



(21) 申請案號：105135814 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 04 日

(51) Int. Cl. : **B32B17/00 (2006.01)**

(30) 優先權：2015/11/05 美國 62/251,466

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

(72) 發明人：哈瑞斯 傑森湯瑪士 HARRIS, JASON THOMAS (US)；胡 廣立 HU, GUANGLI (US)；施 博真 SHIH, PO-JEN (US)；張 彬 ZHANG, BIN (US)；周 君峰 ZHOU, CHUNFENG (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：29 項 圖式數：6 共 51 頁

#### (54) 名稱

具有確定模量對比的層壓玻璃物件及其形成方法

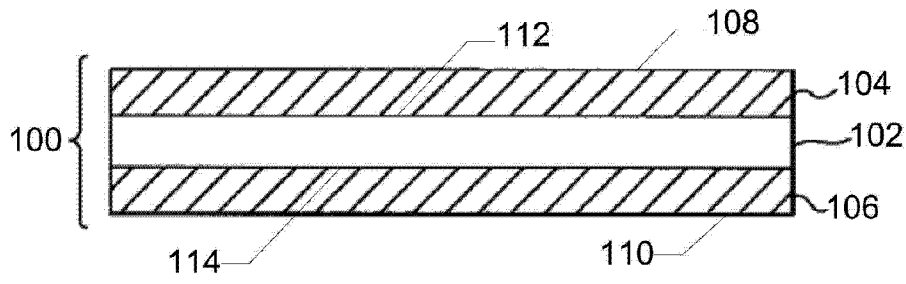
LAMINATED GLASS ARTICLE WITH DETERMINED MODULUS CONTRAST AND METHOD FOR FORMING THE SAME

#### (57) 摘要

一種包括玻璃芯層和玻璃包層的層壓玻璃物件，該玻璃芯層具有芯模量  $E_{core}$ ，該玻璃包層與該芯層相鄰並具有包層模量  $E_{clad}$ 。 $E_{clad}$  可比  $E_{core}$  小至少 5 GPa。模量比  $E_{core}/E_{clad}$  可以是至少 1.08。該包層可以具有從該芯層與該包層之間的熱膨脹係數 (CTE) 對比及/或使該層壓玻璃物件進行離子交換處理以在該包層的外表面形成離子交換區域所產生的壓縮應力。

A laminated glass article includes a glass core layer having a core modulus  $E_{core}$  and a glass cladding layer adjacent to the core layer and having a cladding modulus  $E_{clad}$ .  $E_{clad}$  can be at least 5 GPa less than  $E_{core}$ . A modulus ratio  $E_{core}/E_{clad}$  can be at least 1.08. The cladding layer can have a compressive stress resulting from a coefficient of thermal expansion (CTE) contrast between the core layer and the cladding layer and/or subjecting the laminated glass article to an ion exchange treatment to form an ion exchanged region at an outer surface of the cladding layer.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100 . . . 玻璃物件

102 . . . 芯層

104 . . . 第一包層

106 . . . 第二包層

108 . . . 外表面

110 . . . 外表面

112 . . . 界面

114 . . . 界面

第1圖



201718258

E 申請日: 105/11/04  
I IPC分類: B32B 17/00 (2006.01)**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 具有確定模量對比的層壓玻璃物件及其形成方法**【英文發明名稱】** LAMINATED GLASS ARTICLE WITH DETERMINED MODULUS CONTRAST AND METHOD FOR FORMING THE SAME**【中文】**

一種包括玻璃芯層和玻璃包層的層壓玻璃物件，該玻璃芯層具有芯模量  $E_{core}$ ，該玻璃包層與該芯層相鄰並具有包層模量  $E_{clad}$ 。 $E_{clad}$  可比  $E_{core}$  小至少 5 GPa。模量比  $E_{core}/E_{clad}$  可以是至少 1.08。該包層可以具有從該芯層與該包層之間的熱膨脹係數 (CTE) 對比及/或使該層壓玻璃物件進行離子交換處理以在該包層的外表面形成離子交換區域所產生的壓縮應力。

**【英文】**

A laminated glass article includes a glass core layer having a core modulus  $E_{core}$  and a glass cladding layer adjacent to the core layer and having a cladding modulus  $E_{clad}$ .  $E_{clad}$  can be at least 5 GPa less than  $E_{core}$ . A modulus ratio  $E_{core}/E_{clad}$  can be at least 1.08. The cladding layer can have a compressive stress resulting from a coefficient of thermal expansion (CTE) contrast between the core layer and the cladding layer and/or subjecting the laminated glass article to an ion exchange treatment to form an ion exchanged region at an outer surface of the cladding layer.

**【指定代表圖】** 第 ( 1 ) 圖。**【代表圖之符號簡單說明】**

1 0 0 玻璃物件

1 0 2 芯層

申請案號：

申請日：

IPC 分類：

1 0 4 第一包層

1 0 6 第二包層

1 0 8 外表面

1 1 0 外表面

1 1 2 界面

1 1 4 界面

**【特徵化學式】**

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】具有確定模量對比的層壓玻璃物件及其形成方法

【英文發明名稱】LAMINATED GLASS ARTICLE WITH DETERMINED  
MODULUS CONTRAST AND METHOD FOR FORMING THE SAME

【0001】 本專利申請案主張於2015年11月5日提出申請的美國臨時專利申請案第62/251,466號的優先權權益，該申請案之內容以引用方式全部併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本揭示係關於玻璃物件，更具體言之係關於包含複數個玻璃層的層壓玻璃物件及其形成方法。

【先前技術】

【0003】 玻璃物件可用於各種各樣的產品，包括例如汽車玻璃、建築面板、電器、及蓋玻璃（例如用於觸控螢幕裝置，如智慧型手機、平板電腦、膝上型電腦、及監視器）。在使用過程中相對大的缺陷會被引入玻璃物件的表面中。例如，已經觀察到，當智慧型手機掉落到諸如柏油的粗糙表面上時，與粗糙表面的尖銳特徵接觸所引起的局部壓痕會在蓋玻璃的表面中引起深達約300  $\mu\text{m}$ 的裂縫。因此，理想的會是提供一種對深裂縫引起的破裂具有改善抗性的玻璃物件，以實現改善的機械可靠性和掉落效能。

【發明內容】

【0004】 本文揭示的是具有確定模量對比的玻璃物件及其形成方法。

【0005】 本文揭示的是一種包含玻璃芯層和玻璃包層的層壓玻璃物件，該玻璃芯層包含芯模量  $E_{core}$ ，該玻璃包層與該芯層相鄰並包含比  $E_{core}$  小至少 5 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。

【0006】 本文揭示的是一種層壓玻璃物件，該層壓玻璃物件包含：包含芯模量  $E_{core}$  的玻璃芯層；與該芯層相鄰並包含包層模量  $E_{clad}$  的玻璃包層；以及至少 1.08 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。

【0007】 本文揭示的是一種方法，包含使熔融芯玻璃與熔融包層玻璃接觸以形成包含玻璃芯層和玻璃包層的層壓玻璃物件。該玻璃芯層包含芯模量  $E_{core}$ ，並且該玻璃包層包含包層模量  $E_{clad}$ 。該層壓玻璃物件包含至少 1.08 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。

【0008】 將在以下的實施方式中提出其他特徵與優點，而且從實施方式來看，部分的特徵與優點對於所屬技術領域中具有通常知識者而言將是顯而易見的，或者可藉由實施本文描述的實施例而認可部分的特徵與優點，本文描述的實施例包括以下的實施方式、申請專利範圍以及附圖。

【0009】 應瞭解的是，前文的概述與以下的實施方式皆只為例示性的，而且意在提供用以瞭解所主張標的物之本質與特點的概觀或架構。附圖被包括以提供進一步的瞭解，而且附圖被併入本說明書中並構成本說明書的一部

分。圖式說明一個或更多個實施例，而且該等圖式與實施方式一起用以解釋各種實施例的原理與操作。

#### 【圖式簡單說明】

【0010】 第1圖為玻璃物件的一個例示性實施例之剖視圖。

【0011】 第2圖為可用於形成玻璃物件的溢流分配器的一個例示性實施例之剖視圖。

【0012】 第3圖為比較具有不同模量對比的例示性玻璃物件之保持強度分佈的圖形說明。

【0013】 第4圖為比較具有不同模量對比的例示性玻璃物件之保持強度分佈的圖形說明。

【0014】 第5圖為對於幾種不同的裂縫深度比較例示性玻璃物件的保持強度為模量對比的函數之圖形說明。

【0015】 第6圖為比較具有不同模量對比並藉由機械和化學強化的組合強化的例示性玻璃物件之保持強度分佈的圖形說明。

#### 【實施方式】

【0016】 現在將詳細參照附圖中圖示的例示性實施例。只要有可能，將在圖式中從頭至尾使用相同的元件符號來指稱相同或相似的部分。圖式中的元件不一定依比例繪製，通常是將重點放在說明例示性實施例的原理上。

【0017】 本文中使用的術語「模量」是指給定材料或層的楊氏模量，除非另有指明。楊氏模量可以使用例如 ASTM C623「藉由共振用於玻璃和玻璃-陶瓷之楊氏模

量、剪切模量、及帕松比的標準測試方法。(Standard Test Method for Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio for Glass and Glass-Ceramics by Resonance.)」中描述的程序來測定。

【0018】本文中使用的術語「平均熱膨脹係數」或「平均CTE」是指給定材料或層在0℃與300℃之間的平均線性熱膨脹係數。本文中使用的術語「熱膨脹係數」或「CTE」是指平均熱膨脹係數，除非另有指明。CTE可以使用例如ASTM E228「使用推桿式膨脹計用於固體材料的線性熱膨脹的標準測試方法(Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials With a Push-Rod Dilatometer)」或ISO 7991:1987「玻璃 - 平均線性熱膨脹係數的測定(Glass -- Determination of coefficient of mean linear thermal expansion.)」中描述的程序測定。

