



(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 I733654 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：104136357

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 11 月 04 日

(51)Int. Cl. : **B32B17/10 (2006.01)****H01L23/15 (2006.01)****H01L23/29 (2006.01)****H01L23/31 (2006.01)**

(30)優先權：2014/11/04 美國

62/074,940

(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)；修史達克保羅約翰
SHUSTACK, PAUL JOHN (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201103744A

TW 201307233A

TW 201404756A

審查人員：葉猷全

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 65 頁

(54)名稱

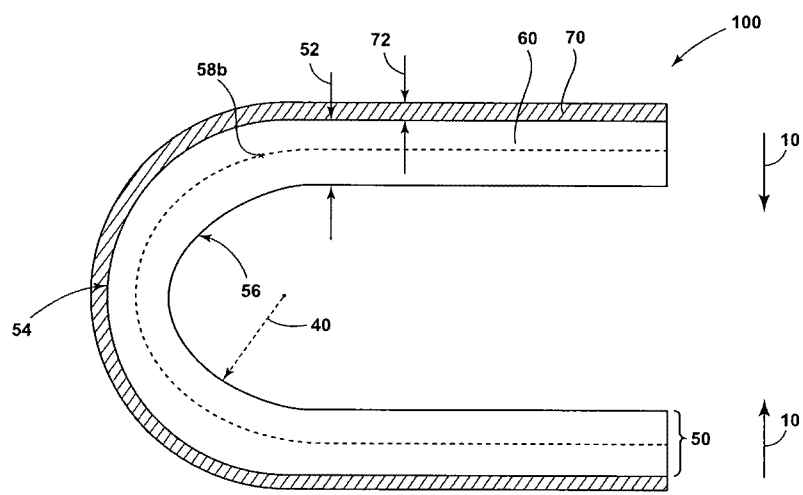
具有無鹼玻璃元件的可彎曲玻璃物件

(57)摘要

本發明係關於一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 40GPa 至約 100GPa 之彈性模數、約 20 μ m 至約 100 μ m 之最終厚度、一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μ m 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。該玻璃元件亦包括在該第一主表面上之保護層。另外，該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25 $^{\circ}$ C 及約 50%相對濕度下以約 15mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

A bendable stack assembly that includes a glass element having a composition substantially free of alkali ions, an elastic modulus of about 40 GPa to about 100 GPa, a final thickness from about 20 μ m to about 100 μ m, a first primary surface substantially in tension upon a bending of the element, and a second primary surface substantially in compression upon the bending, the primary surfaces characterized by a prior material removal to the final thickness from an initial thickness that is at least 20 μ m greater than the final thickness. The glass element also includes a protect layer on the first primary surface. In addition, the glass element is characterized by an absence of failure when the element is held during the bending at a bend radius of about 15 mm for at least 60 minutes at about 25 $^{\circ}$ C and about 50% relative humidity.

指定代表圖：



第2B圖

- 符號簡單說明：
- 10 . . . 彎曲
 - 40 . . . 彎曲半徑
 - 50 . . . 玻璃元件
 - 52 . . . 最終厚度
 - 54 . . . 第一主表面
 - 56 . . . 第二主表面
 - 60 . . . 區域
 - 70 . . . 保護層
 - 72 . . . 厚度
 - 100 . . . 可彎曲堆疊總成

I733654

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有無鹼玻璃元件的可彎曲玻璃物件

【英文發明名稱】BENDABLE GLASS ARTICLES WITH ALKALI-FREE
GLASS ELEMENTS

【中文】

本發明係關於一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數、約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度、一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。該玻璃元件亦包括在該第一主表面上之保護層。另外，該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【英文】

A bendable stack assembly that includes a glass element having a composition substantially free of alkali ions, an elastic modulus of about 40 GPa to about 100 GPa, a final thickness from about 20 μm to about 100 μm . a first primary surface substantially in tension upon a bending of the element, and a second primary surface substantially in compression upon the bending, the primary surfaces characterized by a prior material removal to the final thickness from an initial thickness that is at least 20 μm greater than the final thickness. The glass element also includes a protect layer on the first primary surface. In addition, the glass

element is characterized by an absence of failure when the element is held during the bending at a bend radius of about 15 mm for at least 60 minutes at about 25 °C and about 50% relative humidity.

