯示器(AMLCD)及主動式矩陣有機發光二極體顯示器(AMOLED)之平板顯示裝置中用作基板時，具有符合其要求的物理及化學性質。依照某些態樣，該等玻璃具有作為溫度函數之良好尺寸穩定性。

Described herein are alkali-free, boroalumino silicate glasses exhibiting desirable physical and chemical properties for use as substrates in flat panel display devices, such as, active matrix liquid crystal displays (AMLCDs) and active matrix organic light emitting diode displays (AMOLEDs). In accordance with certain of its aspects, the glasses possess good dimensional stability as a function of temperature.

指定代表圖：

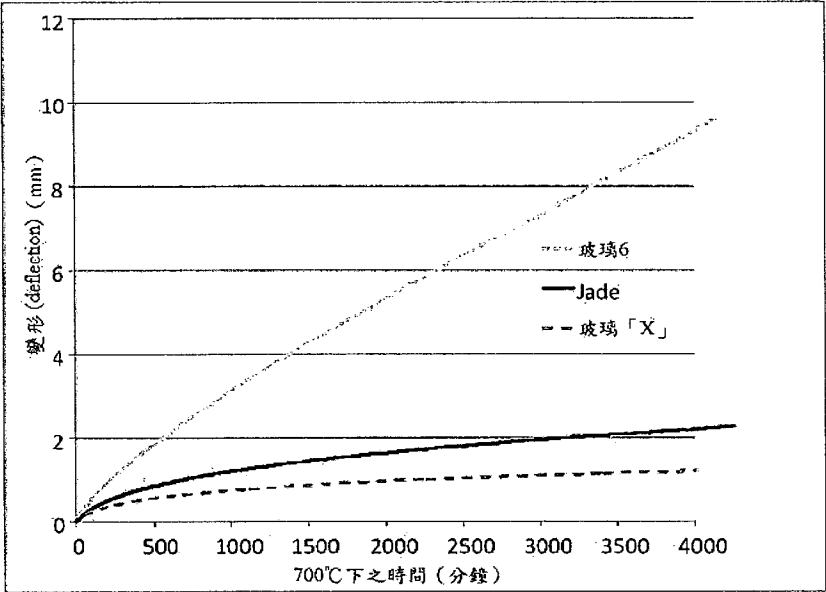


圖2

公告本

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：101102867

※ 申請日： 101 年 1 月 30 日

※IPC 分類：

C03C 3/07 (2006.01)

3/01 (2006.01)

3/03 (2006.01)

一、發明名稱：

具有高熱及化學穩定性的玻璃組成物

GLASS COMPOSITIONS HAVING HIGH THERMAL AND
CHEMICAL STABILITY

二、中文發明摘要：

本發明所揭示的無鹼、硼鋁矽酸鹽玻璃在諸如主動式矩陣液晶顯示器 (AMLCD) 及主動式矩陣有機發光二極體顯示器 (AMOLED) 之平板顯示裝置中用作基板時，具有符合其要求的物理及化學性質。依照某些態樣，該等玻璃具有作為溫度函數之良好尺寸穩定性。

三、英文發明摘要：

Described herein are alkali-free, boroalumino silicate glasses exhibiting desirable physical and chemical properties for use as substrates in flat panel display devices, such as, active matrix liquid crystal displays (AMLCDs) and active matrix organic light emitting diode displays (AMOLEDs). In accordance with certain of its aspects, the glasses possess good dimensional stability as a function of temperature.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 2

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種玻璃組成物，其具有高熱及化學穩定性。本申請案根據專利法之規定主張 2011 年 1 月 25 日申請之美國臨時專利申請案第 61/435,987 號之優先權，該案之內容以引用的方式併入本文中。

【先前技術】

主動式矩陣液晶顯示裝置 (AMLCD) 等液晶顯示器之生產非常複雜，且基板玻璃之性質極其重要。首要地，用於生產 AMLCD 裝置之玻璃基板之物理尺寸需受到嚴格控制。下拉薄片拉伸製程 (downdraw sheet drawing process) 及詳述於美國專利第 3,338,696 號及第 3,682,609 號 (兩者皆屬於 Dockerty) 之熔融製程，皆不需要研磨及拋光等高成本的後成型處理操作，即能生產可用作基板之玻璃片。然而，熔融製程對玻璃性質有相當嚴格之限制，其要求比較高之液相線黏度。

在液晶顯示器領域，基於多晶矽製作之薄膜電晶體 (TFT) 較佳，因為其能更為有效地傳遞電子。多晶矽電晶體 (p-Si) 之特徵在於其具有比非晶矽電晶體 (a-Si) 更高之載子遷移率。如此可以製備較小及速度較快之電晶體。對於目前最流行的手持裝置而言，

P-Si 顯示器為核心所在。該 p-Si 薄膜電晶體陣列消耗功率極低，可以非常小巧精緻（對小型顯示器而言很重要）並提供高亮度。

用來製造 p-Si TFT 之製程常包括熱偏移至相當高之溫度以促進矽結晶。在一些製程中，僅利用溫度來產生結晶，且在此類製程中，峰值溫度非常高，相較於在 a-Si 電晶體製造中所應用之 350°C 峰值溫度，這類製程溫度非常典型地大於 650°C 。在該等溫度下，多數 AMLCD 玻璃基板會經歷緊縮的過程，除非自下方支撐，否則將過度變形。緊縮 (compaction)，亦被稱為熱穩定性或尺寸變化，為由於玻璃虛擬溫度之變化而引起的玻璃基板中之不可逆尺寸變化（收縮或膨脹）。緊縮幅度取決於製造玻璃之製程及玻璃之黏彈性質。在自玻璃產生薄片產品之浮式製程中，自熔融狀態慢慢地冷卻玻璃薄片，因此，是在相對來說較低的溫度結構中「凍結」成玻璃。對比之下，熔融製程使熔融狀態之玻璃薄片非常迅速地淬火，且在相對較高溫度結構中進行凍結。因此，當和由熔融製程生產之玻璃相比時，由浮式製程生產的玻璃具有較低緊縮性。在玻璃產品本身中，緊縮最終可能造成與彩色濾光器對位不準，若太大時，則對於裝置效能產生不利的影響。因此，需要使由下拉製程生產玻璃基板，以

使緊縮程度最小化。商業上使用的玻璃產品 Jade[®] (Corning Incorporated, Corning NY) 係經專門開發以解決此問題。相較於習知的非晶矽基板玻璃，該玻璃產品具有極高退火點，即使在習知非晶矽基板之應變點溫度以上再加熱時，仍顯示低緊縮性。

雖然 Jade[®] 產品已被證實足以用於許多 p-Si 製程，但仍存在對更低之緊縮程度，及/或在更高溫度（有時超過 700°C）下承受熱處理能力之需求。經退火之低退火點 p-Si 基板玻璃經最優化後，可提供較低的緊縮程度，但其在升高溫度後之變形量隨著此次增強之退火，僅得到些微的改善。該 Jade[®] 產品比經退火之低退火點玻璃在升高溫度下具有更低的變形量，但對一些應用而言，緊縮過高，且在一些最新開發循環之極端條件下，可能需要具有更高的抗變形能力。為了在現存製程中提供所需較低緊縮性以及實現新穎較高溫度製程之開發，需要具有超過 785°C 之退火點之玻璃。

【發明內容】

根據所揭示材料之用途，如本文所體現及概括描述之化合物、組成物、物品、裝置及方法是無鹼、硼鋁矽酸鹽玻璃，其用在諸如主動式矩陣液晶顯示器

(AMLCD) 及主動式矩陣有機發光二極體顯示器 (AMOLED) 之平板顯示裝置中，作為基板時，展現了所要求的物理及化學性質。根據其某一實施例中，該等玻璃具有作為應變點溫度函數之良好尺寸穩定性。具體而言，本文所述之玻璃為熔融相容玻璃，具有超過 785°C 之退火點、在黏度 200 泊之溫度為 1730°C 或者更低、小於 2.65 g/cc 之密度，及在氟化物基之無機酸中，蝕刻速率在 10% 範圍以內，此範圍是由習知 a-Si 基板材料所顯示的。其他優點將部分闡明於以下實施方式，且將根據實施方式而部分清楚了解，或可藉由下述態樣之實施而習得。下列優點尤其可藉由在附加申請專利範圍中，所指出之元素及組成來實現及獲得。應瞭解，前述發明內容及以下實施方式兩者僅為用來作為實例及闡明本發明之精神，並不對本發明構成限制。

【實施方式】

本文所述之材料、化合物、組成物、物品、裝置及方法，可藉由參考以下實施方式中所揭示標的之特定態樣及本文所包括之實施例及參考圖式而更易理解。在揭示及描述本發明之材料、化合物、組成物、物品、裝置及方法前，應瞭解下述態樣不受限於特定

合成方法或特定試劑，因而當然可改變。亦應瞭解，本文所用之術語僅用於描述特定態樣且不構成限制。同樣，貫穿本說明書，引用各種出版物。該等出版物之揭示內容之全文係以引用之方式併入本申請案中，以更全面描述所揭示物質所屬之目前先進技術。所揭示之參考文獻關於其中所含之材料亦以引用的方式個別及明確地併入本文中，該材料係在參考所依賴之句子中討論。貫穿本說明書之實施方式及申請專利範圍，單詞「包含」及該單詞之其他形式意謂包括但不限於，且不排除例如其他添加劑、組份、事物或步驟。本文所揭示之某些材料、化合物、組成物及組份可自市場獲得，或使用熟習此項技術者通常所知之技術輕易合成。舉例而言，用來製備所揭示之化合物及組成物之起始材料及試劑可自商業供應商獲得抑或藉由熟習此項技術者所知之方法而製備。同樣，本文揭示之材料、化合物、組成物及組份可用於所揭示方法及組成物，可與所揭示方法及組成物聯合使用，可用於製備所揭示方法及組成物之產物，或為所揭示方法及組成物之產物。該等及其他材料揭示於本文中，且應瞭解，當揭示該等材料之組合、子集、相互作用、群組等時，雖然未明確揭示各種個別及共同組合各者之特定參考及該等化合物之置換，但各者係

明確地涵蓋及描述於本文中。現將詳細參考所揭示之材料、化合物、組成物、物品及方法之特定態樣，該等特定態樣之實例在附隨實例及圖式中加以說明。本發明中所描述是具有高應變點從而具有良好尺寸穩定性（亦即，低緊縮性）之無鹼玻璃及其製造方法。高應變點的玻璃可防止在玻璃製造後之熱處理期間，由緊縮/收縮引起的平板變形。本揭示案之範圍所表示之組成物包含 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 SrO 及 BaO ，且澄清劑可包括氧化錫（ SnO_2 ）、氧化鐵（ Fe_2O_3 ）、氧化鈰（ CeO_2 ）、各種鹵化物（主要為 F 、 Cl 及 Br ）、 As_2O_3 或 Sb_2O_3 。在一實施例中，組成物包含無鹼玻璃，該無鹼玻璃以氧化物之莫耳百分比計包含：

$$70 \leq \text{SiO}_2 \leq 74.5$$

$$10.5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 13.5$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 2.5$$

$$3 \leq \text{MgO} \leq 7$$

$$3 \leq \text{CaO} \leq 7$$

$$0 \leq \text{SrO} \leq 4$$

$$1.5 \leq \text{BaO} \leq 6$$

$$0 \leq \text{SnO}_2 \leq 0.3$$

$$0 \leq \text{CeO}_2 \leq 0.3$$

$$0 \leq \text{As}_2\text{O}_3 \leq 0.5$$

$$0 \leq \text{Sb}_2\text{O}_3 \leq 0.5$$

$$0.01 \leq \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0.08$$

$$\text{F} + \text{Cl} + \text{Br} \leq 0.4$$

其中

$$\text{a) } 1.05 \leq (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO}) / \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1.7$$

b) $0.2 \leq \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) \leq 0.45$ 其中 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 SrO 及 BaO 表示所代表的氧化物組份之莫耳百分比。在另一實施例中， MgO/RO 為 $0.29 \leq \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) \leq 0.39$ 。在一實施例中，組成物進一步被限制如下： $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 86.97 - 0.713 * (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3) \pm 0.8$ 在另一實施例中，所揭示範圍內之玻璃實質上不含氧化砷 (As_2O_3) 或氧化銻 (Sb_2O_3)，以使得該等氧化物之任一者之濃度或兩者總合之濃度低於 0.05 重量%。當情況如此時，可較佳添加其他多價氧化物，諸如 SnO_2 、 Fe_2O_3 及/或 CeO_2 ，以確保最終玻璃中之含有最小量的氣包體。