【0019】本文中使用的術語「保持強度」是指在玻璃物件的表面中形成具有確定尺寸或深度的裂縫之後玻璃物件的強度。強度是使用例如環上環測試方法(例如ASTM C1499-09「高級陶瓷在環境溫度下的單調等軸雙向彎曲強度之標準測試方法(Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature)」

中所述的)、磨損環上環測試方法、環上球測試方法、三點彎曲測試方法、四點彎曲測試方法、或另一種適當的方法或技術測得的玻璃物件撓曲強度。保持強度(例如估計的保持強度)可以使用斷裂力學模擬來估計。

【0020】 在本文描述的各种實施例中,玻璃物件包含在玻璃物件內的給定深度處的壓縮應力或拉伸應力。壓縮應力及/或拉伸應力值可以使用任何適當的技術來測定,包括例如基於雙折射的量測技術、折射近場(RNF)技術、或光彈性量測技術(例如使用偏振計)。用於應力量測的例示性標準包括例如ASTM C1422/C1422M-10「化學強化平板玻璃的標準規範(Standard Specification for Chemically Strengthened Flat Glass)」和ASTM F218「分析玻璃中的應力之標準方法(Standard Method for Analyzing Stress in Glass)」。

【0021】 在各种實施例中,層壓玻璃物件包含芯層和至少一個與芯層相鄰的包層。芯層及/或包層是包含玻璃材料、陶瓷材料、玻璃陶瓷材料、或上述之組合的玻璃層。在一些實施例中,芯層及/或包層是透明的玻璃層。例如,芯層及/或包層可透射至少約80%在約400 nm至約700 nm的波長範圍內的可見光。芯層具有芯模量 $E_{core}$ ,並且包層具有包層模量 $E_{clad}$ 。舉例而言,芯層是由具有芯模量 $E_{core}$ 的第一玻璃組成物形成,並且包層是由具有包層模量 $E_{clad}$ 的第二玻璃組成物形成。 $E_{clad}$ 小於 $E_{core}$ 。例

如， $E_{clad}$  比  $E_{core}$  小至少 5 GPa，及 / 或模量比  $E_{core}/E_{clad}$  為至少 1.08。芯層與包層之間的這種模量對比可以增強本文所述層壓玻璃物件的保持強度。

**【0022】** 第1圖為層壓玻璃物件100的一個例示性實施例之剖視圖。在一些實施例中，玻璃物件100包含層壓片，層壓片包含複數個玻璃層。層壓片可以如第1圖所示為大體上平面的或非平面的。玻璃物件100包含位於第一包層104與第二包層106之間的芯層102。在一些實施例中，第一包層104和第二包層106係如第1圖所示之外部層。例如，第一包層104的外表面108充當玻璃物件100的外表面及 / 或第二包層106的外表面110充當玻璃物件的外表面。在其他實施例中，第一包層及 / 或第二包層是位於芯層與外部層之間的中間層。

**【0023】** 芯層102包含第一主表面和與第一主表面相對的第二主表面。在一些實施例中，第一包層104熔合到芯層102的第一主表面。另外或替代地，第二包層106熔合到芯層102的第二主表面。在此類實施例中，第一包層104與芯層102之間的界面112及 / 或第二包層106與芯層102之間的界面114沒有任何黏結材料，例如黏著劑、塗層或任何被添加或設置來將各個包層黏附於芯層的非玻璃材料。因此，第一包層104及 / 或第二包層106直接熔合到芯層102或直接鄰接芯層102。在一些實施例中，玻璃物件包含一個或更多個位於芯層與第一包層之間及 / 或芯層與第二包層之間的中間層。例如，中間層包含形成

在芯層與包層的界面的中間玻璃層及/或擴散層。擴散層可以包含混合區域，混合區域包含與擴散層相鄰的每個層的成分（例如兩個直接相鄰的玻璃層之間的混合區域）。在一些實施例中，玻璃物件100包含玻璃-玻璃層壓體（例如原位熔合多層玻璃-玻璃層壓體），其中直接相鄰的玻璃層之間的界面是玻璃-玻璃界面。

**【0024】** 在一些實施例中，芯層102包含第一玻璃組成物，並且第一及/或第二包層104和106包含與第一玻璃組成物不同的第二玻璃組成物。在使玻璃物件進行如本文所述的任何類型的化學強化處理之前，第一玻璃組成物與第二玻璃組成物彼此不同。例如，在第1圖圖示的實施例中，芯層102包含第一玻璃組成物，並且第一包層104和第二包層106每者皆包含第二玻璃組成物。在其他實施例中，第一包層包含第二玻璃組成物，並且第二包層包含與第一玻璃組成物及/或第二玻璃組成物不同的第三玻璃組成物。

**【0025】** 玻璃物件可以使用適當的製程形成，例如熔融拉伸、下拉、狹縫拉伸、上拉或浮式製程。在一些實施例中，玻璃物件是使用熔融拉伸製程形成的。第2圖為可用於形成玻璃物件（例如玻璃物件100）的溢流分配器200的一個例示性實施例之剖視圖。溢流分配器200可以如美國專利第4,214,886號中所述設置，將該專利以引用方式全部併入本文中。例如，溢流分配器200包含下溢流分配器220和位於下溢流分配器上方的上溢流分配器

240。下溢流分配器220包含槽222。第一玻璃組成物224被熔化並以黏性狀態進料到槽222中。第一玻璃組成物224形成玻璃物件100的芯層102，如下面進一步描述的。上溢流分配器240包含槽242。第二玻璃組成物244被熔化並以黏性狀態進料到槽242中。第二玻璃組成物244形成玻璃物件100的第一和第二包層104和106，如下面進一步描述的。

**【0026】** 第一玻璃組成物224溢流出槽222並沿著下溢流分配器220的相對外成形表面226和228向下流。外成形表面226和228在拉伸線230會聚。沿下溢流分配器220的各別外成形表面226和228向下流的、第一玻璃組成物224的個別流在拉伸線230會聚並熔合在一起而形成玻璃物件100的芯層102。

**【0027】** 第二玻璃組成物244溢流出槽242並沿著上溢流分配器240的相對外成形表面246和248向下流。第二玻璃組成物244被上溢流分配器240向外偏轉，使得第二玻璃組成物圍繞下溢流分配器220流動並接觸流過下溢流分配器的外成形表面226和228的第一玻璃組成物224。將第二玻璃組成物244的個別流熔合於第一玻璃組成物224沿著下溢流分配器220的相應外成形表面226和228向下流的相應個別流。當第一玻璃組成物224的流在拉伸線230會聚時，第二玻璃組成物244形成玻璃物件100的第一和第二包層104和106。

【0028】 在一些實施例中，芯層102處於黏性狀態的第一玻璃組成物224與第一和第二包層104和106處於黏性狀態的第二玻璃組成物244接觸以形成層壓片。在一些此類實施例中，層壓片是遠離下溢流分配器220的拉伸線230前進的玻璃帶的一部分，如第2圖所示。玻璃帶可以被適當的手段（包括例如重力及/或拉輥）拉離下溢流分配器220。玻璃帶在離開下溢流分配器220時冷卻。玻璃帶被切斷以從中分離出層壓片。因此，從玻璃帶切出層壓片。可以使用適當的技術切斷玻璃帶，例如刻劃、彎曲、熱衝擊、及/或雷射切割。在一些實施例中，玻璃物件100包含如第1圖圖示的層壓片。在其他實施例中，可以進一步處理（例如藉由切割或模製）層壓片以形成玻璃物件100。

【0029】 雖然第1圖圖示的玻璃物件100包含三個層，但本揭示亦包括其他的實施例。在其他實施例中，玻璃物件可以具有決定數量的層，例如兩個層、四個層、或更多個層。例如，可以使用兩個溢流分配器形成包含兩個層的玻璃物件，兩個溢流分配器的位置使得兩個層在遠離溢流分配器的相應拉伸線時結合，或者可以使用具有分離槽的單個溢流分配器形成包含兩個層的玻璃物件，使得兩個玻璃組成物流過溢流分配器的相對外成形表面並在溢流分配器的拉伸線會聚。可以使用附加的溢流分配器及/或使用具有分離槽的溢流分配器來形成包含四個層或更多個

層的玻璃物件。因此，可以藉由相應地修改溢流分配器來形成具有決定數量的層的玻璃物件。

**【0030】** 雖然第1圖圖示的玻璃物件100包含層壓片，但本揭示還包括其他的實施例。在其他實施例中，玻璃物件包含層壓管，層壓管包含多個管狀層（例如藉由一個或更多個環形孔形成的）。例如，層壓管的部分剖面包含與第1圖所示類似的層壓結構。在其他實施例中，玻璃物件包含成形玻璃物件（例如藉由將層壓片塑形或模製所形成的）。

**【0031】** 可以將玻璃物件100的厚度量測為玻璃物件的相對外表面（例如外表面108和110）之間的距離。在一些實施例中，玻璃物件100包含至少約0.05 mm、至少約0.1 mm、至少約0.2 mm、或至少約0.3 mm的厚度。另外或替代地，玻璃物件100包含至多約2 mm、至多約1.5 mm、至多約1 mm、至多約0.7 mm、或至多約0.5 mm的厚度。在一些實施例中，芯層102的厚度與玻璃物件100的厚度之比率為至少約0.7、至少約0.8、至少約0.85、至少約0.9、或至少約0.95。另外或替代地，芯層102的厚度與玻璃物件100的厚度之比率為至多約0.95、至多約0.93、至多約0.9、至多約0.87、或至多約0.85。在一些實施例中，每個第一包層104和第二包層106的厚度皆從約0.01 mm至約0.3 mm。