【指定代表圖】第（2B）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 彎 曲

4 0 彎 曲 半 徑

5 0 玻 璃 元 件

5 2 最 終 厚 度

5 4 第 一 主 表 面

5 6 第 二 主 表 面

6 0 區 域

7 0 保 護 層

7 2 厚 度

1 0 0 可 彎 曲 堆 疊 總 成

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有無鹼玻璃元件的可彎曲玻璃物件

【英文發明名稱】BENDABLE GLASS ARTICLES WITH ALKALI-FREE
GLASS ELEMENTS

【技術領域】

【0001】 本申請案根據專利法主張2014年11月4日申請之美國臨時申請案序列號第62/074940號之優先權權益，該申請案之內容為本文之基礎且以全文引用方式併入本文中。

【0002】 本揭示內容總體上係關於可彎曲玻璃物件、堆疊總成及電子裝置總成、以及用於製造該等物件及總成之各種方法。更特定而言，本揭示內容係關於含有無鹼玻璃元件之此等物品及總成之可彎曲型式、以及用於製造此等可彎曲型式之方法。

【先前技術】

【0003】 傳統上，本質上為剛性的產品及組件之可撓性型式正加以概念化以用於新的應用。例如，可撓性電子裝置可提供薄的、輕型及可撓性性質，其為例如彎曲顯示器及可佩帶裝置之新應用提供機遇。此等可撓性電子裝置中之許多裝置需要可撓性基板以用於固持及安裝此等裝置之電子組件。聚合物箔具有包括耐疲勞斷裂性之一些優點，但遭受邊際光學透明度、缺少熱穩定性及受限氣密性之缺點。當聚合物箔用作電子裝置之底板或

基板時，其受限的耐熱性顯著地限制用於此等裝置中之電子組件的加工及製造。

【0004】此等電子裝置中的一些裝置亦可利用可撓性顯示器。光學透明度及熱穩定性常常為用於可撓性顯示器應用之重要性質。另外，可撓性顯示器應具有高的耐疲勞性及耐擊穿性，包括在小彎曲半徑下之耐斷裂性，尤其對具有觸控螢幕功能性及/或可折疊之可撓性顯示器而言如此。

【0005】習知可撓性玻璃材料提供用於可撓性基板及/或顯示器應用之許多所需性質。然而，對利用(harness)用於此等應用之玻璃材料的努力迄今為止大部分均未成功。一般而言，玻璃基板可製造成極低厚度位準($< 25 \mu m$)以達成越來越小的彎曲半徑。然而，此等「薄」玻璃基板遭受耐擊穿性有限的缺點。同時，較厚玻璃基板($> 150 \mu m$)可製作成具有較好耐擊穿性，但此等基板缺乏在彎曲時的適合耐疲勞性及機械可靠性。另外，一些習知的玻璃基板組成物具有含有相對較高鹼離子含量之缺點。用此等組成物製成的玻璃基板容易發生鹼離子遷移，此可使安裝在此等基板上的電子裝置及組件之性能降級。

【0006】因此，對可靠地用於可撓性底板、基板及/或顯示器應用及功能中、尤其用於可撓性電子裝置應用中的玻璃材料、組件、總成及裝置組態存在需要。

【發明內容】

【0007】 根據一態樣，提供一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數、約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度、一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。玻璃元件亦包括在第一主表面上之保護層。另外，玻璃元件之特徵在於當元件在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時不存在斷裂。根據一些態樣，玻璃元件之組成物具有各自小於 0.5 mol % 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0008】 根據一態樣，提供一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數、至少 0.6 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 之 K_{IC} 斷裂韌度、約 20 μm 至約 100 μm 之厚度、一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面。玻璃元件亦包括在第一主表面上之保護層。

【0009】 根據另一態樣，提供一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數、約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度、一旦該元件彎曲即實質上處