在一實施例中，本揭示案之玻璃密度小於 2.65 g/cc。在另一實施例中，玻璃密度小於 2.6 g/cc。

處於以上界定之範圍內之組成物展示於表 1 中。對應於黏度 200 泊之溫度，常作為玻璃之適當熔融溫

度之粗略準則。表 1 中，玻璃之 200 泊溫度在大多數情況下極高，通常大於約 1670°C 。而對於該創新玻璃來說，卻意外獲得之結果是，創新範圍中，在低 B_2O_3 含量下，大多數耐火批料、尤其 SiO_2 （或沙）之熔融速率快於具有較高 B_2O_3 含量之玻璃。正因如此，且由於該等玻璃，相較於具有較高 B_2O_3 含量之玻璃而言，具有相對較低的電阻率，所以當創新玻璃在具有鉑精煉爐（platinum finer）及光學攪拌器（optical stirrer）之焦耳促進 CU 熔化器（joule-boosted CU melter）中熔融時，在約 200 泊與 450 泊之間的任意熔化器溫度下，均可獲得優異的玻璃品質。

對應於 35,000 泊黏度之溫度，被視為將玻璃傳遞至等靜壓管（isopipe）溝槽時之標準溫度。通常需要此溫度儘可能低，以最小化等靜壓管耐火物質隨時間而產生的潛變。該等創新玻璃 35,000 泊所對應的溫度點通常在約 1280°C 與 1345°C 之間，但在此範圍之上限，等靜壓管可能需要使用特殊的耐火物質，以獲得可接受之等靜壓管壽命。因此，在一實施例中，該等創新玻璃之 35,000 泊溫度小於 1320°C ，且在另一實施例中，小於 1310°C 。

熔融拉伸玻璃具有高虛擬溫度，且這使得當再加熱至接近退火點之溫度時，玻璃結構大幅度失衡。若

欲將初拉伸的玻璃用於 p-Si 製程中，則最小化緊縮性的唯一方式，是使玻璃在接近退火點之溫度下退火，並藉此從部分地或整體地結構上釋放玻璃內應力，或升高玻璃之退火點，以使得結構等靜壓管之速率降低，且最小化 p-Si 製程中結構弛豫之幅度。然而，在 p-Si 製程中產生低程度緊縮性所需之退火點視製程細節而定，並且，在不使具有多種退火點之玻璃經過感興趣熱循環之情況下，難以預計所需之退火點溫度。一般而言，為提供客戶一致產品來做不同的 p-Si 製程，最好的方式是最小化緊縮性，使退火點儘量提高以合理地符合可製造性及其他客戶相關限制因素。該等創新玻璃具有大於約 790°C 的退火溫度，大於 AMLCD 中所應用之任一市售基板之溫度，且因此足以在 p-Si 製程中產生最小緊縮性。在另一實施例中，退火溫度超過 800°C。在又一實施例中，退火溫度超過 810°C。在另一實施例中，退火溫度超過 815°C。

該等創新玻璃中之各氧化物成分具有重要用途。二氧化矽或 SiO_2 為主要的玻璃形成氧化物，且為熔融玻璃提供黏度。對既定液相線溫度而言，增加黏度來增加液相線黏度，也因此改良與熔融製程之相容性。然而，若黏度變得太高，則可能出現諸如微氣泡

(fining bubble) 之熔融相關缺陷，且耐火物質可能被極度侵蝕，而鉑老化可能會太快，以致於無法在連續製程中長期使用。而且，隨著二氧化矽增加，由於白矽石之穩定性增加，液相線溫度亦可升高，白矽石是 SiO_2 結晶體的同質異形物，是在連續製程中最不欲見的去玻相 (devitrification phase)。相較於氧化硼 (B_2O_3) 外之每一氧化物而言， SiO_2 用來降低創新玻璃的密度及熱膨脹係數，且相對於 B_2O_3 ， SiO_2 可改良耐久性。在該等創新玻璃中， SiO_2 範圍在 70 莫耳 % 與 74.5 莫耳 % 之間。

氧化鋁或 Al_2O_3 亦在該等創新玻璃中用作玻璃形成材料。如同 SiO_2 一樣，其提供黏度，且當小心地與 SiO_2 濃度及鹼土金屬之相對及絕對濃度相平衡時，可用來降低液相線溫度，從而提高液相線黏度。相對於除 SiO_2 之外的每一氧化物而言，增加 Al_2O_3 會使創新玻璃在各種酸系蝕刻劑的耐久性得到改良，前述的酸蝕刻劑在基於非晶矽之蝕刻製程中常用於蝕刻顯示器玻璃。如同 SiO_2 ，相對於鹼土金屬之 Al_2O_3 增加通常可使創新玻璃密度降低，熱膨脹係數降低，並改良耐久性。尤其重要地，增加 Al_2O_3 置換除 SiO_2 之外的任一組份，通常將提高退火點，且因此需要可獲得 p-Si 應用所需之高退火點的最少量的

Al_2O_3 。由於需要使 Al_2O_3 與其他氧化物平衡，因此該等創新玻璃之 Al_2O_3 含量之全範圍係在 10.5 莫耳%與 13.5 莫耳%之間。

氧化硼或 B_2O_3 亦為玻璃形成氧化物，且係用來降低黏度，且更為重要地，係用來降低液相線溫度。一般而言， B_2O_3 增加 1 莫耳%會導致同等黏度下之溫度下降 10-14°C，視玻璃組成物之細節及討論中之黏度而定。然而，每莫耳%之 B_2O_3 可降低液相線溫度 18-22°C，因此其降低液相線溫度之效應較降低黏度之效應更快，從而增加液相線黏度。當吾人將 B_2O_3 含量降到極低點，同時將所有其他氧化物保持在其各別範圍中時，通常越難以獲得高達 130 kpoise 或更佳大於 170 kpoise 之液相線黏度，而液相線黏度大於 170 kpoise 則為與目前實施之熔融製程相容所需之先決條件。若吾人打算減少其他玻璃組份，來增加氧化硼濃度，則 CTE 及密度通常會降低，但退火點降低將更迅速，每莫耳%將急劇降低差不多 14°C，其對 p-Si 基板的應用極為有害。另一方面，相對於其他可降低黏度之組份（主要為鹼土金屬氧化物），增加氧化硼實際上改良在含氟酸中之耐久性，使得玻璃與為非晶矽基板玻璃而設計之蝕刻製程更相容。由於該等原因，較佳將 B_2O_3 保持在 0 莫耳%與 2.5 莫耳%之間。

在一實施例中，玻璃基本上不含 B_2O_3 。

令人驚訝之發現為，無硼玻璃中可獲得具有相對較低的液相線溫度，及由此所致之具有高液相線黏度之玻璃。如上所述，氧化硼降低液相線溫度之速率快於其降低黏度之速率，因此一般而言， B_2O_3 之添加提高液相線黏度。而且，硼傾向於降低液相線溫度之組成依賴性，使得特定氧化物之相對濃度變化，將傾向於使無硼玻璃之液相線溫度變化，大於含硼玻璃。本文所述之意外結果在於，對於不是 B_2O_3 之氧化物之窄範圍而言，可獲得低液相線溫度，且由於該等玻璃因上述原因黏性很高，因此相應液相線黏度可極高且適用於熔融製程。舉例而言，表 1 中之玻璃之液相線黏度為約 130,000 泊或更高，從而使其與熔融製程相容。此外，熔融製程在特定黏度範圍中運作：玻璃在對應於 20,000-35,000 泊之黏度下傳遞至等靜壓管之溝槽，且玻璃在對應於 100,000 或更高之黏度下以黏性帶形式離開等靜壓管之根部。在該等創新玻璃之極高傳遞溫度下，每單位面積之輻射熱損失速率大於較小黏性玻璃，僅因為玻璃之黑體輻射之實質部分係在可見及近紅外波長下，在該等波長下玻璃實質上為透明的。因此，相較於可能用於非晶矽基板玻璃之液相線黏度，熔融製程中，創新玻璃實際實施可能需要

高液相線黏度。因此，在一實施例中，玻璃組成物具有至少 170,000 泊之液相線黏度。

鹼土金屬氧化物 MgO 、 CaO 、 SrO 及 BaO 為用於製造之基本成分。如同 B_2O_3 一樣，相對於 SiO_2 或 Al_2O_3 增加鹼土金屬總會降低在定溫下玻璃熔體之黏度。由於高溫為限制玻璃槽及形成設備壽命之主要因素，因此常需要降低熔融及形成溫度，以儘可能地和傳遞給客戶的玻璃性質之適當系列保持一致。不同於 SiO_2 、 Al_2O_3 及 B_2O_3 ，相對於玻璃形成組份來說，增加鹼土金屬通常會使應用於 p-Si 的重要性質退化：CTE 及密度通常隨著鹼土金屬氧化物組份相對於 SiO_2 、 Al_2O_3 及 B_2O_3 的比例增加而增加，退火點通常降低，且耐久性與標準非晶矽基板玻璃的差距越來越大。較高鹼土金屬濃度對於最終玻璃性質來說，唯一的益處是楊氏模數，且對於鹼土金屬增加之一些組合而言，為比模數。楊氏模數決定玻璃薄片之硬度，且因此儘可能高的楊氏模數對玻璃處理很有價值。在恆溫下，在下方具有相隔甚遠之支撐物的玻璃薄片的凹陷係由比模數支配，或由楊氏模數與密度之比率支配。高鹼土金屬濃度通常增加密度，且因此使楊氏模數之增加不如預期。然而， MgO 及 CaO 增加密度之速率遠慢於大型鹼土金屬 Sr 及 Ba ，且因此鹼土金屬

之相對比例可經操縱以獲得與熔融相容性一致之楊氏模數與密度之最佳組合。在一實施例中，比模數大於 $30 \text{ GPa cm}^3/\text{gm}$ 。在另一實施例中，比模數大於 $31 \text{ GPa cm}^3/\text{gm}$ 。在又一實施例中，比模數大於 $31.5 \text{ GPa cm}^3/\text{gm}$ 。

亦需要鹼土金屬混合物來獲得低液相線溫度。其背後原因複雜。在不希望受到理論約束之情況下，各種鹼土金屬之創新範圍具有使創新範圍內之大多數玻璃，其液相線上形成兩種或兩種以上結晶相之效應，該等結晶相之一者為白矽石 (SiO_2)，且該等結晶相之另一者為鹼土金屬鋁矽酸鹽。在富含鋇之玻璃中，鹼土金屬鋁矽酸鹽常為六方鋇長石 (hexacelsian) 及其中之固溶體，其近似地表示為 $\text{Ba}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Ca}_y\text{Mg}_z\text{Al}_{2-z}\text{Si}_{2+z}\text{O}_8$ ，其中 x 、 y 及 z 通常小於 0.5。在具有低鋇濃度且由此具有相應較高 $\text{CaO}+\text{SrO}$ 濃度之玻璃中，鹼土金屬鋁矽酸鹽常為鈣長石 (anorthite) 或其中之固溶體，其近似地表示為 $\text{Ca}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Ba}_y\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 。對富含 Mg 之組成物而言，液相線相 (liquidus phase) 有時為堇青石 (cordierite) 或其中之固溶體，近似地為 $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ 。最佳液相線溫度通常係當兩種或兩種以上不同鋁矽酸鹽相及白矽石處於或接近液相線溫度時而獲得。玻璃成分各