**【0032】** 在一些實施例中，芯層102的第一玻璃組成物及/或第一包層104及/或第二包層106的第二玻璃組成

物包含至少約30千泊(kP)、至少約50 kP、至少約100 kP、至少約200 kP、或至少約300 kP的液相黏度。在一些實施例中，第一玻璃組成物及/或第二玻璃組成物包含適用於使用本文所述的熔融拉伸製程形成玻璃物件100的液相黏度。例如，芯層102的第一玻璃組成物包含至少約100 kP、至少約200 kP、或至少約300 kP的液相黏度。另外或替代地，第一玻璃組成物包含至多約3000 kP、至多約2500 kP、至多約1000 kP、或至多約800 kP的液相黏度。另外或替代地，第一包層104及/或第二包層106的第二玻璃組成物包含至少約50 kP、至少約100 kP、或至少約200 kP的液相黏度。另外或替代地，第二玻璃組成物包含至多約3000 kP、至多約2500 kP、至多約1000 kP、或至多約800 kP的液相黏度。第一玻璃組成物可以有助於攜帶第二玻璃組成物流過溢流分配器以形成第二層。因此，第二玻璃組成物可包含的液相黏度比一般認為適用於使用熔融拉伸製程形成單層片材的液相黏度更低。

**【0033】** 在一些實施例中，玻璃物件100包含模量對比。模量對比包含芯層102與第一包層104及/或第二包層106之間的模量差或模量不匹配。在一些實施例中，包層模量 $E_{clad}$ 小於芯模量 $E_{core}$ 。例如，模量差 $E_{core} - E_{clad}$ 為至少5 GPa、至少6 GPa、至少7 GPa、至少8 GPa、至少9 GPa、至少10 GPa、至少11 GPa、至少12 GPa、至少13 GPa、至少14 GPa、至少15 GPa、

至少 20 GPa、至少 25 GPa、或至少 30 GPa。另外或替代地，模量差  $E_{core} - E_{clad}$  為至多 50 GPa、至多 40 GPa、至多 30 GPa、至多 20 GPa、或至多 10 GPa。另外或替代地，模量比  $E_{core} / E_{clad}$  為至少 1.08、至少 1.09、至少 1.10、至少 1.11、至少 1.12、至少 1.13、至少 1.14、至少 1.15、至少 1.16、至少 1.17、至少 1.18、至少 1.19、至少 1.20、至少 1.21、至少 1.22、至少 1.23、至少 1.24、至少 1.25、至少 1.3、至少 1.35、至少 1.4、至少 1.45、至少 1.5、至少 1.55、至少 1.6、至少 1.65、或至少 1.7。另外或替代地，模量比  $E_{core} / E_{clad}$  為至多 1.8、至多 1.7、至多 1.6、至多 1.5、至多 1.4、至多 1.3、至多 1.2、或至多 1.15。芯層與包層之間的這種模量對比可以增強本文所述層壓玻璃物件的保持強度。

**【0034】** 在一些實施例中，將具有模量對比的玻璃物件 100 機械強化。例如，第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的第二玻璃組成物包含與芯層 102 的第一玻璃組成物不同的 CTE。玻璃物件 100 的直接相鄰層之間的這種 CTE 對比會造成玻璃物件的機械強化。例如，第一和第二包層 104 和 106 是由 CTE 比芯層 102 的玻璃組成物（例如第一玻璃組成物）更低的玻璃組成物（例如第二玻璃組成物）形成。因此，玻璃物件 100 包含大於零的 CTE 對比  $CTE_{core} - CTE_{clad}$ 。第一和第二包層 104 和 106 比芯層 102 相對較低的 CTE 導致玻璃物件 100 冷卻時包層中

形成壓縮應力並且芯層中形成拉伸應力。因此，芯層 102 的  $CTE_{core}$  與第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的  $CTE_{clad}$  之間的差或  $CTE$  對比  $CTE_{core} - CTE_{clad}$  在包層中產生壓縮應力，玻璃物件 100 從而被機械強化。在其中包層是玻璃物件的外部層的實施例中，包層中的這種壓縮應力可以藉由抵抗存在於玻璃物件的外表面的裂縫傳播而有利於玻璃物件的強度。

**【0035】** 在一些實施例中，第一和第二包層 104 和 106 是由  $CTE$  比芯層 102 的玻璃組成物（例如第一玻璃組成物）更高的玻璃組成物（例如第二玻璃組成物）形成。因此，玻璃物件 100 包含小於零的  $CTE$  對比  $CTE_{core} - CTE_{clad}$ 。第一和第二包層 104 和 106 比芯層 102 相對較高的  $CTE$  導致玻璃物件 100 冷卻時包層中形成拉伸應力並且芯層中形成壓縮應力。在包層是玻璃物件的外部層的實施例中，包層中的這種拉伸應力會因允許存在於玻璃物件的外表面的裂縫傳播而對玻璃物件的強度有害。然而，可以使具有處於張力的包層的玻璃物件進行離子交換處理，以在本文所述玻璃物件的外表面附近形成壓縮應力層。這種壓縮層或離子交換區域可以藉由抵抗存在於玻璃物件的外表面的裂縫傳播而有利於玻璃物件的強度。

**【0036】** 在各種實施例中，第一和第二包層每者都可以獨立具有比芯層更高的  $CTE$ 、更低的  $CTE$  或與芯層大致相同的  $CTE$ 。

【0037】 在一些實施例中，芯層102的CTE與第一包層104及/或第二包層106的CTE相差至少約 $1 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $2 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $3 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $4 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $10 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $15 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $20 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $25 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至少約 $30 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。另外或替代地，芯層102的CTE與第一包層104及/或第二包層106的CTE相差至多約 $100 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $75 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $50 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $40 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $30 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $20 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $10 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $9 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $8 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $7 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $6 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至多約 $5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。例如，在一些實施例中，芯層102的CTE與第一包層104及/或第二包層106的CTE相差約 $1 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 至約 $10 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或約 $1 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 至約 $5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。在一些實施例中，第一包層及/或第二包層的第二玻璃組成物包含至多約 $90 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $89 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $88 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $80 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $70 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $60 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $50 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約 $40 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至多約 $35 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。另外或替代地，第一包層104及/或第二包層106的第二玻璃組成物包含至少約 $10 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約 $15 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至

少約  $25 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $30 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $40 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $50 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $60 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $70 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $80 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至少約  $85 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的 CTE。另外或替代地，芯層 102 的第一玻璃組成物包含至少約  $40 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $50 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $55 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $65 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $70 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至少約  $80 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至少約  $90 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的 CTE。另外或替代地，芯層 102 的第一玻璃組成物包含至多約  $120 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約  $110 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約  $100 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約  $90 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、至多約  $75 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、或至多約  $70 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的 CTE。

**【0038】** 從玻璃物件的 CTE 對比產生的壓縮和拉伸應力與玻璃物件的各個層的彈性模量有關。例如，玻璃物件 100 可以包含大於零的 CTE 對比  $\text{CTE}_{\text{core}} - \text{CTE}_{\text{clad}}$ ，使得包層 104 和 106 處於壓縮，並且芯層 102 處於張力，如本文所述。在這種實施例中，當包層模量  $E_{\text{clad}}$  減小時，包層 104 和 106 中的壓縮應力亦減小。為了在包層 104 和 106 中保持相同的壓縮應力，可以與包層模量  $E_{\text{clad}}$  的減小或模量對比  $E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$  的增加成比例地增大 CTE 對比  $\text{CTE}_{\text{core}} - \text{CTE}_{\text{clad}}$ 。

**【0039】** 第 3 圖為比較具有不同模量對比的玻璃物件的例示性保持強度分佈之圖形說明。玻璃物件的保持強度

是當一定深度的裂縫被引入玻璃物件中時玻璃物件的強度量測值。因此，保持強度是裂縫深度的函數。應力強度因子  $K_I$  考慮了應力和裂縫深度，並由下式表示

$$K_I = Y\sigma\sqrt{a}$$

其中  $Y$  是裂縫或裂紋形狀參數，對玻璃表面來說約是常數， $\sigma$  是應力， $a$  是裂縫尺寸或深度。對於玻璃來說，臨界應力強度因子  $K_{Ic}$  或裂縫將在玻璃物件內傳播的應力強度因子是相當窄的。例如，臨界應力強度因子  $K_{Ic}$  的範圍為 0.7 至 0.8。保持強度可以在應力強度因子  $K_I$  等於臨界應力強度因子  $K_{Ic}$  時近似應力  $\sigma$ 。玻璃物件表面的壓縮應力可以藉由保護玻璃表面免於裂縫或裂紋（例如藉由防止存在於表面的裂縫更深入地延伸到玻璃物件中並導致玻璃物件斷裂）來增強保持強度。可以使用斷裂力學模擬來計算保持強度。使用包含以下兩個區域的有限元分析（FEA）模型來計算應力強度因子：芯和包層，其彈性模量可以獨立變化。將裂紋插入模型中，並沿著輪廓積分來計算應力強度因子  $K_I$ 。將應力強度因子  $K_I$  計算為負載的函數，而且當  $K_I = K_{Ic}$  時負載是保持強度。對不同的裂縫長度和模量對比值重複此計算。

**【0040】** 第3圖圖示的保持強度分佈是以玻璃物件的保持強度作為裂縫尺寸的函數表示。將作為與玻璃物件的外表面的距離或裂縫延伸的深度給出的裂縫尺寸描繪在  $x$  軸上，並將保持強度描繪在  $y$  軸上。使用斷裂力學模擬來產生保持強度分佈。模擬的玻璃物件是具有第1圖所示