於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 $20\ \mu\text{m}$ 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。玻璃元件亦包括在第一主表面上之保護層。另外，玻璃元件之特徵在於當元件已經受在約 25°C 及約 50% 相對濕度下以約 $15\ \text{mm}$ 之彎曲半徑彎曲 $200,000$ 個週期之後不存在斷裂。

【0010】根據又一態樣，提供一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約 $40\ \text{GPa}$ 至約 $100\ \text{GPa}$ 之彈性模數、約 $20\ \mu\text{m}$ 至約 $100\ \mu\text{m}$ 之最終厚度、在 2% 或更大之斷裂機率下至少 $1000\ \text{MPa}$ 之彎曲強度、一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 $20\ \mu\text{m}$ 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。玻璃元件亦包括在第一主表面上之保護層。另外，玻璃元件之特徵在於在總成已於保護層的層壓至第一主表面上之部分中經受立體角壓痕機在 10 公克力 ($\text{grams of force; gf}$) 下的壓痕之後，彎曲強度之至少 90% 的殘留強度。應理解，在 2% 或更大之斷裂機率下至少 $1000\ \text{MPa}$ 之所需彎曲強度係基於韋伯彎曲試驗 (Weibull bend test) 數據之外推，該試驗數據將來自具有與試驗相關偽痕有關的減小的強度值之樣品的數據排除在外。

【0011】根據又一態樣，提供一種包括可彎曲底板之可彎曲電子裝置總成，該可彎曲底板具有實質上無鹼離子之玻璃組成物、約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數、約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度、一旦該底板彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面、以及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度。該總成亦包括在底板之第一主表面上的保護層；以及在底板之第二主表面上的複數個電子組件。另外，底板之特徵在於當底板在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時不存在斷裂。

【0012】根據某些態樣，可彎曲電子裝置總成進一步包括在該複數個電子組件上之可彎曲蓋件，該蓋件具有約 25 μm 至約 125 μm 之厚度、第一主表面及第二主表面。該蓋件亦包括(a)具有至少 90 % 之光透射率及第一主表面的第一玻璃層；及(b)自第一玻璃層之第一主表面延伸至第一玻璃層中之第一深度的壓縮應力區域，該區域藉由在第一玻璃層之第一主表面處的至少約 100 MPa 之壓縮應力限定。另外，可彎曲蓋件之特徵亦為：(a)當蓋件在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂；(b)當藉由以下者支撐蓋件之第一主表面且蓋件之第二主表面由具有 200 μm 直徑之平坦底部的不銹鋼銷加載時，大於

約 1.5 kgf 之耐擊穿性：(i) 具有小於約 1 GPa 之彈性模數的大致 $25 \text{ }\mu\text{m}$ 厚壓敏黏著劑及(ii) 具有小於約 10 GPa 之彈性模數的大致 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 厚聚對苯二甲酸乙二酯層；以及(c) 大於或等於 8H 之鉛筆硬度。根據一些態樣，可彎曲蓋件之第一玻璃層之組成物具有各自小於 $0.5 \text{ mol}\%$ 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0013】 在一些實施例中，可彎曲電子裝置總成進一步包括位於蓋件之下並且接合至底板之可彎曲封裝物，該封裝物經配置以封裝該複數個電子組件。在某些態樣中，封裝物具有約 $25 \text{ }\mu\text{m}$ 至約 $125 \text{ }\mu\text{m}$ 之厚度且進一步包括：具有至少 90% 之光透射率及第一主表面之第二玻璃層；及(b) 自第二玻璃層之第一主表面延伸至第二玻璃層中之第一深度的壓縮應力區域，該區域藉由在第二玻璃層之第一主表面處的至少約 100 MPa 之壓縮應力限定。封裝物之特徵進一步在於當封裝物在約 25°C 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂。在一些實施方式中，可彎曲封裝物之第二層具有實質上無鹼離子之玻璃組成物。根據一些態樣，可彎曲封裝物之組成物具有各自小於 $0.5 \text{ mol}\%$ 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0014】 在本揭示內容之另一態樣中，可彎曲電子裝置總成可進一步包括位於蓋件之下且接合至底板的可彎曲封裝物，該封裝物進一步經配置以封裝複數個電子組件；以及在封裝物之第一主表面上的保護層。在此態樣