相之相對競爭具有使其他相失去穩定性之效應，從而不僅降低液相線溫度，而且降低當在製造製程中過度冷卻時之去玻化趨勢。

在鹼土金屬氧化物之固定含量下，當 Ba、Sr 或 Ca 由 Mg 置換時，熔融及形成溫度通常降低。當 $(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ （亦被稱為 $\text{RO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ ）接近 1.0 時，由於其高熔融溫度使其幾乎不可能熔融，上述情況尤其重要。然而，MgO 為六方鋇長石及堇青石中之參與者，且在低 $(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 下可使富鋁紅柱石（mullite）穩定。因此，MgO 需限制在總鹼土金屬氧化物濃度之窄範圍中以獲得黏度與液相線溫度之最佳平衡：莫耳比 $\text{MgO} / (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 較佳保持在 0.2 至 0.45 之範圍中。在另一實施例中，此莫耳比保持在 0.29 至 0.39 之範圍中。在又一實施例中，此莫耳比保持在 0.31 至 0.35 之範圍中。

對液相線溫度具有最大有利影響之鹼土金屬氧化物為氧化鋇（BaO）。然而，當用其取代任一其他鹼土金屬氧化物時，其亦具有提高熔融及傳遞溫度之效應，且對諸如密度、CTE 及退火點之最終玻璃性質之損害程度大於任一其他鹼土金屬氧化物。可以減少鋇而增加氧化鋇（SrO），以抵消該等不利影響中之部

分，但對液相線溫度之效益顯著減少。由於六方鋇長石實質上為具有相對較低 CaO 及 BaO 之鋇鋁矽酸鹽，因此通常需要具有可與 $\text{BaO}+\text{SrO}$ 之組合濃度相當之 CaO 濃度。由於該等理由，創新玻璃將具有在 1.5 莫耳%與 6 莫耳%之間的 BaO 、在 0 莫耳%與 4 莫耳%之間的 SrO ，及在 3 莫耳%與 7 莫耳%之間的 CaO 。該等界限內之組成具有吸引人的物理性質及液相線黏度，可適用於諸如熔融製程之下拉製程。

即使熔融溫度相對較低，熔融設備之細節仍使得難以自玻璃熔體中清除氣包體。殘餘之氣包體表現為最終製品中之缺陷。P-Si TFT 製造商對使玻璃薄片表面變形之缺陷極為敏感，且由於不能預計氣包體相對於薄片表面將在何處終止，因此須不惜任何代價避免氣包體。而且，為了加工簡易性，TFT 製造商常尋求用 TFT 製造製程中所用之相同基板材料製成彩色濾光器玻璃，在此情況下，氣包體可妨礙像素，從而損害整體裝置之效能。為在將玻璃熔體製成薄片之前自玻璃熔體中清除氣態缺陷，習知為添加澄清劑。澄清劑為在高溫下釋放氣體之多價陽離子或鹵化物。例示性多價澄清劑包括（但不限於） As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 及 Fe_2O_3 。含砷及銻之廢流在一些國家被視為危險材料，且由於此原因，可能需要限制其在創新玻璃中之

濃度。在創新玻璃之較佳實施例中， As_2O_3 、 Sb_2O_3 或其組合保持在 500 ppm (0.05 重量%) 或更低之含量。

可用作澄清劑之鹵素包括 F、Cl 及 Br。含有鹵素之廢流在一些國家亦可被視為危險材料，且其在熔融製程期間之釋放可對鐵管道及支撐物造成過度腐蝕。另一方面，熔融系統可經設計以安全地處理鹵素廢氣，且可利用各種原料選擇來影響其在最終玻璃中之滯留。鹵素通常呈穩定鹽之形式添加，其可包括(但不限於)鹼土金屬或鋁之簡單鹽及水合鹽，諸如 MgF_2 、 CaF_2 、 SrF_2 、 BaF_2 、 MgCl_2 、 CaCl_2 、 SrCl_2 、 BaCl_2 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SrCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{BaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 MgBr_2 、 CaBr_2 、 SrBr_2 、 BaBr_2 、 $\text{MgBr}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaBr}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SrBr}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{BaBr}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 AlCl_3 、 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，及熟習此項技術者熟知之原料選擇之其他形式。澄清在相對較低含量之鹵素添加下通常最佳，因此創新玻璃具有在 0 莫耳%與 0.4 莫耳%之間的 F+Cl+Br 濃度。在較佳實施例中，F+Cl+Br 小於 200 ppm 或 0.02 重量%。

圖 1 說明本發明之典型玻璃 (X) 與典型 p-Si 玻璃之比較。緊縮性係在內部緊縮性量測及顯示器製造循環兩者中相對於鹼組成物 1 而量測的，其中 1 之 50%

被視為可接受之緊縮程度且低於 1 之 25% 為較佳。已使玻璃 1、2 及 3 經過顯示器製造製程以及吾人發明者之模擬內部測試，且包括該等玻璃以用實際顯示器製造者之反饋來顯示內部模擬之透明性。玻璃 4 為 Corning 之 Jade[®] 組成物且玻璃 5 為典型的經退火 p-Si 組成物，兩者皆顯示可接受之緊縮程度。玻璃 6 為「退火程度更高」之 p-Si 玻璃，其相對於「典型」玻璃 5 顯示較低緊縮性。顯然，本發明之玻璃（以玻璃 X 為代表）具有與兩種經退火之 p-Si 玻璃相當（如果不是更好的話）的緊縮效能，及相對於 Jade[®] 明顯更好之緊縮性。

圖 2 說明相對於本發明之典型玻璃（「X」），典型 p-Si 玻璃（玻璃 6 及 Jade[®]）在 700°C 下之熱凹陷（量測在 y 軸上的「變形」）。顯然，X 玻璃在 700°C 下凹陷的情況相較於其他兩種 p-Si 玻璃低，從而實現在顯示器製造商之製程中使用較高溫度熱循環。

圖 3 說明關於 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 含量與 $1\text{-B}_2\text{O}_3$ 含量及 $\text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ 含量之比率觀察到之重要關係。本發明之許多有利組成位於線 $y = 0.7132x + 86.965$ 上，如圖 3 圖解顯示。換言之，在一實施例中，本發明之玻璃屬於以下關係： $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 86.97 - 0.713 * (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3) \pm 0.8$ 。

實例

下文提出以下實例以說明根據所揭示主題之方法及結果。該等實例不欲包括本文所揭示之主題之所有態樣，而是說明代表方法及結果。該等實例不欲排除對熟習此項技術者而言顯而易知之本發明之同等物及變化。

已努力確保關於數字（例如量、溫度等）之精確度，但應考慮一些錯誤及偏差。除非另有所指，否則份數為重量份，溫度為 $^{\circ}\text{C}$ 或周圍溫度，且壓力為大氣壓或接近大氣壓。反應條件，例如組份濃度、溫度、壓力及其他反應範圍及可用來最佳化自所述製程獲得之產物純度及產量之條件，可存在許多變體及組合。僅需要合理及常用實驗來最佳化此類製程條件。

表 1 顯示基於表 2 中之實例 16 的例示性創新玻璃組成物的實例，及用於製造該實例之原料之特定選擇。如熟習玻璃製造技術者已知，由於原始原料係藉由熔融製程轉化為單一均勻玻璃，所以原料之特定選擇不影響最終玻璃組成。然而，原料之實際選擇可不同於根據特定要求所指定者，該等特定要求受到特定熔融系統之限制或由原料成本或由該兩者影響。

SiO_2 之主要來源為沙。可自多種來源，包括沙沈積物（海灘或沙丘）、砂岩、石英岩或熟習原料選擇技術者所知之其他來源中之一或多種獲得沙。在無鹼玻璃中，鹼性污染之主要來源常為沙，因此仔細選擇來

源材料對最小化此種重要污染物而言可謂重要。沙粒之大小可影響熔融速率，且詳言之，大沙粒可能無法完全熔融，其在磨損中呈現為包裹體(knot)或石頭。為避免此種情況，通常較佳使超過 90%之所有沙粒通過標準#80 U.S 標準篩孔大小。氧化鋁本身通常為添加 Al_2O_3 至玻璃之最便宜的原料，但當原料成本不太重要時，可使用諸如鋁矽酸鹽高嶺土或氧化鋁水合形式或 Al_2O_3 多晶型物之其他材料取而代之。

雖然實例 16 不是有意含有 B_2O_3 ，但其他實例也如此。 B_2O_3 可呈硼酸酐（大約為 94+% B_2O_3 ，其餘大部分為 H_2O ）或硼酸（大約為 $\text{B}(\text{OH})_3$ ）之形式分批給料。

MgO 通常呈氧化物形式添加，而其他鹼土金屬通常呈碳酸鹽形式分批給料。 CaO 之適合碳酸鹽來源包含石灰石及沈澱碳酸鈣（精煉石灰石產物）。 MgO 可與白雲石形式之 CaO 分批給料，但此亦可能增加玻璃中之鐵量，且因此與可預期性較高之純鐵來源相比可能不合需要。大多數鋁及鋇通常呈藉由工業化學製程獲得之碳酸鹽形式添加。然而，為使批料充分氧化，通常亦需要包括硝酸鹽來源。硝酸鋁係在批料中指定，而硝酸鋇同樣適用。在該兩種情況下，通常需要分批給料不超過約 1 莫耳%之呈硝酸鹽形式之鹼土金屬氧化物，以減少 NO_x 排放，但在其他方面，硝酸鹽可有助於熔融，所以效果最好之準確量通常為試

誤研究之主題。

SnO_2 作為澄清劑而包括於其常用用途中。更多 SnO_2 通常等同於增進澄清能力，但由於其為相對昂貴之原料，所以添加量不應超過驅散氣包體以達到適當低含量所需之量。創新玻璃之 SnO_2 含量較佳在 0.02 莫耳%與 0.3 莫耳%之間。

此實例包括少量 ZrO_2 (氧化鋯)。其在玻璃熔融或澄清行為中不具有實際作用，且在此低含量下不賦予重要性質。在實驗室規模批料中包含 ZrO_2 為有用的，然而，由於其將藉由使熱玻璃與氧化鋯系之耐火材料在熔化器中接觸而引入，所以監控其在玻璃中之含量對於判定槽隨著時間之磨損率可能很重要。一實施例之最終玻璃中之 ZrO 典型量小於 0.05 莫耳%。在另一實施例中， ZrO 之量小於 500 ppm。

批料顯示低含量鐵。然而，某些鐵幾乎不可避免，此乃因原料，特別是沙及典型 MgO 來源所引入的污染。亦可添加鐵以有助於澄清、氫滲透或兩者皆有幫助。若有意添加，則草酸鐵為特別有用的原料，但亦可採用鐵之其他化合物。若鐵變得過度氧化，則其會使玻璃具有顏色，因此鐵含量較佳在 0.01 莫耳%與 0.08 莫耳%之間以獲得氣包體控制與顏色過深之間的最佳平衡。