結構的層壓玻璃片。玻璃物件具有 1 mm 的厚度，芯層具有 0.9 mm 的厚度，而且每個包層都具有 0.05 mm 的厚度。藉由芯層與包層之間的 CTE 對比來對玻璃物件進行機械強化，從而包層處於 190 MPa 的壓縮應力之下，並且芯層處於 21 MPa 的拉伸應力之下。在各個層的整個厚度上的應力大致上是不變的。產生保持強度分佈 302 的模擬玻璃物件具有 70 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 70 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 0 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$ （即沒有模量對比）。產生保持強度分佈 304 的模擬玻璃物件具有 85 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 85 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 0 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$ （即沒有模量對比）。產生保持強度分佈 306 的模擬玻璃物件具有 70 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 50 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 20 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 1.4 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。產生保持強度分佈 308 的模擬玻璃物件具有 85 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 50 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 35 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 1.7 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。產生保持強度分佈 310 的模擬玻璃物件具有 50 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 70 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 -20 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 0.71 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。產生保持強度分佈 312 的模擬玻璃物件具有 50 GPa 的芯模量  $E_{core}$  和 85 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ ，得到 -35 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 0.59 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。保持強度分佈 302 和 304 表示其中玻璃物

件無模量對比（即  $E_{core} = E_{clad}$ ）的對照實例。保持強度分佈 306 和 308 表示其中  $E_{core} > E_{clad}$  的例示性實施例。保持強度分佈 310 和 312 表示其中  $E_{core} < E_{clad}$  的比較例。

【0041】 如第3圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $315\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 302 和 304 相比，保持強度分佈 306 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $395\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對比從  $0\ \text{GPa}$  增加到  $20\ \text{GPa}$  使玻璃物件的保持強度增加了約  $25\%$ 。亦如第3圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $315\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 302 和 304 相比，保持強度分佈 308 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $470\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對比從  $0\ \text{GPa}$  增加到  $35\ \text{GPa}$  使玻璃物件的保持強度增加了約  $49\%$ 。保持強度的增加是由於增加的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。因此，對於相同程度的機械強化（例如相同的 CTE 對比和厚度），模量對比可以使保持強度增加。

【0042】 第3圖圖示具有相對軟或低模量的包層和相對硬或高模量的芯的層壓玻璃物件可以展現出比沒有這種模量對比的層壓玻璃物件改善的保持強度。不希望受到任何理論的約束，威信當施加拉伸應力到具有軟包層和硬芯的層壓玻璃物件時，由於彈性材料的應變連續性，包層將具有比芯層更小的應力。因此，要在裂縫尖端達到相同

的應力強度因子將需要施加更高的拉伸應力。因為玻璃組成物的臨界應力強度因子值大體落入0.7至0.8的窄範圍內，故具有軟包層和硬芯的層壓玻璃物件的保持強度大於基線的情況（例如  $E_{core} = E_{clad}$ ）。當軟包層中的裂縫傳播到包層與芯層之間的界面時，裂縫的尖端對較軟的包層具有較低的應力強度因子。因此，與具有較硬包層的玻璃層壓體相比，裂縫更難以傳播到具有軟包層的玻璃層壓體的芯層中。具有較高模量的芯層對裂縫傳播產生阻力。假使芯層的玻璃組成物具有較高的斷裂韌性，且在包層/芯界面處具有相同的應力強度因子，則裂縫將更難以傳播到芯層中，並且對裂縫傳播的阻力將被進一步強化。斷裂韌性可以例如使用ASTM C1421「在環境溫度下測定進階陶瓷之斷裂韌性的標準測試方法（Standard Test Methods for Determination of Fracture Toughness of Advanced Ceramics at Ambient Temperature.）」中描述的程序測定。

【0043】如第3圖所示，與在10  $\mu\text{m}$ 的裂縫深度處具有約315 MPa的保持強度的保持強度分佈302和304相比，保持強度分佈310在10  $\mu\text{m}$ 的裂縫深度處具有約240 MPa的保持強度。因此，將模量對比從0 GPa降低到-20 GPa使玻璃物件的保持強度降低了約24%。亦如第3圖所示，與在10  $\mu\text{m}$ 的裂縫深度處具有約315 MPa的保持強度的保持強度分佈302和304相比，保持強度分佈312在10  $\mu\text{m}$ 的裂縫深度處具有約210 MPa的保持強度。因

此，將模量對比從 0 GPa 降低到 -35 GPa 使玻璃物件的保持強度降低了約 33%。保持強度的降低是由於降低的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。

【0044】第4圖為比較具有不同模量對比的玻璃物件之例示性保持強度分佈的圖形說明。第4圖圖示的保持強度分佈是使用斷裂力學模擬產生的。模擬的玻璃物件是參照第3圖描述的層壓玻璃片。為了產生第4圖圖示的保持強度分佈，包層模量  $E_{clad}$  從 30 GPa 改變到 110 GPa，同時將芯模量  $E_{core}$  保持固定在 70 GPa。對於 0 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$ （即沒有模量對比），產生保持強度分佈 402 的模擬玻璃物件具有 70 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。對於 20 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 1.4 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ ，產生保持強度分佈 404 的模擬玻璃物件具有 50 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。對於 40 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 1.75 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ ，產生保持強度分佈 406 的模擬玻璃物件具有 30 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。對於 -20 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 0.78 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ ，產生保持強度分佈 408 的模擬玻璃物件具有 90 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。對於 -40 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$  和 0.64 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ ，產生保持強度分佈 310 的模擬玻璃物件具有 110 GPa 的包層模量  $E_{clad}$ 。保持強度分佈 402 表示其中玻璃物件沒有模量對比（即  $E_{core} = E_{clad}$ ）的對照實例。保持強度

分佈 404 和 406 表示其中  $E_{core} > E_{clad}$  的例示性實施例。保持強度分佈 408 和 410 表示其中  $E_{core} < E_{clad}$  的比較例。

【0045】如第4圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $317\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 402 相比，保持強度分佈 404 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $398\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對比從  $0\ \text{GPa}$  增加到  $20\ \text{GPa}$  使玻璃物件的保持強度增加了約  $26\%$ 。亦如第4圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $317\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 402 相比，保持強度分佈 406 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $603\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對比從  $0\ \text{GPa}$  增加到  $40\ \text{GPa}$  使玻璃物件的保持強度增加了約  $90\%$ 。保持強度的增加是由於增加的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。因此，對於相同程度的機械強化（例如相同的 CTE 對比和厚度），模量對比可以使保持強度增加。

【0046】如第4圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $317\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 402 相比，保持強度分佈 408 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $220\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對比從  $0\ \text{GPa}$  降低到  $-20\ \text{GPa}$  使玻璃物件的保持強度降低了約  $31\%$ 。亦如第4圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $317\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 402 相比，保持強度分佈 410 在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $211\ \text{MPa}$  的保持強度。因此，將模量對

比從 0 GPa 降低到 -40 GPa 使玻璃物件的保持強度降低了約 33%。保持強度的降低是由於降低的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。

【0047】 第 3-4 圖圖示與包層和芯層之間沒有模量對比的層壓玻璃物件相比，具有相對低模量包層和相對高模量芯層的層壓玻璃物件對於淺裂縫深度可以具有增加的保持強度。與小模量對比相比，大模量對比的保持強度成比例地增加更多。因此，模量對比對保持強度的影響是非線性的，並且相對大的模量對比可以有利於為淺裂縫深度提供增加的保持強度。

【0048】 然而，第 3-4 圖還圖示的是，與沒有模量對比的層壓玻璃物件相比，模量對比會導致深的裂縫深度保持強度降低。例如，保持強度分佈 306 和 308 在大於約 60  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有比保持強度分佈 302 和 304 更低的保持強度。還例如，保持強度分佈 404 在大於約 72  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有比保持強度分佈 402 更低的保持強度，而且保持強度分佈 406 在大於約 54  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有比保持強度分佈 402 更低的保持強度。因此，由較大的模量對比對淺裂縫深度造成的保持強度增加伴隨著深裂縫深度的保持強度降低。

【0049】 在一些實施例中，具有模量對比且其中形成有 10  $\mu\text{m}$  深的裂縫的玻璃物件包含的估計保持強度比無模量對比的參考玻璃物件大至少約 10%、至少約 15%、至

少約 20 %、至少約 25 %、至少約 30 %、至少約 35 %、至少約 40 %、至少約 45 %、至少約 50 %、至少約 55 %、至少約 60 %、至少約 65 %、至少約 70 %、至少約 75 %、至少約 80 %、至少約 85 %、或至少約 90 %。估計的保持強度包含使用斷裂力學模擬測得的保持強度。估計的保持強度是玻璃由於設想的裂縫而損壞時的表觀應力，並且可以使用梁理論來計算。梁理論模型預測具有高度  $d$ 、寬度  $b$ 、及長度  $L_s$  的矩形樑損壞時的負載  $P$ 。從樑的底部在每個端部支撐梁，並且在內側與樑的每個端部相距距離  $L$  處將負載  $P$  施加於樑的頂部。可以使用下式將損壞時的負載  $P$  轉換為估計的保持強度  $S$ ：

$$S = \frac{6PL}{bd^2}。$$

除了模量對比之外，參考玻璃物件與玻璃物件皆相同（例如包含與玻璃物件相同的厚度和 CTE 對比）。參考玻璃物件包含參考芯模量和參考包層模量，並且參考芯模量等於參考包層模量。

**【0050】** 第 5 圖為對於幾種不同的裂縫深度比較例示性玻璃物件的保持強度作為模量對比的函數之圖形說明。第 5 圖的曲線是使用來自參照第 3 - 4 圖所述模擬的數據產生的。如第 5 圖所示，對於 10  $\mu\text{m}$  和 30  $\mu\text{m}$  的裂縫深度來說，玻璃物件的保持強度隨著模量對比增加（例如隨著芯模量  $E_{\text{core}}$  增加及 / 或包層模量  $E_{\text{clad}}$  降低）而增大。然而，對於 55  $\mu\text{m}$  的裂縫深度來說，玻璃物件的保持強度最初隨著模量對比增加而增大直到 20 GPa 的模量對