中，該封裝物之特徵進一步在於：實質上無鹼離子之玻璃組成物且具有至少 90 % 之光透射率；約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數；約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度；一旦該封裝物彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面；一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；並且當封裝物在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時不存在斷裂。

【0015】 其他特徵及優勢將在以下的詳述中闡述，且在部分程度上，熟習此項技術者將根據該描述而容易明白該等特徵及優勢，或藉由實踐本文(包括後續實施方式、發明申請專利範圍以及隨附圖式)所述的實施例來認識該等特徵及優勢。

【0016】 應理解，前述的一般描述及以下詳述僅僅為示範，且意欲提供用於理解發明申請專利範圍之性質及特徵的概述及框架。隨附圖式係納入來提供對本說明書的進一步理解，且併入本說明書中並構成本說明書之一部分。圖式例示一或多個實施例，且與說明書一起用於解釋各種實施例之原理及操作。如本文所使用的方向性用詞——例如，上、下、右、左、前、後、頂部、底部——僅係參考所繪製之圖式而言，且不意欲暗示絕對定向。

【圖式簡單說明】

【0017】 第 1 圖為一組具有蝕刻及壓痕主表面的可撓

性玻璃樣品與另一組具有蝕刻主表面之可撓性玻璃樣品的斷裂機率比對斷裂負荷之韋伯繪圖。

【0018】第2圖為根據本揭示內容之一態樣的可彎曲堆疊總成之透視圖，其包括具有實質上無鹼離子之組成物及保護層之無鹼玻璃元件。

【0019】第2A圖為第2圖所描繪的堆疊總成之橫截面圖。

【0020】第2B圖為一旦第2圖所描繪的堆疊總成彎曲時該堆疊總成之橫截面圖。

【0021】第3及3A圖為描繪可彎曲堆疊總成之設計組態的示意圖，其中尤其關於在根據本揭示內容之其他態樣之此等總成中使用的無鹼玻璃元件之最大彎曲半徑、彈性模數及厚度。

【0022】第4圖為根據本揭示內容之另一態樣之電子裝置總成的透視圖，其包括具有無鹼玻璃組成物之可彎曲底板、保護層及在底板上之電子裝置。

【0023】第4A圖為一旦第4圖描繪的電子裝置總成彎曲時該電子裝置總成之橫截面圖。

【0024】第5圖為電子裝置總成之透視圖，其包括具有無鹼玻璃組成物之可彎曲底板、保護層、在該底板上之電子裝置、在該等電子組件上之可彎曲蓋件、以及在該蓋件之下且接合至底板之可彎曲封裝物，該封裝物封裝該等電子組件。

【0025】 第5A圖為一旦第5圖描繪的電子裝置總成彎曲時該電子裝置總成之橫截面圖。

【實施方式】

【0026】 現將詳細參考本發明較佳實施例，該等實施例之實例例示於隨附圖式中。在任何可能的情況下，整個圖式將使用相同元件符號指代相同或相似部件。本文中可將範圍表述為自「約」一個特定值，及/或至「約」另一特定值。當表述此範圍時，另一實施例包括自該一個特定值及/或至該另一特定值。類似地，當藉由使用先行詞「約」將值表述為近似值時，應理解，特定值形成另一實施例。應進一步理解，範圍中每一者之端點相對於另一端點而言及獨立於另一端點而言均有意義。

【0027】 除了其他特徵及益處之外，本揭示內容之堆疊總成、玻璃元件及玻璃物件(及其製造方法)提供在小彎曲半徑下之機械可靠性(例如，就靜態張力及疲勞以及在多次循環上的動態彎曲而言)。當堆疊總成、玻璃元件及/或玻璃物件用作可折疊顯示器內之基板或底板組件時，小彎曲半徑及對鹼離子遷移之降低的敏感度特別有益。例如，元件、總成或物件可用於顯示器中，其中該顯示器之一部分折疊於該顯示器之另一部分上且基板或底板含有電子組件。更一般而言，堆疊總成、玻璃元件及/或玻璃物件可用作以下一或多者：可折疊顯示器之面向使用者部分上之蓋件，該面向使用者部分為其中耐擊穿性尤其重要的位置；內部地安置於裝置自身內之基