硼酸及沙伴隨大量的水，且伴隨碳酸鹽原料存在顯著量之二氧化碳。 CO_2 微溶於玻璃中，所以大多數

CO₂ 在熔融之最早階段就已丟失，且在本實例中，氣包體中所截留之 CO₂ 通常係藉由澄清劑（例如 SnO₂）之作用而移動。然而，顯著含量之水可呈溶解 OH⁻ 離子之形式保留在玻璃中。此產生近紅外區中之接近 3600 cm⁻¹ 之可測 OH⁻ 振動帶。大於背景值的此譜帶強度，通過 1 mm 厚路徑長度的強度被稱為 β_{OH}。其範圍在習知非晶矽基板玻璃中通常在低達 0.2 至高達 0.7 之間。溶解之 OH⁻ 對無鹼玻璃之退火點具有較大影響，且因此需要為任一既定玻璃保持 OH⁻ 儘可能在合理低值。習知電動熔化器（electric-boost melter）通常採用在玻璃表面上方之燃燒器，其產生高水分壓造成較高含量之水併入玻璃中。可使用鹵化物來降低所保持之水含量，且提昇經由電極傳遞之功率，及降低經由燃燒器傳遞之功率亦有所幫助。同樣，選擇相對乾燥之沙可導致溶解之 OH⁻ 產生足夠變化以顯著影響退火點。創新玻璃之 β_{OH} 在一實施例中小於 0.55，在另一實施例中小於 0.5，且在又一實施例中小於 0.45，以最大化最終玻璃之退火點。

當此實例中之實際組成物及原料選擇相當特殊時，熟習此項技術者將瞭解可用替代原料來獲得相同的最終玻璃組成物，且因此特別原料組須經選擇以最適用於既定熔融/澄清/形成製程。產生相等組成物之任一其他原料組將因此產生滿足低溫多晶矽應用所需之高退火點、低密度、低 CTE 及高耐久性之基本

需求的玻璃。

而且，雖然所揭示玻璃之期望用途係用於 p-Si 應用中，但應注意，亦可考慮將玻璃用於 a-Si 彩色濾光器基板或其中所揭示性質被認為有利之其他應用中。

表 1

		莫耳 %	批重 (g)
SiO ₂	沙	71.86	596.99
Al ₂ O ₃	氧化鋁	11.72	174.35
MgO	氧化鎂	5.17	30.36
CaO	石灰石	5.59	84.65
SrO	碳酸鋇	1.42	28.45
BaO	碳酸鋇	4.05	119.78
SnO ₂	氧化錫 (IV), 10% C.B.	0.15	33
Fe ₂ O ₃	草酸鐵 10% C.B.	0.02	5.349
ZrO ₂	氧化鋯 20% C.B.	0.02	2.02

實例-測試樣品之製備

表 2 闡述以莫耳 % 計之例示性玻璃組成，其自玻璃批料中以氧化物計。該等實例玻璃係藉由在特定溫度及時間下（例如，在鉑坩堝中在約 1625°C 之溫度下經過約 4-16 小時之時間），將各玻璃組成物之 1,000-25,000 公克批料熔融，以產生相對均勻之玻璃組成物來製備。亦闡述各玻璃組成物之相關玻璃性

質，其是根據玻璃技藝中習知之技術的玻璃基礎上確定。因此，在溫度範圍 0-300°C 中之線性熱膨脹係數 (CTE) 係以 $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 為單位來表示，軟化點 (Soft. Pt.)、退火點 (Ann. Pt.) 及應變點 (Str. Pt.) 係以 $^{\circ}\text{C}$ 為單位來表示。此等值係自纖維拉長技術 (分別為 ASTM 參考 E228-85、C338 及 C336) 確定。以 g/cm^3 為單位之密度 (Den.) 係經由阿基米德方法 (ASTM C693) 量測。

200 泊溫度 (Melt. Temp., $^{\circ}\text{C}.$) (定義為玻璃熔體顯示 200 泊 [20 Pa.s] 黏度時之溫度) 係採用適合於高溫黏度資料之弗切爾方程式 (Fulcher equation) (經由旋轉圓柱黏度測定法，ASTM C965-81 量測) 計算。玻璃之液相線溫度 (Liq. Temp.) 係使用標準液相線方法量測。此包含將粉碎玻璃粒子置於鉑晶舟中，將晶舟置於具有梯度溫度區域之爐中，在適當溫度區域中將晶舟加熱 24 小時，及藉由顯微鏡檢查確定玻璃內部出現晶體時之最高溫度。自此溫度及弗切爾方程式之係數確定液相線黏度 ((Liq. Visc., 以泊計)。

列於表 2 中之其餘性質係經由熟習此項產業者熟知之標準測試實現。

表 2

實例	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	70.75	72.33	72.19	71.68	73.11	71.75
Al ₂ O ₃	11.96	11.85	11.36	11.46	11.6	12.17
B ₂ O ₃	1.23	0	1.55	1.6	0	0
MgO	5.88	4.92	4.73	4.44	4.81	5.93
CaO	5.3	5.16	5.22	5.37	5.19	5.28
SrO	2.04	3.11	1.87	2.44	1.35	2.1
BaO	2.68	2.46	2.95	2.81	3.81	2.61
SnO ₂	0.11	0.12	0.12	0.15	0.12	0.11
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
ZrO ₂	0.02	0.02	0	0.02	0	0.03
RO/Al ₂ O ₃	1.33	1.32	1.3	1.31	1.31	1.31
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.99	3.8	3.46	3.66	3.56	3.75
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.74	84.18	84.87	84.49	84.71	83.92
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.37	0.31	0.32	0.29	0.32	0.37
性質	1	2	3	4	5	6
應變	740	761	742	740	765	764
退火	793	818	797	794	820	817
軟化 (ppv)	1030.1	1059.5	1043.6	1042.5		1052.8
CTE (碟)	36.2	36.1	35.6	35.3	36.7	35.9
密度	2.595	2.604	2.575	2.586	2.611	2.601
楊氏模數	12.178	12.187	11.904	11.92	12.076	12.371
比模數	32.4	32.3	31.9	31.8	31.9	32.8
黏度	1	2	3	4	5	6
A	-3.039	-3.318	-3.089	-2.936	-3.179	-2.77
B	6851.7	7509.3	7314.4	6813.9	7321.7	6440.1
至	380.6	364.2	347	391.5	376.7	423.8
200 泊	1664	1701	1704	1693	1713	1694
400 泊	1595	1633	1632	1622	1643	1623
35000 泊	1284	1319	1305	1302	1325	1304
梯度晶舟	1	2	3	4	5	6
內部	1210	1240	1225	1210	1250	1220
內部黏度	166737	180392.2	174482.4	244828.8	160304.6	208231.1
T(35kp) - T(liq)	74	79	80	92	75	84

表 2 (續)

莫耳 %	實例	7	8	9	10	11	12	13
	SiO ₂	71.99	71.21	72.48	71.79	71.33	71.33	73.59
	Al ₂ O ₃	11.59	11.59	11.73	12.61	11.49	11.58	11.37
	B ₂ O ₃	0	1.19	0	1.72	1.29	1.53	0
	MgO	5.51	5.32	4.95	3.94	5.21	4.65	4.73
	CaO	5.41	5.36	5.53	5.03	5.33	5.79	5.11
	SrO	1.18	1.4	1.82	1.21	1.28	1.69	1.32
	BaO	4.16	3.78	3.31	3.54	3.91	3.24	3.74
	SnO ₂	0.11	0.11	0.14	0.12	0.11	0.15	0.12
	Fe ₂ O ₃	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
	ZrO ₂	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0
	RO/Al ₂ O ₃	1.4	1.37	1.33	1.09	1.37	1.33	1.31
	(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.67	4.32	3.88	1.13	4.3	3.85	3.53
	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.58	83.8	84.21	85.88	83.9	84.2	84.96
	MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.34	0.34	0.32	0.29	0.33	0.3	0.32
性質		7	8	9	10	11	12	13
	應變	759	744	764	752	745	738	765
	退火	813	797	818	806	798	794	821
	軟化 (ppv)	1052.3	1038.6	1058		1035.1	1037.3	1073.1
	CTE (碟)	36.4	36.5		35.5	33.8	36.8	35.9
	密度	2.629	2.612	2.611		2.612	2.594	2.592
	楊氏模數	12.12	12.083	12.086		12.003	11.932	12.011
	比模數	31.8	31.9	31.9		31.7	31.7	31.9
黏度		7	8	9	10	11	12	13
	A	-3.281	-3.058	-2.963	-2.9388	-3.267	-3.416	-3.229
	B	7682.3	7027.4	6997.2	6854.51	7471.1	7756.7	7499
	至	329.9	369.3	384.4	397.06	338.2	326.9	368.2
	200 泊	1706	1681	1714	1705	1680	1684	1724
	400 泊	1636	1611	1642	1634	1611	1616	1654
	35000 泊	1312	1294	1316	1313	1295	1301	1333
梯度晶舟		7	8	9	10	11	12	13
	內部	1220	1190	1205	1185	1185	1200	1250
	內部黏度	223783.5	319661.5	366379.8	576075.1	359537.7	293826.6	188449.9
	T(35kp) - T(liq)	92	104	111	128	110	101	83

表 2 (續)

實例	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	72.27	73.26	71.86	72.08	72.09	72.78
Al ₂ O ₃	11.9	11.09	11.72	11.76	12.05	11.39
B ₂ O ₃	0	1	0	0	0	0
MgO	4.92	4.61	5.17	5.34	5.4	4.91
CaO	6.16	4.98	5.59	5.44	5.38	5.44
SrO	2.13	1.29	1.42	1.6	2.03	1.68
BaO	2.46	3.63	4.05	3.62	2.93	3.65
SnO ₂	0.12	0.12	0.15	0.11	0.1	0.11
Fe ₂ O ₃	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
ZrO ₂	0.02	0	0.02	0.02	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.32	1.31	1.38	1.36	1.31	1.38
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.77	3.45	4.51	4.24	3.69	4.29
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.17	85.2	83.58	83.84	84.14	84.17
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.31	0.32	0.32	0.33	0.34	0.31
性質	14	15	16	17	18	19
應變	765	749	760	759	762	762
退火	818	806	814	813	816	815
軟化 (ppv)	1055.3	1059.6	1052.2	1051.4	1050	1056.8
CTE (碟)	35.9	35.8	37.3	36.1	37.1	37.2
密度	2.591	2.572	2.632	2.619	2.603	2.616
楊氏模數	12.228	11.769		12.158		
比模數	32.5	31.5	0	32		0
黏度	14	15	16	17	18	19
A	-3.143	-3.447	-3.156	-3.201	-3.227	-2.954
B	7180.4	8201	7237.7	7221.9	7345.25	7021.4
至	381.1	290.5	370.5	379.5	368.95	385.6
200 泊	1700	1717	1697	1692	1698	1722
400 泊	1631	1646	1627	1624	1629	1649
35000 泊	1315	1317	1310	1312	1314	1322
梯度晶舟	14	15	16	17	18	19
內部	1240	1245	1195	1200	1225	1230
內部黏度	164814.5	139615.3	419073.2	398867	225630.8	229748.9
T(35kp) - T(liq)	75	72	115	112	89	92

表 2 (續)

實例	20	21	22	23	24	25
SiO ₂	72.19	71.45	73.18	72.39	72.65	71.59
Al ₂ O ₃	12.2	12.05	11.95	11.74	11.72	11.73
B ₂ O ₃	1	1.25	0.5	0	0	1.65
MgO	4.61	4.9	4.56	5.14	4.86	4.75
CaO	4.9	5.5	4.88	5.34	5.59	5.5
SrO	1.3	1.55	1.24	1.22	2.58	2
BaO	3.6	3.15	3.54	4.02	2.43	2.65
SnO ₂	0.16	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12
Fe ₂ O ₃	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01
ZrO ₂	0.02	0	0	0.02	0.03	0
RO/Al ₂ O ₃	1.18	1.25	1.19	1.34	1.32	1.27
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	2.23	3.09	2.28	3.98	3.74	3.22
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	85.24	84.56	85.56	84.13	84.37	84.72
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.32	0.32	0.33	0.31	0.32
性質	20	21	22	23	24	25
應變	752	738	767	761	765	743
退火	807	793	821	817	819	797
軟化 (ppv)	1050.2	1034.2	1069.5	1060.2	1058.6	1039.8
CTE (碟)	35.4	36.2	34.4	34	36.4	35.9
密度	2.603	2.603	2.577	2.62	2.594	2.574
楊氏模數		12.112	11.951	12.115	12.163	11.929
比模數	0	32.1	32	31.9	32.3	32
黏度	20	21	22	23	24	25
A	-3.232	-2.868	-3.354	-3.061	-2.77	-3.044
B	7311.1	6597.4	7841.5	7095.3	6633.3	7080.4
至	370.6	398	326.5	388.7	408.9	365.7
200 泊	1692	1674	1713	1712	1717	1690
400 泊	1624	1604	1643	1642	1644	1620
35000 泊	1311	1288	1319	1322	1316	1299
梯度晶舟	20	21	22	23	24	25
內部	1220	1205	1230	1225	1240	1220
內部黏度	237339.4	202869.5	211361.6	264945.4	162685.9	175369.9
T(35kp) - T(liq)	91	83	89	97	76	79