比，然後在模量對比大於 20 GPa 時隨著模量對比增加而減小。對於 80  $\mu\text{m}$  的裂縫深度來說，玻璃物件的保持強度最初隨著模量對比增加而增大直到 -20 GPa 的模量對比，然後在模量對比大於 -20 GPa 時隨著模量對比增加而減小。

【0051】 如第 5 圖所示，模量對比增加可以在裂縫深度小於包層厚度時增加玻璃物件的保持強度。因此，模量對比增加可以有助於改善玻璃物件對淺裂縫引發的破裂的抗性。然而，模量對比增加會在裂縫深度大於包層厚度時（例如在裂縫深度比包層厚度大至少 10%、大至少 20%、大至少 30%、大至少 40%、大至少 50%、或大至少 60% 時）降低玻璃物件的保持強度。因此，模量對比增加亦會降低玻璃物件對深裂縫引發的破裂的抗性。不希望受到理論的約束，咸信當包層模量  $E_{\text{clad}}$  增加且模量對比  $E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$  減小時，由於模量的影響，玻璃物件在裂縫深度大於包層厚度時的強度亦增加。當包層模量  $E_{\text{clad}}$  增加時，存在兩種競爭機制。對於無應力的包層來說，增加包層模量  $E_{\text{clad}}$  會降低對於延伸超出包層的裂縫的保持強度，因為較高的包層模量  $E_{\text{clad}}$  會對裂縫尖端施加更大的裂縫張開力，從而有效地拉開裂縫。隨著包層的壓縮應力的影響增加，殘餘應力有效地拉合裂縫。壓縮應力的影響隨著包層模量  $E_{\text{clad}}$  增加而增大。可以藉由降低芯層中的張力（例如藉由減小 CTE 對比及 / 或增加芯層的厚度）及 / 或藉由增加包層的厚度來補償強度損失。與傳統的強

化玻璃物件相比，改良的短裂縫效能可以使產品具有更小的壓縮應力和更大的壓縮層深度，從而允許在不犧牲彎曲強度之下改善掉落效能。

**【0052】** 在一些實施例中，可以訂製模量對比來形成具有適用於特定應用的保持強度分佈的玻璃物件。例如，可以基於玻璃物件的預期用途來決定可能的裂縫深度，而且可以使用在可能的裂縫深度下提供最大保持強度的模量對比來形成玻璃物件。可能的裂縫深度可以表示在特定應用中使用的玻璃物件通常經歷的裂縫深度。例如，可能的裂縫深度可以藉由在特定應用中使用之後檢查一個或更多個玻璃物件所收集的經驗證據來確定。

**【0053】** 在一些實施例中，玻璃物件100被化學強化。例如，對玻璃物件100進行離子交換處理以增加在玻璃物件的外表面（例如第一包層104及/或第二包層106的外部）附近的玻璃物件區域中的壓縮應力。在一些實施例中，離子交換處理包含將離子交換介質施加於玻璃物件100的一個或更多個表面。離子交換介質包含溶液、漿料、凝膠、液體、蒸汽、電漿或另一種包含將與玻璃基質（例如第一包層104及/或第二包層106的玻璃基質）中的較小離子交換的較大離子的適當介質。用語「較大離子」和「較小離子」是相對用語，意指較大離子與較小離子相比是相對較大的，並且較小離子與較大離子相比是相對較小的。因此，較大離子具有比較小離子更大的離子半徑，並且較小離子具有比較大離子更小的離子半徑。在一些實

施例中，玻璃物件 100 的第一包層 104 及 / 或第二包層 106 包含鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。因此，玻璃物件 100 的表面層中的較小離子和離子交換介質中的較大離子可以是單價鹼金屬陽離子（例如  $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、及 / 或  $\text{Cs}^+$ ）。或者，玻璃物件 100 的表面層中的一價陽離子可以用鹼金屬陽離子以外的一價陽離子（例如  $\text{Ag}^+$  或類似物）取代。在一些實施例中，玻璃物件 100 的第一包層 104 及 / 或第二包層 106 包含鹼土金屬鋁矽酸鹽玻璃。因此，玻璃物件 100 的表面層中的較小離子和離子交換介質中的較大離子可以是二價鹼土金屬陽離子（例如  $\text{Be}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、及 / 或  $\text{Ba}^{2+}$ ）。在一些實施例中，離子交換介質包含熔融鹽溶液，並且離子交換處理包含將層壓玻璃物件浸在包含較大離子（例如  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、及 / 或  $\text{Ca}^{2+}$ ）的熔融鹽浴中，該較大離子將與玻璃基質中的較小離子（例如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、及 / 或  $\text{Mg}^{2+}$ ）交換。在一些實施例中，熔融鹽浴包含較大離子的鹽（例如硝酸鹽、硫酸鹽及 / 或氯化物）。例如，熔融鹽浴包含熔融  $\text{KNO}_3$ 、熔融  $\text{NaNO}_3$ 、或上述之組合。另外或替代地，熔融鹽浴的溫度是從約  $380^\circ\text{C}$  至約  $450^\circ\text{C}$ ，並且浸沒時間是從約 2 小時至約 16 小時。

**【0054】** 藉由在玻璃物件 100 的表面用較大離子取代玻璃基質中的較小離子，可以在玻璃物件的外表面附近增加或產生第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的壓縮應力。例如，在離子交換處理期間，來自離子交換介質的較大離

子擴散到玻璃物件 100 的第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的外部中，並且來自玻璃基質的較小離子從玻璃物件的第一包層及 / 或第二包層的外部擴散出去。因此，第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的外部包含玻璃物件 100 的離子交換區域。離子交換區域中增加的較大離子濃度導致玻璃基質變得擁擠並在離子交換區域中增加或產生玻璃物件 100 的壓縮應力。

**【0055】** 在一些實施例中，如本文所述對玻璃物件進行機械強化（例如，第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的 CTE 低於芯層 102 的 CTE）。在此類實施例中，對玻璃物件 100 進行離子交換處理將玻璃物件外表面的表面壓縮應力（例如來自 CTE 不匹配所產生的初始表面壓縮應力）增加到最終壓縮應力值。例如，最終壓縮應力值為至少約 200 MPa、至少約 300 MPa、至少約 400 MPa、至少約 500 MPa、至少約 600 MPa、至少約 700 MPa、至少約 800 MPa、至少約 900 MPa、或至少約 1000 MPa。另外或替代地，最終壓縮應力值為至多約 1300 MPa、至多約 1200 MPa、至多約 1100 MPa、至多約 1000 MPa、至多約 900 MPa、或至多約 800 MPa。

**【0056】** 第 6 圖為比較具有不同模量對比並藉由機械和化學強化的組合強化的玻璃物件之例示性保持強度分佈的圖形說明。第 6 圖圖示的保持強度分佈是使用斷裂力學模擬產生的。模擬的玻璃物件是參照第 3 - 4 圖描述的層壓玻璃片，不同之處僅在於對機械強化的玻璃物件進行離

子交換處理以在包層中產生離子交換區域並增加玻璃物件的表面壓縮應力。離子交換區域從玻璃物件的外表面延伸到  $25\ \mu\text{m}$  的深度。表面壓縮應力是  $900\ \text{MPa}$ 。包層中的壓縮應力隨著距離外表面的深度增加而貫穿離子交換區域以誤差函數分佈減小到在離子交換區域的內表面為  $190\ \text{MPa}$  的壓縮應力。包層在離子交換區域與芯層之間的整個其餘部分（例如包層的非離子交換區域）的壓縮應力大致上固定在  $190\ \text{MPa}$ 。芯層處於  $21\ \text{MPa}$  的拉伸應力之下。在整個芯層中拉伸應力大致上不變。為了產生第 6 圖圖示的保持強度分佈，包層模量  $E_{\text{clad}}$  從  $50\ \text{GPa}$  改變到  $90\ \text{GPa}$ ，同時將芯模量  $E_{\text{core}}$  保持固定在  $70\ \text{GPa}$ 。產生保持強度分佈 602 的模擬玻璃物件具有  $70\ \text{GPa}$  的包層模量  $E_{\text{clad}}$ ，得到  $0\ \text{GPa}$  的模量對比  $E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$ （即沒有模量對比）。產生保持強度分佈 604 的模擬玻璃物件具有  $50\ \text{GPa}$  的包層模量  $E_{\text{clad}}$ ，得到  $20\ \text{GPa}$  的模量對比  $E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$  和  $1.4$  的模量比  $E_{\text{core}} / E_{\text{clad}}$ 。產生保持強度分佈 606 的模擬玻璃物件具有  $90\ \text{GPa}$  的包層模量  $E_{\text{clad}}$ ，得到  $-20\ \text{GPa}$  的模量對比  $E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$  和  $0.78$  的模量比  $E_{\text{core}} / E_{\text{clad}}$ 。保持強度分佈 602 表示其中玻璃物件無模量對比（即  $E_{\text{core}} = E_{\text{clad}}$ ）的對照實例。保持強度分佈 604 表示其中  $E_{\text{core}} > E_{\text{clad}}$  的例示性實施例。保持強度分佈 606 表示其中  $E_{\text{core}} < E_{\text{clad}}$  的比較例。

【0057】 如第 6 圖所示，與在  $10\ \mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約  $705\ \text{MPa}$  的保持強度的保持強度分佈 602 相比，保持

強度分佈 604 在 10  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約 910 MPa 的保持強度。因此，將模量對比從 0 GPa 增加到 20 GPa 使玻璃物件的保持強度增加了約 29%。保持強度的增加是由於增加的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。因此，對於相同程度的組合機械和化學強化（例如相同的 CTE 對比、厚度、及離子交換處理），模量對比可以使保持強度增加。