板，電子組件係安置於該基板上；或可折疊顯示裝置中之其他位置處之基板。替代地，堆疊總成、玻璃元件及或玻璃物件可用於不具有顯示器之裝置中，但為其中出於玻璃層之有益性質而使用玻璃層且將其以與可折疊顯示器類似的方式折疊至緊致彎曲半徑(tight bend radius)之裝置。

【0028】根據本揭示內容之一態樣，提供一種包括玻璃元件之可彎曲堆疊總成，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數以及約20 μm 至約100 μm 之最終厚度。該總成亦包括在玻璃元件之一或多個主表面上的至少一個保護層。玻璃元件之最終厚度為在材料移除製程之後的元件厚度，例如，自玻璃元件之每個表面上移除至少10微米之蝕刻製程。

【0029】無鹼的可彎曲玻璃物件在靜態及/或循環條件下彎曲而無斷裂之能力至少部分視物件之強度而定。物件之強度經常視物件中之瑕疵相對於施加於物件上之應力場的尺寸及分佈而定。在製造期間，將無鹼玻璃基板切割、切單或以其他方式切成最終或近最終形狀。此等製程及與此有關之處理經常將瑕疵引入物件中，使該等物件之強度及韌度降級。因此，無鹼玻璃板經常顯示250 MPa或較小之強度位準。約 $0.8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 之斷裂韌度(K_{Ic})值為無鹼玻璃組成物之典型性質。藉由採

用以下方程式(1)，有可能為經受處理及製造相關損傷之此類物件估算到約2.6微米之最大瑕疵尺寸：

$$K_{IC} = Y * \sigma * a^{1/2} \quad (1)$$

其中 a 為最大瑕疵尺寸且 Y 為憑經驗確定之裂紋形狀係數，對於通常與切單及製造相關之處理損傷有關的表面劃痕為約 $1.12 * \pi^{1/2}$ 。

【0030】材料移除製程，諸如在切單之後執行的酸蝕刻程序，可藉由減小瑕疵之密度及尺寸顯著地改良無鹼玻璃物件(及其他玻璃組成物)內的瑕疵分佈。熟習此項技術者所採用的其他途徑可用於自玻璃移除材料(例如雷射蝕刻)。根據本揭示內容之一態樣，此等材料移除製程可將無鹼玻璃元件之強度提高至1000 MPa或更大之強度位準。鑒於方程式(1)，材料移除製程將最大瑕疵尺寸 a 減小至約162 nm。

【0031】由於處理及切單可對物件造成損傷，所以亦預期在材料移除製程之後對鹼玻璃物件(及具有其他玻璃組成物之物件)的最小且甚至是謹慎處理亦可顯著降低經由材料移除程序獲得的物件之提高的強度。第1圖顯示表明此點的斷裂負荷及斷裂機率之韋伯繪圖。詳言之，一組經受材料移除製程及小的立體角壓痕(亦即「B1-深蝕刻」組)之非強化的Corning Gorilla®玻璃物件顯示與一組具有相同組成物及材料移除製程條件之樣品(亦即「A1-深蝕刻」組)相比顯著降低強度值。在第1圖中，測試樣品具有約200微米之原始厚度並且藉