表 2 (續)

實例	26	27	28	29	30	31
SiO ₂	71.71	72.7	72.21	71.14	72.85	71.97
Al ₂ O ₃	11.24	11.38	11.62	11.27	11.37	12.02
B ₂ O ₃	0	0	0	0.91	0	0
MgO	5.95	3.88	5.24	5.68	4.85	4.98
CaO	5.5	5.74	5.47	5.46	5.73	6.23
SrO	1.03	2.83	1.2	1.1	0.92	2.15
BaO	4.38	3.31	4.09	4.27	4.13	2.49
SnO ₂	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
Fe ₂ O ₃	0.05	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02
ZrO ₂	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
RO/Al ₂ O ₃	1.5	1.38	1.38	1.46	1.37	1.32
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	5.62	4.38	4.38	5.29	4.26	3.83
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	82.95	84.08	83.83	83.17	84.22	83.99
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.35	0.25	0.33	0.34	0.31	0.31
性質	26	27	28	29	30	31
應變	755	761	764	740	760	766
退火	807	816	816	793	814	819
軟化 (ppv)	1043	1056.7	1047.7	1033.1	1058.9	1056
CTE (碟)		38.2		37	36.2	
密度	2.637	2.627	2.625	2.629	2.618	2.593
楊氏模數	12.099	12.052	12.062	11.947	12.006	12.299
比模數	31.6	31.6	31.7	31.3	31.6	32.7
黏度	26	27	28	29	30	31
A	-2.927	-3.158	-3.245	-3	-2.577	-3.031
B	6767.8	7404.8	7464.1	6922.1	6367.7	7014.5
至	400.7	361.3	354.3	371.5	425.3	383.8
200 泊	1695	1718	1700	1677	1731	1699
400 泊	1625	1647	1631	1607	1655	1629
35000 泊	1307	1323	1313	1289	1320	1310
梯度晶舟	26	27	28	29	30	31
內部	1200	1230	1200	1190	1210	1235
內部黏度	346863.6	232274.4	381015.8	286454.5	345001.5	162076.1
T(35kp) - T(liq)	107	93	113	99	110	75

表 2 (續)

實例	32	33	34	35	36	37
SiO ₂	71.66	70.82	72	74.05	72.8	72.83
Al ₂ O ₃	12.19	12.07	11.65	12.03	11.37	11.38
B ₂ O ₃	0	1	1.65	0	0	0
MgO	6.22	6.01	4.75	4.34	4.29	5.38
CaO	5.33	5.27	5.3	4.73	5.72	5.19
SrO	2.25	2.16	1.5	1.18	2.08	0.88
BaO	2.18	2.5	3	3.53	3.57	4.19
SnO ₂	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	0.02	0.03	0	0.02	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.31	1.32	1.25	1.15	1.38	1.37
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.79	3.91	2.95	1.75	4.29	4.26
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.85	83.73	85.05	86.08	84.17	84.21
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.39	0.38	0.33	0.31	0.27	0.34
性質	32	33	34	35	36	37
應變	764	745	740	774	760	761
退火	816	799	794	830	814	815
軟化 (ppv)	1049.4	1034	1034.9	1079	1057.4	1056.4
CTE (碟)	35.9	37	34.8	34.3	36.8	36.9
密度	2.591	2.59	2.582	2.58	2.622	2.621
楊氏模數	12.402		11.99	11.981		12.113
比模數	33		32	32	0	31.9
黏度	32	33	34	35	36	37
A	-3.426	-3.2055	-2.778	-2.998	-3.145	-2.35
B	7613.4	7086.72	6477.2	7183	7387	5942.8
至	344.8	377.78	407.6	390.8	360.1	455.9
200 泊	1674	1665	1683	1746	1717	1734
400 泊	1608	1598	1612	1673	1645	1656
35000 泊	1300	1292	1292	1343	1321	1318
梯度晶舟	32	33	34	35	36	37
內部	1230	1215	1200	1245	1210	1215
內部黏度	149543.7	181587.2	248974.3	257654.5	352055.2	301123.4
T(35kp) - T(liq)	70	77	92	98	111	103

表 2 (續)

實例	38	39	40	41	42	43
SiO ₂	71.6	72.61	72.31	71.69	72.31	71.27
Al ₂ O ₃	11.81	11.81	11.59	11.88	12.04	12.27
B ₂ O ₃	0	0	0	0	0	1.72
MgO	5.54	4.91	4.82	5.97	4.88	4.2
CaO	5.49	5.3	5.95	5.39	5.38	5.34
SrO	1.23	1.37	0.99	1.93	1.39	1.29
BaO	4.19	3.88	4.18	2.99	3.87	3.76
SnO ₂	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12
Fe ₂ O ₃	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
ZrO ₂	0.02	0	0.02	0.02	0	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.39	1.31	1.38	1.37	1.29	1.19
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.64	3.65	4.35	4.4	3.48	2.36
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.41	84.42	83.9	83.57	84.35	85
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.34	0.32	0.3	0.37	0.31	0.29
性質	38	39	40	41	42	43
應變	759	765	759	762	764	741
退火	811	819	813	814	818	794
軟化 (ppv)	1049.2	1059.3	1055.6	1050.6		
CTE (碟)	37.9	36.7	36.7	36.5		36.7
密度	2.632	2.624	2.627	2.612	2.617	
楊氏模數	12.231	12.096	12.124	12.343	12.049	
比模數	32	31.8	31.8	32.6	31.7	
黏度	38	39	40	41	42	43
A	-3.603	-3.326	-3.147	-3.062	-2.976	-2.8813
B	8091.9	7540.6	7223.2	6951.8	7088.4	6732.21
至	319.2	361.5	376.4	388.2	371.8	389.92
200 泊	1690	1702	1702	1684	1715	1689
400 泊	1623	1634	1633	1616	1643	1618
35000 泊	1312	1320	1316	1302	1314	1297
梯度晶舟	38	39	40	41	42	43
內部	1220	1250	1200	1220	1200	1185
內部黏度	239891.6	144839.8	420026.6	197486.7	382650.4	385510.9
T(35kp) - T(liq)	92	70	116	82	114	112

表 2 (續)

實例	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	72.03	72.3	71.58	72.23	72.47	72.09
Al ₂ O ₃	12.77	11.58	11.7	11.62	11.54	12.05
B ₂ O ₃	1.72	0	1.25	0	0	0
MgO	3.82	4.97	4.86	5.56	5.24	5.47
CaO	4.89	5.68	5.26	5.27	5.35	4.66
SrO	1.18	1.28	1.4	0.96	0.72	1.84
BaO	3.44	4.04	3.8	4.2	4.53	3.75
SnO ₂	0.12	0.11	0.13	0.11	0.11	0.1
Fe ₂ O ₃	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
ZrO ₂	0.02	0.02	0	0.02	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.04	1.38	1.31	1.38	1.37	1.3
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	0.57	4.39	3.67	4.37	4.3	3.67
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	86.28	83.88	84.33	83.85	84.01	84.14
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.29	0.31	0.32	0.35	0.33	0.35
性質	44	45	46	47	48	49
應變	750	762	739	757	761	764
退火	803	816	794	810	814	818
軟化 (ppv)		1055.1	1035.4	1050.4	1057.2	1047
CTE (碟)	35.1	37.2	37.2	36.6	36.6	37.2
密度		2.625	2.614	2.623	2.625	2.63
楊氏模數		12.086	11.984	12.124	12.194	
比模數		31.7	31.6	31.9	32	
黏度	44	45	46	47	48	49
A	-3.2039	-3.224	-2.978	-3.099	-3.327	-3.085
B	7359.53	7477.8	6940.6	7233.1	7780	7131.02
至	369.45	353.2	371.6	364.2	323.7	379.69
200 泊	1706	1707	1686	1704	1706	1704
400 泊	1637	1637	1615	1633	1636	1634
35000 泊	1319	1316	1294	1311	1312	1314
梯度晶舟	44	45	46	47	48	49
內部	1210	1200	1190	1210	1200	1235
內部黏度	356215.2	404256.1	318195.5	283651.6	355826.3	178793.4
T(35kp) - T(liq)	109	116	104	101	112	79

表 2 (續)

實例	50	51	52	53	54	55
SiO ₂	71.99	72.8	72.66	73.6	71.99	71.7
Al ₂ O ₃	12.5	11.38	11.43	11.38	11.55	12.49
B ₂ O ₃	0.5	0	0	0	1.64	1.25
MgO	4.75	5.12	5.15	4.73	4.68	4.75
CaO	5.1	5.33	4.8	5.1	5.42	5
SrO	1.3	1.14	2.22	1.32	1.97	2.35
BaO	3.7	4.08	3.58	3.74	2.61	2.25
SnO ₂	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12	0.16
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
ZrO ₂	0	0.02	0.02	0	0	0.03
RO/Al ₂ O ₃	1.19	1.38	1.38	1.31	1.27	1.15
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	2.36	4.29	4.32	3.51	3.18	1.88
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.91	84.18	84.09	84.98	84.93	85.26
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.33	0.33	0.32	0.32	0.33
性質	50	51	52	53	54	55
應變	762	761	762	765	742	749
退火	817	815	816	819	798	804
軟化 (ppv)	1057.8	1058.3	1058.2	1060.3	1042.4	1043.7
CTE (碟)	34.9	35.5	36.9	35.8	35.1	34.2
密度	2.604	2.618	2.622	2.608	2.567	2.581
楊氏模數	12.12	12.03	12.099	12.025	11.921	
比模數	32.1	31.7	31.8	31.8	32	0
黏度	50	51	52	53	54	55
A	-3.098	-3.374	-3.181	-3.449	-2.907	-3.169
B	7091.4	7781.6	7401.1	7934.3	6863.9	7018.1
至	391.2	338.5	363.3	337.7	380.6	391
200 泊	1705	1710	1713	1718	1699	1674
400 泊	1635	1641	1643	1649	1627	1607
35000 泊	1319	1321	1321	1330	1302	1301
梯度晶舟	50	51	52	53	54	55
內部	1210	1215	1210	1240	1230	1225
內部黏度	365361.7	319181.5	363172.2	221012.5	149238.4	176192.7
T(35kp) - T(liq)	109	106	111	90	72	76

表 2 (續)