【0058】亦如第 6 圖所示，與在 10  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約 700 MPa 的保持強度的保持強度分佈 602 相比，保持強度分佈 606 在 10  $\mu\text{m}$  的裂縫深度處具有約 590 MPa 的保持強度。因此，將模量對比從 0 GPa 降低到 -20 GPa 使玻璃物件的保持強度降低了約 16%。因此，將模量對比從 0 GPa 降低到 -40 GPa 使玻璃物件的保持強度降低了約 33%。保持強度的降低是由於降低的模量對比所導致的，且包層中的壓縮應力或芯層中的拉伸應力並沒有任何變化。

【0059】在一些實施例中，玻璃物件 100 未經機械強化。例如，在一些實施例中，第一包層 104 及 / 或第二包層 106 的 CTE 等於芯層 102 的 CTE。在此類實施例中，在任何離子交換處理之前第一包層 104 及 / 或第二包層 106 中有極少應力或沒有應力，而且使玻璃物件 100 進行離子交換處理在玻璃物件的外表面產生表面壓縮應力。例如，表面壓縮應力值為至少約 200 MPa、至少約 300 MPa、至少約 400 MPa、至少約 500 MPa、至少約 600

MPa、至少約700 MPa、至少約800 MPa、至少約900 MPa、或至少約1000 MPa。另外或替代地，表面壓縮應力值為至多約1300 MPa、至多約1200 MPa、至多約1100 MPa、至多約1000 MPa、至多約900 MPa、或至多約800 MPa。在其他實施例中，第一包層104及/或第二包層106的CTE大於芯層102的CTE。在此類實施例中，在任何離子交換處理之前第一包層104及/或第二包層106處於張力，而且使玻璃物件100進行離子交換處理在玻璃物件的外表面降低了表面拉伸應力及/或產生表面壓縮應力。例如，表面壓縮應力值為至少0 MPa、至少約20 MPa、至少約50 MPa、至少約100 MPa、至少約200 MPa、至少約300 MPa、至少約400 MPa、至少約500 MPa、或至少約600 MPa。另外或替代地，表面壓縮應力值為至多約1000 MPa、至多約800 MPa、至多約600 MPa、至多約400 MPa、至多約200 MPa、或至多約100 MPa。

**【0060】** 在各種實施例中，第一包層104及/或第二包層106包含相對低模量的玻璃組成物或由相對低模量的玻璃組成物形成，並且芯層102包含相對高模量的玻璃組成物或由相對高模量的玻璃組成物形成，使得玻璃物件100包含本文所述的模量對比及/或模量比。雖然本文描述了例示性的玻璃組成物對，但此類實例並非限制性的，而且可以使用其他玻璃組成物來實現本文描述的性質。在一些實施例中，第一包層104及/或第二包層106包含相

對低CTE的玻璃組成物或由相對低CTE的玻璃組成物形成，並且芯層102包含相對高CTE的玻璃組成物或由相對高CTE的玻璃組成物形成，使得玻璃物件如本文所述被機械強化。另外或替代地，第一包層104及/或第二包層106包含可離子交換玻璃組成物或由可離子交換玻璃組成物形成，使得玻璃物件可如本文所述被化學強化。

**【0061】** 本文描述的玻璃物件可被用於各式各樣的應用，包括例如用於消費性或商業電子裝置（包括例如LCD和LED顯示器、電腦監視器、及自動提款機（ATM））的蓋玻璃或玻璃背板應用；用於觸控螢幕或觸控感測器應用、用於可攜式電子裝置包括例如行動電話、個人媒體播放器、及平板電腦；用於積體電路應用包括例如半導體晶圓；用於光伏應用；用於建築玻璃應用；用於汽車或車輛玻璃應用；或用於商業或家用電器應用。在各種實施例中，消費性電子裝置（例如智慧型手機、平板電腦、個人電腦、超筆電、電視、及相機）、建築玻璃、及/或汽車玻璃包含本文所述的玻璃物件。

#### 實例

**【0062】** 將藉由以下實例進一步闡明各種實施例。

**【0063】** 例示性的層壓玻璃片具有第1圖圖示的一般結構和表1給出的性質，其中芯玻璃表示芯層的玻璃組成物，包層玻璃表示第一和第二包層的玻璃組成物， $E_{core} - E_{clad}$ 表示層壓玻璃片的模量對比，

$E_{\text{core}} / E_{\text{clad}}$  表示層壓玻璃片的模量比，以及  $\text{CTE}_{\text{core}} - \text{CTE}_{\text{clad}}$  表示層壓玻璃片的CTE對比。

【0064】玻璃組成物A是來自康寧公司、以名稱 Corning® Pyrex® 7070 Lithia Potash Borosilicate Glass 生產的玻璃組成物，並具有 51 GPa 的模量和  $32 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的CTE。

【0065】玻璃組成物B是來自康寧公司、以名稱 Corning® Pyrex® 7740 Borosilicate Glass 生產的玻璃組成物，並具有 62.75 GPa 的模量和  $32.5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的CTE。

【0066】玻璃組成物C是來自康寧公司、以名稱 Corning® Gorilla® Glass 4 生產的可離子交換玻璃組成物，並具有 65.8 GPa 的模量和  $86.9 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的CTE。

【0067】玻璃組成物D是來自康寧公司、以名稱 Corning® Eagle<sup>2000</sup>® Glass 生產的鹼土金屬硼鋁矽酸鹽玻璃組成物，並具有 70.9 GPa 的模量和  $31.8 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的CTE。

【0068】玻璃組成物E是來自康寧公司、以名稱 Corning® Code 1737 生產的可離子交換鋁矽酸鹽玻璃組成物，並具有 70.9 GPa 的模量和  $37.6 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  的CTE。

【0069】玻璃組成物F是來自康寧公司、以名稱 Corning® Code 0317 生產的可離子交換鋁矽酸鹽玻

璃組成物，並具有71.71 GPa的模量和 $88 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。

【0070】玻璃組成物G是來自康寧公司、以名稱Corning® Gorilla® Glass生產的可離子交換鋁矽酸鹽玻璃組成物，並具有73.3 GPa的模量和 $91 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。

【0071】玻璃組成物H是來自康寧公司、以名稱Corning® Eagle XG™ Glass生產的鹼土金屬硼鋁矽酸鹽玻璃組成物，並具有73.6 GPa的模量和 $31.7 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。

【0072】玻璃組成物I是來自康寧公司、以名稱Corning® Lotus™ NXT生產的玻璃組成物，並具有83 GPa的模量和 $35 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。

【0073】玻璃組成物J包含62.33重量%的 $\text{SiO}_2$ 、22.55重量%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、4.75重量%的 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、0.95重量%的 $\text{Li}_2\text{O}$ 、9.28重量%的 $\text{MgO}$ 、0.09重量%的 $\text{CaO}$ 、0.04重量%的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、及0.02重量%的 $\text{TiO}_2$ ；並具有90.2 GPa的模量和 $36 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 的CTE。

表1：例示性層壓玻璃片的性質

實例	芯玻璃	包層玻璃	$E_{\text{core}} - E_{\text{clad}}$ (GPa)	$E_{\text{core}} / E_{\text{clad}}$	$\text{CTE}_{\text{core}} - \text{CTE}_{\text{clad}}$ ( $\times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
1	F	C	5.91	1.09	1.1
2	J	I	7.2	1.09	1
3	G	C	7.5	1.11	4.1
4	D	B	8.15	1.13	-0.7
5	E	B	8.15	1.13	5.1
6	F	B	8.96	1.14	55.5
7	I	H	9.4	1.13	3.3
8	G	B	10.55	1.17	58.5
9	H	B	10.85	1.17	-0.8
10	B	A	11.75	1.23	0.5
11	I	D	12.1	1.17	3.2
12	I	E	12.1	1.17	-2.6
13	C	A	14.8	1.29	54.9
14	J	H	16.6	1.23	4.3
15	J	D	19.3	1.27	4.2
16	J	E	19.3	1.27	-1.6
17	D	A	19.9	1.39	-0.2
18	E	A	19.9	1.39	5.6
19	I	B	20.25	1.32	2.5
20	F	A	20.71	1.4	56
21	G	A	22.3	1.44	59
22	H	A	22.6	1.44	-0.3
23	J	B	27.45	1.44	3.5
24	I	A	32	1.63	3
25	J	A	39.2	1.77	4

【0074】實例1-3、5-8、10-11、13-15、18-21及23-25的層壓玻璃片包含正CTE對比（即 $\text{CTE}_{\text{core}} > \text{CTE}_{\text{clad}}$ ），從而層壓玻璃片如本文所述被機械強化，並且包層處於壓縮狀態。在這些實例中，實例1和3的層壓玻璃片包含由可離子交換包層玻璃組成物形成的包層，從而層壓玻璃片可以如本文所述被化學強化，

以在一個或兩個外表面形成離子交換區域，並進一步增加層壓玻璃片的表面壓縮應力。

【0075】 實例4、9、12、16-17、及22的層壓玻璃片包含負CTE對比（即 $CTE_{core} < CTE_{clad}$ ），從而包層如本文所述處於張力。然而，實例12和16的層壓玻璃片包含由可離子交換包層玻璃組成物形成的包層，從而層壓玻璃片可以如本文所述被化學強化，以在一個或兩個外表面形成離子交換區域，並產生表面壓縮應力。在這種化學強化之後，包層的外部（例如包層的離子交換區域）處於壓縮狀態，包層的內部（例如包層的非離子交換區域）處於張力，並且芯層處於壓縮狀態。

【0076】 可以將玻璃組成物A-J以不同於針對實例1-25的層壓玻璃物件描述的那些組合使用。實例1-25的層壓玻璃物件是例示性的，而且可以將其他玻璃組成物用於具有一個或更多個本文所述特徵的層壓玻璃物件。

【0077】 對於所屬技術領域中具有通常知識者而言顯而易見的是，可以在不偏離請求保護的標的物之精神和範圍下進行各種修改和變化。因此，除了按照所附申請專利範圍及其均等物之外，請求保護的標的物不受限制。

#### 【符號說明】

#### 【0078】

100 玻璃物件

102 芯層

104 第一包層

- 1 0 6 第二包層
- 1 0 8 外表面
- 1 1 0 外表面
- 1 1 2 界面
- 1 1 4 界面
- 2 0 0 溢流分配器
- 2 2 0 下溢流分配器
- 2 2 2 槽
- 2 2 4 第一玻璃組成物
- 2 2 6 外成形表面
- 2 2 8 外成形表面
- 2 3 0 拉伸線
- 2 4 0 上溢流分配器
- 2 4 2 槽
- 2 4 4 第二玻璃組成物
- 2 4 6 外成形表面
- 2 4 8 外成形表面
- 3 0 2 - 3 1 2 保持強度分佈
- 4 0 2 - 4 1 0 保持強度分佈
- 6 0 2 - 6 0 6 保持強度分佈

**【生物材料寄存】**

**【 0 0 7 9 】** 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 8 0 】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註  
記)  
無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種層壓玻璃物件，包含：

一玻璃芯層，包含一芯模量  $E_{core}$ ；以及

一玻璃包層，與該芯層相鄰並包含一包層模量  $E_{clad}$ ，  
該包層模量  $E_{clad}$  比  $E_{core}$  小至少 5 GPa。

【第2項】 如請求項 1 所述之層壓玻璃物件，其中該芯層包含一至少約 30 kP 的液相黏度。

【第3項】 如請求項 1 所述之層壓玻璃物件，其中：

該芯層包含一芯熱膨脹係數  $CTE_{core}$ ；以及

該包層包含一包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$ ，該包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$  小於或等於  $CTE_{core}$ 。

【第4項】 如請求項 3 所述之層壓玻璃物件，其中  $CTE_{core}$  與  $CTE_{clad}$  之間的差為至多  $60 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 。

【第5項】 如請求項 1 所述之層壓玻璃物件，其中：

該芯層包含一芯熱膨脹係數  $CTE_{core}$ ；以及

該包層包含一包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$ ，該包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$  小於或等於  $CTE_{core}$ 。

【第6項】 如請求項 5 所述之層壓玻璃物件，其中  $CTE_{core}$  與  $CTE_{clad}$  之間的差大於或等於  $-1 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 。

【第7項】 如請求項 1 所述之層壓玻璃物件，其中  $E_{core} / E_{clad}$  為至少 1.08。

- 【第8項】 如請求項1所述之層壓玻璃物件，其中  $E_{clad}$  比  $E_{core}$  小至少 12 GPa。
- 【第9項】 如請求項1所述之層壓玻璃物件，該層壓玻璃物件中形成有 10  $\mu\text{m}$  深的一裂縫並包含比一參考玻璃物件大至少約 10% 的一估計保持強度，該參考玻璃物件包含彼此相等的一參考芯模量和一參考包層模量。
- 【第10項】 如請求項1所述之層壓玻璃物件，其中該包層包含一壓縮應力。
- 【第11項】 如請求項10所述之層壓玻璃物件，其中該壓縮應力至少部分從該芯層與該包層之間的一熱膨脹係數 (CTE) 對比所產生。
- 【第12項】 如請求項10所述之層壓玻璃物件，其中該壓縮應力至少部分從使該層壓玻璃物件進行一離子交換處理以在該包層的一外表面形成一離子交換區域所產生。
- 【第13項】 如請求項1所述之層壓玻璃物件，其中該包層包含一第一包層和一第二包層，並且該芯層位於該第一包層與該第二包層之間。
- 【第14項】 一種層壓玻璃物件，包含：
- 一玻璃芯層，包含一芯模量  $E_{core}$ ；
  - 一玻璃包層，與該芯層相鄰並包含一包層模量  $E_{clad}$ ；

以及

一至少 1.08 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。

【第 15 項】 如請求項 14 所述之層壓玻璃物件，進一步包含一至少 5 GPa 的模量對比  $E_{core} - E_{clad}$ 。

【第 16 項】 如請求項 14 所述之層壓玻璃物件，其中該芯層包含一至少約 30 kP 的液相黏度。

【第 17 項】 如請求項 14 所述之層壓玻璃物件，其中：  
該芯層包含一芯熱膨脹係數  $CTE_{core}$ ；以及  
該包層包含一包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$ ，該包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$  小於或等於  $CTE_{core}$ 。

【第 18 項】 如請求項 17 所述之層壓玻璃物件，進一步包含至多  $60 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  的一 CTE 對比  $CTE_{core} - CTE_{clad}$ 。

【第 19 項】 如請求項 14 所述之層壓玻璃物件，其中：  
該芯層包含一芯熱膨脹係數  $CTE_{core}$ ；以及  
該包層包含一包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$ ，該包層熱膨脹係數  $CTE_{clad}$  大於或等於  $CTE_{core}$ 。

【第 20 項】 如請求項 19 所述之層壓玻璃物件，進一步包含大於或等於  $-1 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  的一 CTE 對比  $CTE_{core} - CTE_{clad}$ 。

【第 21 項】 如請求項 14 所述之層壓玻璃物件，其中  $E_{core}/E_{clad}$  為至少 1.18。

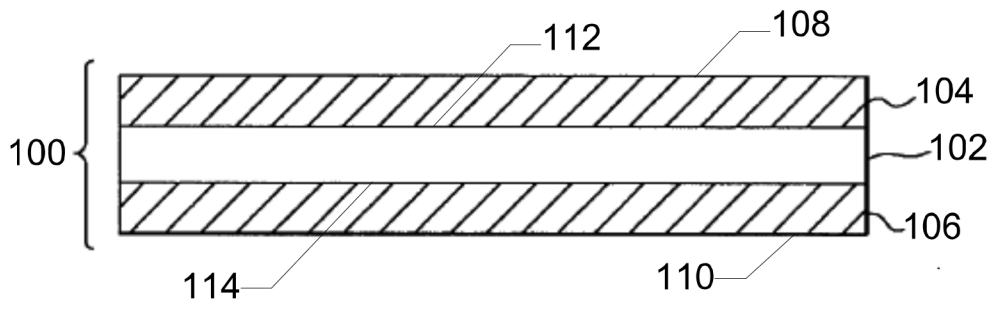
- 【第22項】 如請求項14所述之層壓玻璃物件，該層壓玻璃物件中形成有 $10\ \mu\text{m}$ 深的一裂縫並包含比一參考玻璃物件大至少約10%的一估計保持強度，該參考玻璃物件包含彼此相等的一參考芯模量和一參考包層模量。
- 【第23項】 如請求項14所述之層壓玻璃物件，其中該包層包含一壓縮應力。
- 【第24項】 如請求項23所述之層壓玻璃物件，其中該壓縮應力至少部分從該芯層與該包層之間的一熱膨脹係數（CTE）對比所產生。
- 【第25項】 如請求項23所述之層壓玻璃物件，其中該壓縮應力至少部分從使該層壓玻璃物件進行一離子交換處理以在該包層的一外表面形成一離子交換區域所產生。
- 【第26項】 如請求項14所述之層壓玻璃物件，其中該包層包含一第一包層和一第二包層，並且該芯層位於該第一包層與該第二包層之間。
- 【第27項】 一種消費性電子裝置、建築玻璃、或汽車玻璃，包含如請求項1至26中任一項所述之層壓玻璃物件。
- 【第28項】 一種方法，包含以下步驟：
- 使一熔融芯玻璃與一熔融包層玻璃接觸以形成一層

壓玻璃物件，該層壓玻璃物件包含一玻璃芯層和一玻璃包層，該玻璃芯層包含一芯模量  $E_{core}$ ，並且該玻璃包層包含一包層模量  $E_{clad}$ ；

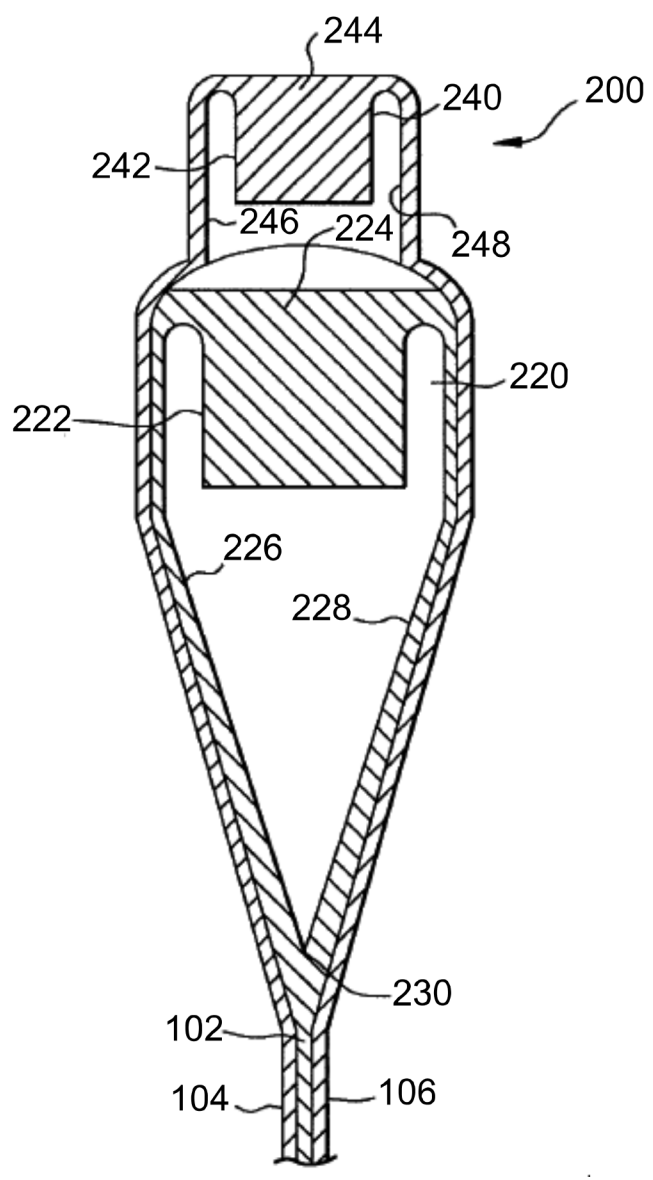
其中該層壓玻璃物件包含一至少 1.08 的模量比  $E_{core}/E_{clad}$ 。