實例	56	57	58	59	60	61
SiO ₂	72.47	72.75	72.71	71.85	70.99	72.83
Al ₂ O ₃	11.42	11.68	11.41	11.57	11.79	11.37
B ₂ O ₃	1	0	0	0	1.2	0
MgO	4.76	4.84	4.95	5.56	5.57	4.87
CaO	5.13	5.08	5.45	5.49	5.36	5.53
SrO	1.33	3.06	1.5	1.22	1.84	0.93
BaO	3.76	2.42	3.82	4.15	3.08	4.31
SnO ₂	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ZrO ₂	0	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.31	1.32	1.38	1.42	1.34	1.38
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.6	3.72	4.31	4.85	4.11	4.27
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.74	84.43	84.12	83.42	83.79	84.2
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.31	0.31	0.34	0.35	0.31
性質	56	57	58	59	60	61
應變	752	764	759	760	744	760
退火	809	818	814	813	796	814
軟化 (ppv)	1058.2	1056.5	1055.8	1052.3	1034.1	1059.6
CTE (碟)	34.8	36.1	37.2	38.3	36.1	36.6
密度	2.595	2.598	2.62	2.628	2.6	2.621
楊氏模數	11.92	11.927	12.288	12.14	12.051	12.01
比模數	31.7	31.7	32.3	31.9	32	31.6
黏度	56	57	58	59	60	61
A	-3.053	-3.214	-3.04	-3.017	-3.07	-3.315
B	7293.1	7452.5	7104.2	6965.6	7012.4	7912.6
至	358.8	357.5	382.9	390.6	370.9	314.4
200 泊	1721	1709	1713	1700	1676	1723
400 泊	1648	1639	1642	1630	1607	1652
35000 泊	1319	1318	1320	1312	1292	1321
梯度晶舟	56	57	58	59	60	61
內部	1240	1235	1210	1210	1195	1210
內部黏度	167235.2	190054.2	354232.1	304687.3	274891.6	331109
T(35kp) - T(liq)	79	83	110	102	97	111

表 2 (續)

實例	62	63	64	65	66	67
SiO ₂	70.77	72.3	71.68	72.37	73.61	71.53
Al ₂ O ₃	11.9	11.84	12.13	12.12	12.08	11.9
B ₂ O ₃	1.06	0	0	0	0	1.35
MgO	6	5.01	5.71	4.92	4.51	4.37
CaO	5.34	5.58	5.63	5.66	4.85	5.36
SrO	1.89	2.1	2.17	2.75	1.26	1.38
BaO	2.87	3.01	2.52	2.02	3.56	3.97
SnO ₂	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Fe ₂ O ₃	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
ZrO ₂	0.03	0.02	0.03	0.02	0	0.01
RO/Al ₂ O ₃	1.35	1.33	1.32	1.27	1.17	1.27
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.24	3.86	3.9	3.23	2.1	3.22
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.56	84.14	83.81	84.49	85.69	84.57
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.37	0.32	0.36	0.32	0.32	0.29
性質	62	63	64	65	66	67
應變	742	766	758	767	776	745
退火	795	820	815	820	830	800
軟化 (ppv)	1029.6	1057.6	1052.7	1059.5	1077.1	1043.5
CTE (碟)	36.3	35.9	36.1	36	35.8	37
密度	2.603	2.604	2.597	2.586	2.591	2.603
楊氏模數	12.136	12.137	12.308	12.258	12.165	11.92
比模數	32.1	32.1	32.7	32.7	32.4	31.6
黏度	62	63	64	65	66	67
A	-3.035	-2.991	-3.143	-3.049	-3.566	-2.943
B	6870.8	7115.9	6986.1	7170.6	8149.3	6909.4
至	379.2	368.7	398.3	370.2	334.5	379.8
200 泊	1667	1713	1682	1710	1723	1697
400 泊	1598	1641	1614	1639	1656	1626
35000 泊	1286	1313	1307	1315	1339	1303
梯度晶舟	62	63	64	65	66	67
內部	1205	1220	1220	1235	1265	1190
內部黏度	192829.9	233272.2	228564.1	174834.9	155589.2	384607.5
T(35kp) - T(liq)	81	93	87	80	74	113

表 2 (續)

實例	68	69	70	71	72	73
SiO ₂	71.76	72.75	70.78	71.47	72.9	71.8
Al ₂ O ₃	11.26	11.42	11.85	11.87	11.69	11.49
B ₂ O ₃	0	0	0.87	0	0	0
MgO	5.34	5.07	4.97	5.54	4.83	5.61
CaO	5.75	5.34	5.77	5.52	5.25	5.48
SrO	1.52	0.63	1.47	1.23	1.37	1.44
BaO	4.18	4.63	4.12	4.2	3.83	3.98
SnO ₂	0.16	0.11	0.14	0.11	0.12	0.16
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
ZrO ₂	0.02	0.02	0.02	0.03	0	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.49	1.37	1.38	1.39	1.31	1.44
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	5.53	4.25	4.52	4.62	3.59	5.02
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.02	84.17	83.36	83.34	84.59	83.29
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.32	0.3	0.34	0.32	0.34
性質	68	69	70	71	72	73
應變	751	761	742	757	765	755
退火	805	815	797	810	819	808
軟化 (ppv)	1046	1058.3	1040.1	1047.9		1048
CTE (碟)	39.5	37.3	38.7	37.8	36.1	38.6
密度	2.641	2.627	2.632	2.637	2.6	2.631
楊氏模數		12.013		12.237	12.124	
比模數		31.5		32	32.2	
黏度	68	69	70	71	72	73
A	-3.1715	-2.639	-2.8291	-2.87	-2.887	-3.2947
B	7306.29	6448.7	6603.21	6677.3	6946	7613.94
至	355.18	421.2	398.09	404.8	391.2	333.99
200 泊	1690	1727	1685	1696	1730	1695
400 泊	1621	1652	1614	1625	1657	1625
35000 泊	1302	1319	1294	1305	1326	1305
梯度晶舟	68	69	70	71	72	73
內部	1200	1200	1180	1230	1210	1210
內部黏度	299805.3	437827.5	412928.1	166623.1	394590	249409.6
T(35kp) - T(liq)	102	119	114	75	116	95

表 2 (續)

實例	74	75	76	77	78	79
SiO ₂	72.39	73.19	72.74	71.85	71.4	71.79
Al ₂ O ₃	12.32	11.54	11.38	10.79	11.71	11.53
B ₂ O ₃	0.5	0	0	0	1.55	1.55
MgO	4.68	4.81	5.18	5.44	4.86	4.8
CaO	5.03	5.19	5.25	5.89	5.38	5.3
SrO	1.28	1.34	0.04	1.55	1.93	1.9
BaO	3.65	3.79	5.26	4.27	3.05	3
SnO ₂	0.13	0.12	0.11	0.16	0.12	0.12
Fe ₂ O ₃	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
ZrO ₂	0	0	0.02	0.02	0	0
RO/Al ₂ O ₃ (RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	1.19	1.31	1.38	1.59	1.3	1.3
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	2.33	3.59	4.35	6.36	3.57	3.52
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	85.14	84.73	84.12	82.64	84.42	84.63
0.32	0.32	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32
性質	74	75	76	77	78	79
應變	762	770	760	748	743	742
退火	817	822	814	801	797	796
軟化 (ppv)	1060.3	1068.8	1058.4	1043	1040	1041.7
CTE (碟)	35.8	35.7	36.5	39.8	35.6	34.9
密度	2.596	2.6	2.63	2.645	2.586	2.584
楊氏模數	12.046	12.039	11.954		11.937	11.918
比模數	32	31.9	31.3		31.8	31.8
黏度	74	75	76	77	78	79
A	-3.115	-3.715	-3.007	-3.2794	-3.16	-3.089
B	7142	8889.8	7290.9	7568.49	7253.8	7373
至	393.1	251	346.7	329.91	358.9	332.6
200 泊	1712	1729	1720	1686	1687	1700
400 泊	1642	1658	1647	1617	1618	1628
35000 泊	1326	1327	1312	1297	1300	1299
梯度晶舟	74	75	76	77	78	79
內部	1230	1235	1195	1205	1230	1220
內部黏度	262346.3	208617	387007	234106.4	146951	165783.7
T(35kp) - T(liq)	96	92	117	92	70	79

表 2 (續)

實例	80	81	82	83	84	85
SiO ₂	72.18	73.58	72.47	72.1	71.96	71.97
Al ₂ O ₃	12.2	11.77	11.46	12.05	12.02	11.58
B ₂ O ₃	0	0.5	0	0	0	0.84
MgO	4.91	4.48	5.34	5.47	4.98	4.68
CaO	5.52	4.81	5.3	5.16	5.23	5.47
SrO	2.07	1.22	0.37	1.34	2.15	1.39
BaO	2.96	3.49	4.9	3.75	3.49	3.9
SnO ₂	0.12	0.13	0.11	0.1	0.12	0.14
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	0.02	0	0.02	0.02	0.03	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.27	1.19	1.39	1.3	1.32	1.33
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.26	2.24	4.45	3.67	3.83	3.89
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.38	85.78	83.93	84.15	83.98	84.26
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.32	0.34	0.35	0.31	0.3
性質	80	81	82	83	84	85
應變	767	766	761	764	766	748
退火	821	822	815	817	819	801
軟化 (ppv)	1059	1073.2	1056.3	1046	1059.6	1050.8
CTE (碟)	35.7	33.7	37.3	37.3	37.1	38.6
密度	2.599	2.577	2.62	2.613	2.616	2.613
楊氏模數	12.162	11.981	11.948		12.202	
比模數	32.3	32.1	31.4		32.2	
黏度	80	81	82	83	84	85
A	-2.943	-3.293	-3.344	-2.967	-3.087	-2.6835
B	6934.4	7631.6	7736.8	6855.99	7170.9	6479.42
至	388.4	359.5	336.1	403.9	369.3	412.79
200 泊	1711	1724	1707	1705	1700	1713
400 泊	1639	1654	1637	1635	1630	1639
35000 泊	1315	1333	1317	1317	1309	1309
梯度晶舟	80	81	82	83	84	85
內部	1240	1245	1220	1220	1220	1195
內部黏度	158412.7	211547.4	256464	271593.3	219994.1	398087.8
T(35kp) - T(liq)	75	88	97	97	89	114

表 2 (續)

實例	86	87	88	89	90	91
SiO ₂	71.31	71.28	71.2	72.21	71.69	72.77
Al ₂ O ₃	11.86	12.27	12.13	11.56	11.89	11.38
B ₂ O ₃	1.35	1.72	0.5	0	1.25	0
MgO	5.21	4.19	6.03	5.43	4.85	5.56
CaO	5.35	5.34	5.28	5.36	5.11	3.86
SrO	2.01	1.29	2.17	0.74	1.45	3.09
BaO	2.76	3.76	2.52	4.55	3.6	3.19
SnO ₂	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
ZrO ₂	0.01	0.01	0.03	0.02	0	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.29	1.19	1.32	1.39	1.26	1.38
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.52	2.35	3.89	4.52	3.16	4.32
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.31	85.01	83.75	83.77	84.64	84.15
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.34	0.29	0.38	0.34	0.32	0.35
性質	86	87	88	89	90	91
應變	745	743	750	759	740	762
退火	799	798	804	813	794	816
軟化 (ppv)	1039.6	1044.9	1040	1055.3	1038.7	1059
CTE (ppv)	35.7	34.8	37.7	36.2	36.2	36.3
密度	2.583	2.597	2.6	2.627	2.61	2.615
楊氏模數	12.246	11.874		12.085	12.033	12.076
比模數	32.7	31.5		31.7	31.8	31.8
黏度	86	87	88	89	90	91
A	-2.812	-3.025	-3.1872	-3.18	-2.898	-3.169
B	6516.6	7014.5	7081.73	7409.1	6712.1	7419
至	413	375.5	377.63	357.2	392	360
200 泊	1688	1693	1668	1709	1683	1716
400 泊	1617	1622	1601	1639	1612	1646
35000 泊	1299	1302	1294	1316	1294	1322
梯度晶舟	86	87	88	89	90	91
內部	1205	1185	1210	1220	1210	1225
內部黏度	260633.5	436742.5	209272	255431.2	203002.4	255787.1
T(35kp) - T(liq)	94	117	84	96	84	97

表 2 (續)

實例	92	93	94	95	96	97
SiO ₂	72.39	71.74	71.2	73.78	71.65	72.79
Al ₂ O ₃	11.55	11.37	11.91	11.88	12.18	12.14
B ₂ O ₃	0	0	1.65	0.63	0	0.5
MgO	5.05	5.83	4.81	4.3	6.07	4.62
CaO	5.48	5.48	5.58	4.64	5.49	4.95
SrO	1.66	1.08	2.03	1.16	2.34	1.26
BaO	3.72	4.32	2.69	3.46	2.11	3.59
SnO ₂	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13
Fe ₂ O ₃	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	0.01	0.03	0	0.02	0.02	0
RO/Al ₂ O ₃	1.38	1.47	1.27	1.14	1.31	1.19
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.36	5.34	3.25	1.69	3.83	2.29
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	83.94	83.11	84.5	86.2	83.83	85.36
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.32	0.35	0.32	0.32	0.38	0.32
性質	92	93	94	95	96	97
應變	760	753	741	763	765	764
退火	813	806	796	820	817	819
軟化 (ppv)	1055.4	1044.7	1039.2	1070.2	1049.5	1062.7
CTE (碟)	36.9	37.8	36	34.3	36.1	34.9
密度	2.622	2.637	2.578	2.574	2.591	2.589
楊氏模數	12.164	12.119	11.97	11.988	12.446	12.04
比模數	32	31.7	32	32.1	33.1	32.1
黏度	92	93	94	95	96	97
A	-3.214	-3.086	-2.964	-2.597	-3.309	-3.074
B	7473.4	7079.3	6900.9	6453.9	7354.2	7152.6
至	354.4	383.5	376.5	432.9	364.9	386.7
200 泊	1709	1698	1687	1751	1676	1717
400 泊	1639	1628	1616	1674	1609	1647
35000 泊	1318	1311	1296	1337	1301	1326
梯度晶舟	92	93	94	95	96	97
內部	1215	1210	1210	1240	1225	1230
內部黏度	295081.1	301575.6	206739.8	250845.8	174341.6	255669.6
T(35kp) - T(liq)	103	101	86	97	76	96

表 2 (續)

實例	98	99	100	101	102	103
SiO ₂	72.33	71.5	71.5	71.06	70.87	71.13
Al ₂ O ₃	11.69	11.78	11.75	11.98	11.75	11.2
B ₂ O ₃	0	0.85	1.99	1.85	1.31	0.69
MgO	5.26	4.77	4.2	4.45	5.53	5.84
CaO	5.34	5.55	5.28	5.77	5.4	5.52
SrO	1.24	1.41	2.65	1.7	1.77	1.04
BaO	4	3.96	2.49	3.03	3.22	4.41
SnO ₂	0.11	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05
ZrO ₂	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.36	1.33	1.24	1.25	1.35	1.5
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.15	3.94	2.93	3.03	4.23	5.65
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.02	83.99	84.94	84.61	83.72	82.9
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.33	0.3	0.29	0.3	0.35	0.35
性質	98	99	100	101	102	103
應變	763	748	737	740	742	741
退火	816	800	793	794	794	793
軟化 (ppv)	1056.4	1046.7	1037.9	1037.3	1032.8	1031.1
CTE (碟)	36.2	37.5	35.9	36	35.9	34.9
密度	2.621	2.62	2.574	2.58	2.601	2.633
楊氏模數	12.229		11.87	12.06	12.082	12.053
比模數	32.2		31.8	32.2	32	31.6
黏度	98	99	100	101	102	103
A	-2.965	-2.7111	-2.963	-2.719	-2.756	-3.099
B	6904.9	6461.74	6934	6302.2	6435.6	7055.7
至	402	416	373.1	430.5	406.1	365.4
200 泊	1713	1705	1690	1686	1679	1672
400 泊	1642	1632	1619	1615	1607	1603
35000 泊	1322	1307	1297	1298	1288	1289
梯度晶舟	98	99	100	101	102	103
內部	1220	1190	1200	1200	1190	1185
內部黏度	299362.9	433911.6	264567.4	295796.8	284263.2	323378.8
T(35kp) - T(liq)	102	117	97	98	98	104

表 2 (續)

實例	104	105	106	107	108	109
SiO ₂	71.52	73.74	71.43	73.55	72.18	71.34
Al ₂ O ₃	12.44	11.82	11.43	11.85	11.86	10.98
B ₂ O ₃	1.72	0	0	0.3	0	0
MgO	4.08	4.54	6.1	4.5	5.52	5.56
CaO	5.19	4.9	5.44	4.83	5.39	5.99
SrO	1.25	1.24	1.43	1.23	1.59	1.58
BaO	3.65	3.62	3.96	3.59	3.3	4.35
SnO ₂	0.12	0.11	0.16	0.11	0.11	0.16
Fe ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.14	1.21	1.48	1.19	1.33	1.59
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	1.76	2.48	5.5	2.31	3.94	6.5
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	85.43	85.56	82.86	85.66	84.04	82.32
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.29	0.32	0.36	0.32	0.35	0.32
性質	104	105	106	107	108	109
應變	745	770	753	768	764	750
退火	798	825	806	823	816	802
軟化 (ppv)		1071.1	1041	1071.7	1050.7	1039
CTE (碟)	36.4	35.9	38.2	35.7	36.7	40.1
密度		2.59	2.633	2.589	2.616	2.652
楊氏模數		12.047		12.037	12.292	
比模數		32.1		32.1	32.4	
黏度	104	105	106	107	108	109
A	-3.3669	-3.093	-3.1455	-2.724	-2.405	-3.1246
B	7769.3	7315.2	7160.06	6678.5	5903.2	7195.68
至	322.18	375.6	372.38	418.1	457.3	356.84
200 泊	1693	1732	1687	1747	1712	1683
400 泊	1624	1660	1618	1672	1636	1613
35000 泊	1304	1333	1304	1337	1307	1295
梯度晶舟	104	105	106	107	108	109
內部	1190	1235	1200	1250	1210	1190
內部黏度	385268	262412.9	320542.7	201376.2	273967.9	325096.6
T(35kp) - T(liq)	114	98	104	87	97	105

表 2 (續)

實例	110	111	112	113	114	115
SiO ₂	72.75	73.6	72.81	72.64	72.5	71.12
Al ₂ O ₃	11.41	11.74	11.38	11.37	11.87	11.82
B ₂ O ₃	0	0	0	0	0	2.01
MgO	4.92	4.62	4.93	5.27	4.91	4.45
CaO	5.54	4.98	5.46	5.07	5.33	5.93
SrO	1.17	1.29	1.37	3.3	1.39	2.25
BaO	4.06	3.64	3.9	2.2	3.87	2.26
SnO ₂	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12
Fe ₂ O ₃	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
ZrO ₂	0.02	0	0.02	0.02	0	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.38	1.24	1.38	1.39	1.31	1.26
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	4.28	2.79	4.28	4.47	3.63	3.13
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.16	85.34	84.19	84.01	84.37	84.64
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.31	0.32	0.31	0.33	0.32	0.3
性質	110	111	112	113	114	115
應變	760	772	760	760	765	735
退火	814	826	815	815	820	791
軟化 (ppv)	1056.3	1071	1054.1	1056.4		1033.5
CTE (碟)	36.7	35.7	36.6	36.2	36	36.3
密度	2.622	2.599	2.62	2.599	2.601	2.568
楊氏模數	12.073	12.095	12.127	12.228	12.146	11.956
比模數	31.7	32.1	31.9	32.4	32.2	32.1
黏度	110	111	112	113	114	115
A	-3.431	-3.385	-2.954	-3.608	-3.184	-3.086
B	7862.3	7779.3	6950.9	8438.4	7438.8	7014.9
至	335	357.4	394.2	282.4	357	375.4
200 泊	1707	1726	1717	1710	1713	1678
400 泊	1638	1657	1645	1641	1643	1609
35000 泊	1321	1339	1321	1318	1320	1295
梯度晶舟	110	111	112	113	114	115
內部	1210	1250	1210	1240	1210	1210
內部黏度	358497.2	213956.8	368424.2	159966.9	344152	208499.1
T(35kp) - T(liq)	111	89	111	78	110	85

表 2 (續)

實例	116	117	118	119	120	121
SiO ₂	72.29	72.71	71.88	71.32	72.33	71.88
Al ₂ O ₃	11.87	11.48	11.47	11.64	11.55	11.97
B ₂ O ₃	0	0	0	0.85	0	0
MgO	4.92	4.95	5.66	4.87	5.05	5.74
CaO	5.67	5.39	5.46	5.67	5.49	5.36
SrO	2.62	1.46	1.12	1.44	1.52	1.89
BaO	2.46	3.82	4.24	4.05	3.9	3
SnO ₂	0.12	0.15	0.11	0.14	0.11	0.11
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	0.03	0.02	0.02	0	0.02	0.02
RO/Al ₂ O ₃	1.32	1.36	1.44	1.38	1.38	1.34
(RO-Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	3.8	4.14	5.01	4.43	4.41	4.02
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/ (1-B ₂ O ₃ /100)	84.16	84.19	83.35	83.67	83.88	83.85
MgO/(MgO+ CaO+SrO+BaO)	0.31	0.32	0.34	0.3	0.32	0.36
性質	116	117	118	119	120	121
應變	763	763	757	744	763	762
退火	818	817	810	798	814	814
軟化 (ppv)	1057.3	1055.8	1049.1	1042.4	1055.7	1051.6
CTE (碟)	36	36.6	38.3	38.4	37.2	35.7
密度	2.598	2.613	2.634	2.624	2.623	2.608
楊氏模數	12.197	12.08	12.094		12.118	12.297
比模數	32.4	31.9	31.7		31.9	32.5
黏度	116	117	118	119	120	121
A	-2.921	-3.036	-3.121	-2.745	-3.031	-2.606
B	6826.5	7156.8	7213.1	6495.63	7108.6	6152.6
至	395.7	373.8	367.2	406.26	378.9	446
200 泊	1703	1715	1698	1694	1712	1700
400 泊	1632	1643	1628	1621	1641	1627
35000 泊	1310	1318	1308	1297	1317	1306
梯度晶舟	116	117	118	119	120	121
內部	1240	1210	1220	1185	1200	1225
內部黏度	146014.6	333210	217339.1	394643.6	423068.6	195918.1
T(35kp) - T(liq)	70	108	88	112	117	81

可對本文所述之材料、方法及物品進行各種修改及變更。考量本文所揭示之材料、方法及物品之規格及實施，則本文所述之材料、方法及物品之其他態樣將顯而易知。預期說明書及實例被視為例示性的。

【圖式簡單說明】

併入及組成本說明書一部分之附隨圖式闡明下述數個態樣。

圖 1 為本發明之典型玻璃與典型 p-Si 玻璃的緊縮性比較。

圖 2 顯示相對於本發明之典型玻璃，市售 p-Si 玻璃在 700°C 下之熱凹陷（量測在 y 軸上的「變形」）。顯然，GBII 玻璃在 700°C 下，凹陷的情況比其他 p-Si 玻璃低，從而實現客戶之製程中之較高溫度熱循環。

圖 3 說明本揭示案之玻璃用之 $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (1 - \text{B}_2\text{O}_3)$ 與 $\text{RO-Al}_2\text{O}_3$ 之莫耳%。

【主要元件符號說明】

無

七、申請專利範圍：

1. 一種玻璃，其以一氧化物之莫耳百分比計包含：

$$70 \leq \text{SiO}_2 \leq 74.5$$

$$10.5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 13.5$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 2.5$$

$$3 \leq \text{MgO} \leq 7$$

$$3 \leq \text{CaO} \leq 7$$

$$0 \leq \text{SrO} \leq 4$$

$$1.5 \leq \text{BaO} \leq 6$$

$$0 \leq \text{SnO}_2 \leq 0.3$$

$$0 \leq \text{CeO}_2 \leq 0.3$$

$$0 \leq \text{As}_2\text{O}_3 \leq 0.5$$

$$0 \leq \text{Sb}_2\text{O}_3 \leq 0.5$$

$$0.01 \leq \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0.08$$

$$\text{F} + \text{Cl} + \text{Br} \leq 0.4$$

其中

$$\text{a) } 1.05 \leq (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO}) / \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1.7$$

$$\text{b) } 0.2 \leq \text{MgO} / (\text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) \leq 0.45$$