**【第29項】** 如請求項 28 所述之方法，進一步包含使該層壓玻璃物件進行一離子交換處理以產生或增加該層壓玻璃物件的一表面壓縮應力。

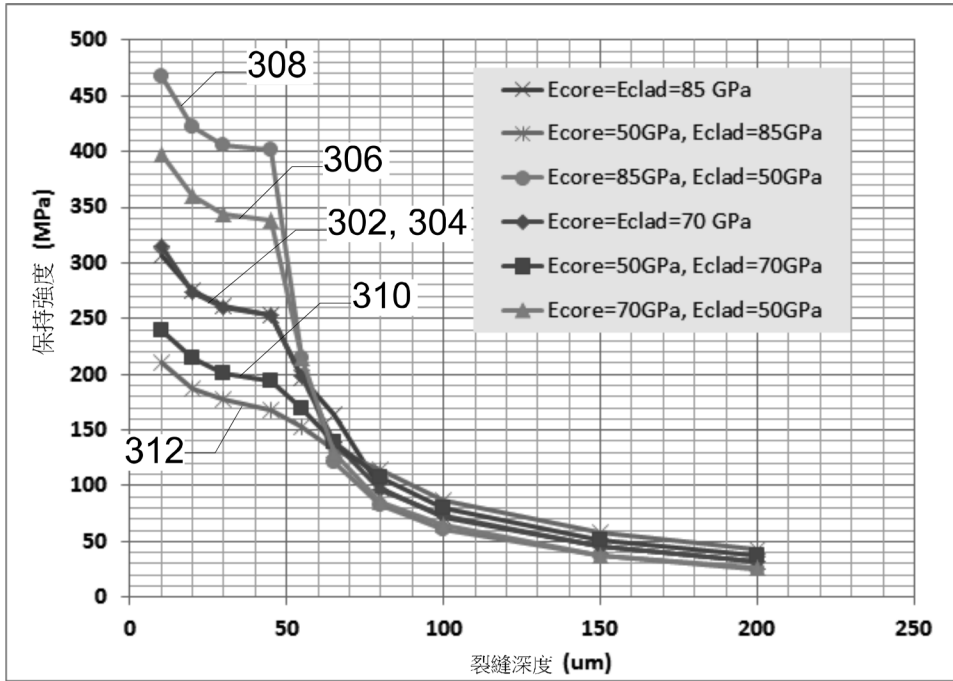
【發明圖式】



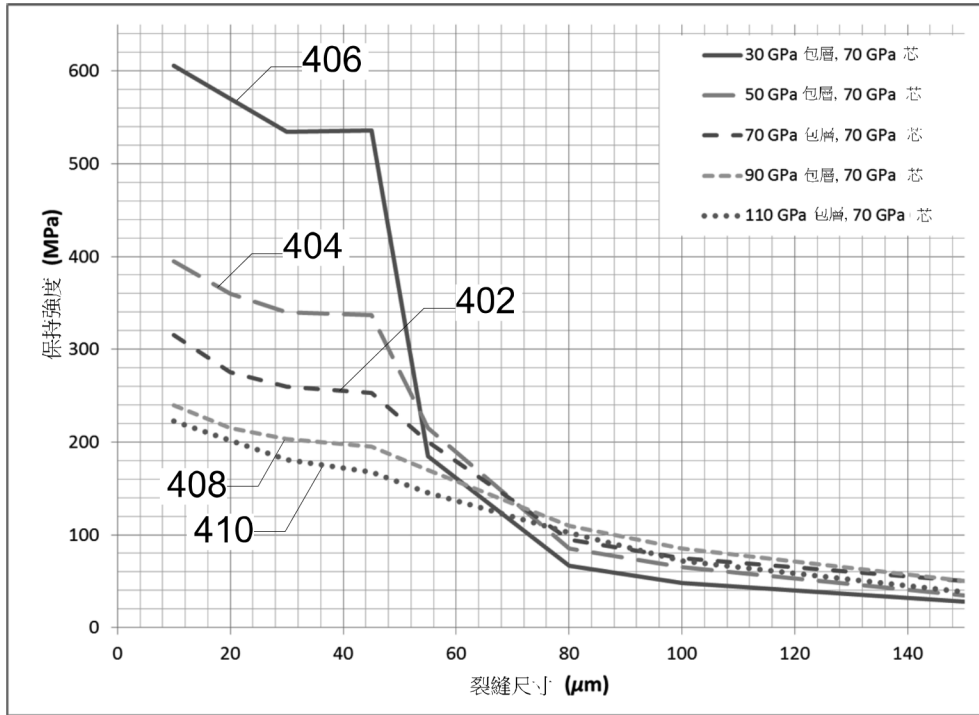
第1圖



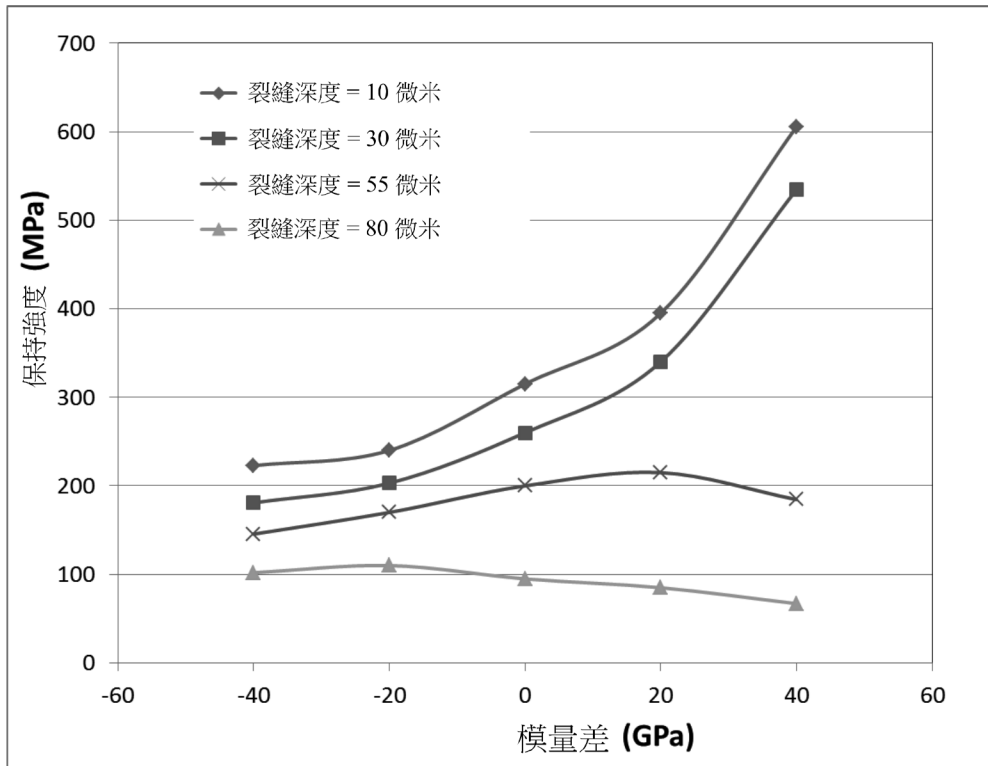
第2圖



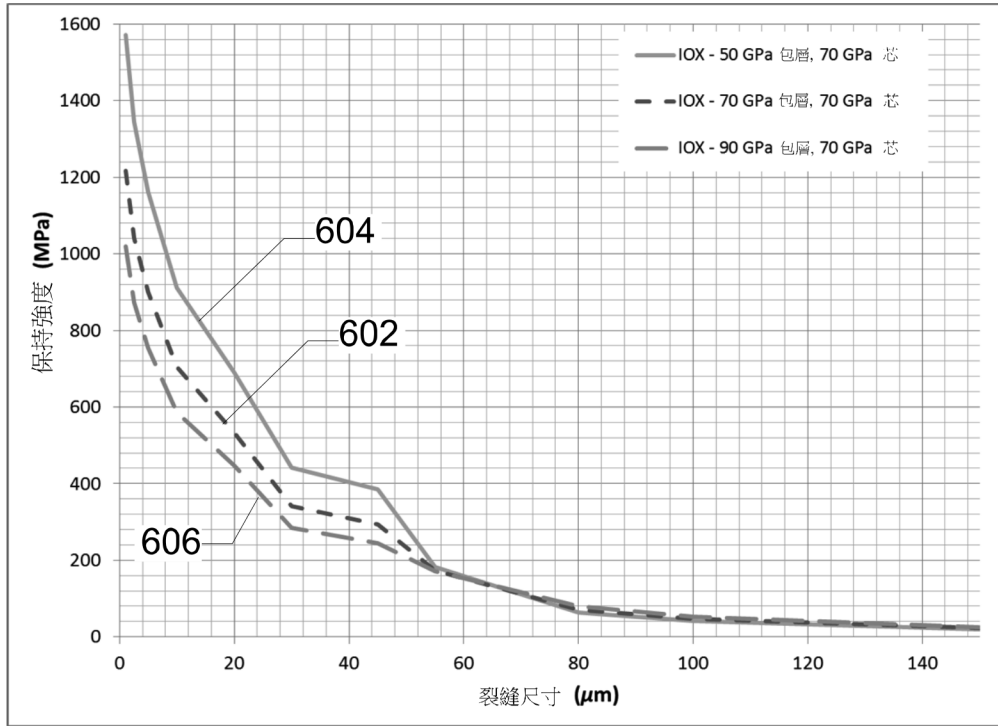
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