其中 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 SrO 及 BaO 表示所代表的氧化物組份之莫耳百分比。

2. 如請求項 1 之玻璃，其中 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 86.97 - 0.713 * (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3) \pm 0.8$ 。
3. 如請求項 1 之玻璃，其進一步包含一化學澄清劑。
4. 如請求項 3 之玻璃，其中該化學澄清劑係選自由以下各物組成之群組： SnO_2 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 、 Sb_2O_3 、 As_2O_3 或其混合物。
5. 如請求項 1 之玻璃，其進一步包含小於 0.05 重量% 之 As_2O_3 、 Sb_2O_3 或其組合。
6. 如請求項 1 之玻璃，其進一步包含小於 0.02 重量% 之 F、Cl、Br 或其組合。
7. 如請求項 1 之玻璃，其進一步顯示超過 30 GPa cm^3/gm 之比模數。
8. 如請求項 1 之玻璃，其進一步包含小於約 1000 ppm 之鹼性氧化物。
9. 如請求項 1 之玻璃，其進一步包含達到約 500 ppm 之 ZrO_2 。

10. 如 請 求 項 1 之 玻 璃 ， 其 中 $0.29 \leq$
 $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO}) \leq 0.39$ 。

八、圖式：

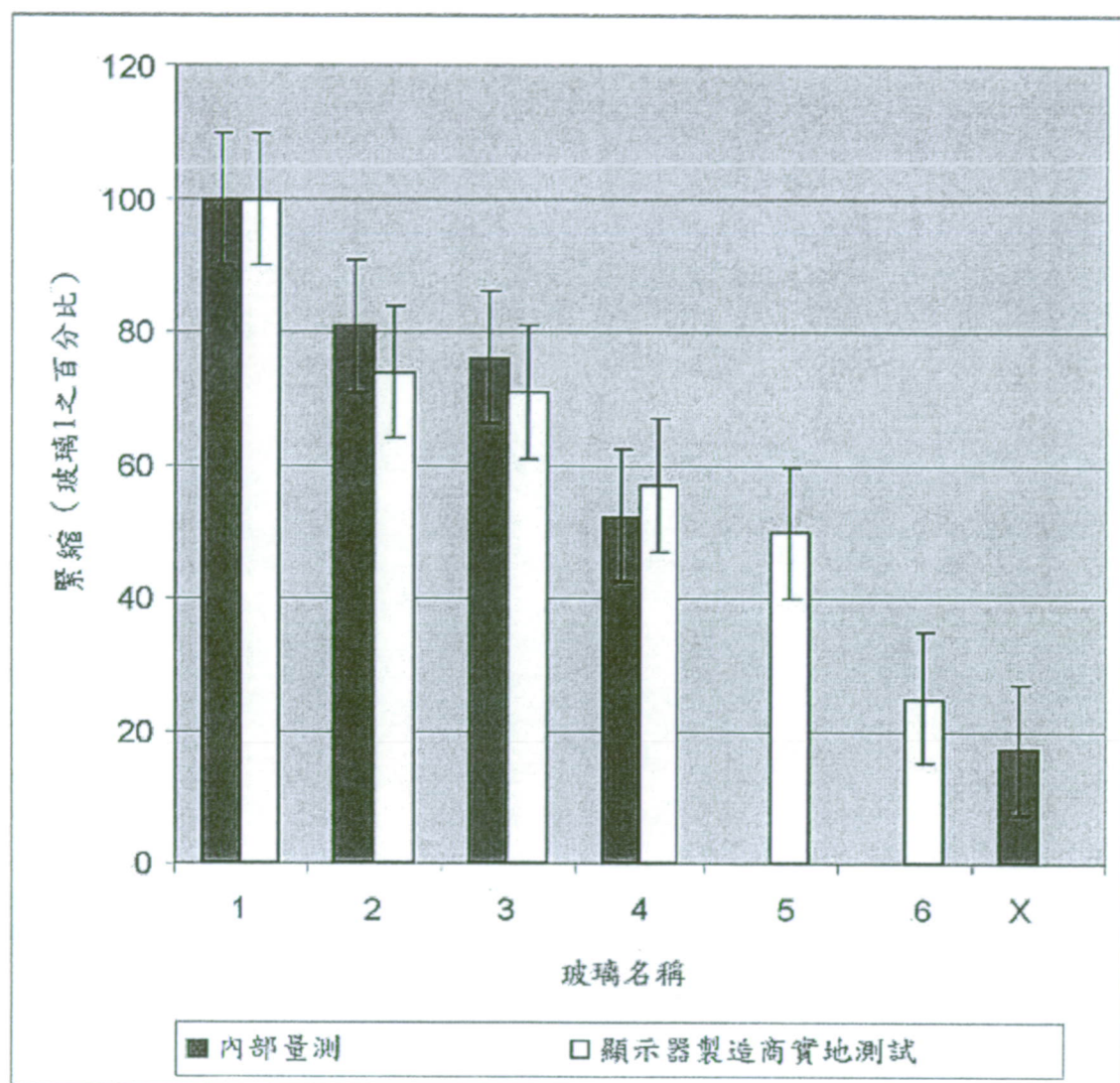


圖1

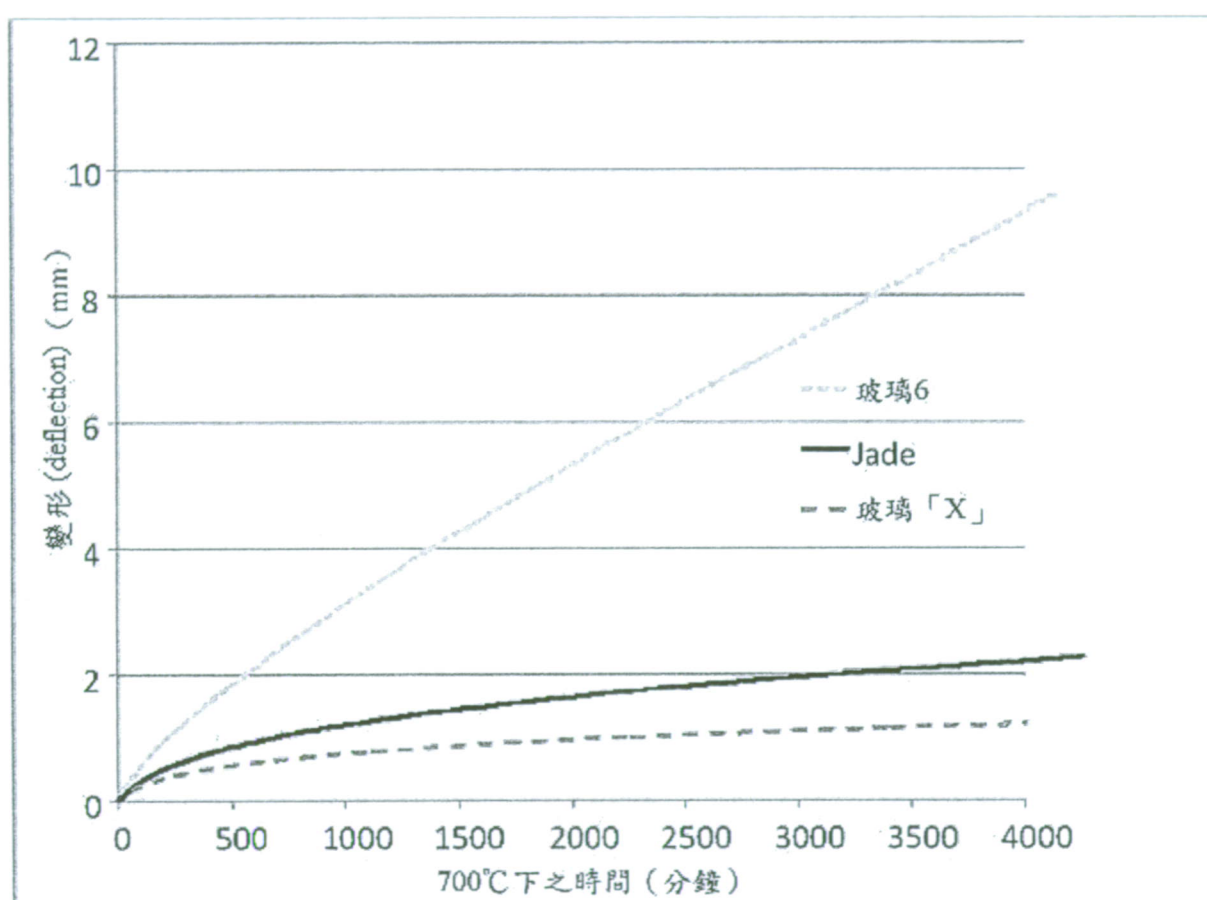


圖2

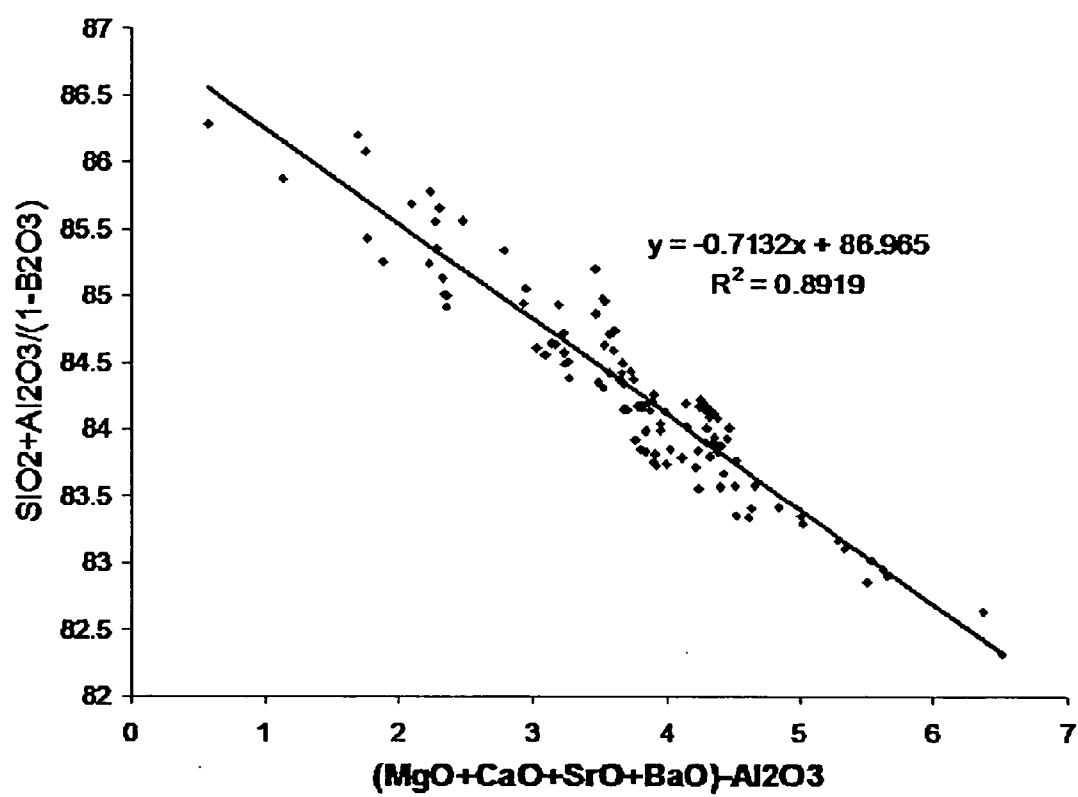


圖3