由深酸蝕刻程序減小至7.5微米厚。在B1組中，樣品經受在約10 gf下之立體角壓痕。

【0032】 再次參看第1圖，A1組顯示在10%或更大之斷裂機率下超過1000 MPa之強度值。此外，認為具有遠低於1000 MPa之強度值的兩個數據點為在測試相關處理期間無意地受損之離群值。因此，在第1圖中描繪的A1組之韋伯模數(亦即，斷裂機率比對斷裂應力之傾斜)在亦包括兩個離群值之意義上係保守的。若離群值自該組中忽略，則所得到的韋伯模數表明估算超過1000 MPa之強度值可能在2%或更大之斷裂機率下。相較而言，B1組樣品顯示在所有斷裂機率下200 MPa或較小之強度值。在2%之斷裂機率下，預期強度為約150 MPa。預期在第1圖中生成的與非強化的Corning Gorilla®玻璃樣品有關之數據將會與以無鹼玻璃樣品生成之強度數據相當。雖然強度值及韋伯模數在具有無鹼玻璃組成物與非強化的Corning Gorilla®玻璃組成物之樣品組之間可能稍微不同，但預期所觀察到的在第1圖中描繪的與立體角壓痕有關之強度降低之趨勢實質上為等效的。

【0033】 鑒於此等認識，本揭示內容之一態樣係將保護層添加至經受應用環境中之拉伸應力的無鹼玻璃元件之一或多個表面。預期該保護層將確保在電子裝置或其他物件中之玻璃元件安裝之前，在無鹼玻璃元件中之提高的強度位準經由額外的處理及製造而保留。例如，可

將保護層施加於在彎曲期間拉伸下的無鹼玻璃元件之主表面上以及亦經受元件彎曲期間之拉伸應力的元件之至少部分邊緣上。在一些態樣中，施加保護層以使得與待保護之無鹼玻璃元件之表面的接觸最少。在100微米或較小厚度下之薄的聚合物材料層諸如聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate; PMMA) 可用在100微米或較小厚度下之黏著劑層黏著至給予其保護之無鹼玻璃元件之主表面。在某些實施例中，保護層可包含奈米二氧化矽微粒與環氧化物或胺甲酸乙酯材料之混合物，使用以下塗覆應用技術中之任一或多者來施加該混合物：浸漬、噴霧、滾塗、狹縫塗佈、幕塗、噴墨、平版印刷、凹版印刷、間接凹版、在轉移印花上刷塗、澆鑄及固化、及如熟習操作領域技術者瞭解之其他適合的製程。此類混合物亦可用於保護預期在元件在應用環境中彎曲期間經受拉伸應力的無鹼玻璃元件之邊緣。

【0034】參看第2-2B圖，描繪一種根據本揭示內容之一態樣的可彎曲堆疊總成100。總成100包括玻璃元件50，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數、約20 μm 至約100 μm 之最終厚度52、一旦元件彎曲10即實質上處於拉伸中的第一主表面54、以及一旦彎曲10即實質上處於壓縮中的第二主表面56。如第2-2B圖所描繪，主表面54、56之特徵在於自大於最終厚度52至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度52。玻璃元件亦包括在第一主表

面 54 上具有厚度 72 之保護層 70。另外，玻璃元件 50 之特徵在於當元件 50 在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑 40 彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0035】 根據一些態樣，在第 2-2B 圖中描繪的玻璃元件 50 之組成物具有各自小於 0.5 mol% 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。在某些實施方式中，玻璃元件 50 之無鹼性質之特徵為各自小於 0.45 mol%、0.40 mol%、0.35 mol%、0.30 mol%、0.25 mol%、0.20 mol%、0.15 mol%、0.10 mol% 或 0.05 mol% 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0036】 在一些實施方式中，可彎曲堆疊總成 100 包括玻璃元件 50，該玻璃元件之特徵在於當元件 50 在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑 40 彎曲 10 至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。甚至更佳地，元件 50 之特徵在於當在相同或相似測試條件下以 5 mm 之彎曲半徑彎曲 10 期間固持時，不存在斷裂。在第 2-2B 圖中描繪的堆疊總成 100 亦能夠在與預期應用環境一致之其他測試條件（例如，在約 +/- 10% 之早先所述值內的濕度及/或溫度位準）下具有相同或相似的彎曲半徑（例如，在約 +/- 10% 之早先所述之彎曲半徑內）。

【0037】 再次參看第 2-2B 圖，在玻璃元件 50 之主表面 54 上的可彎曲可堆疊總成 100 之保護層 70 可包含各種材料。較佳地，保護層 70 包含具有至少 5 微米之厚度

72 的聚合材料。在一些態樣中，保護層 70 之厚度 72 可在 5 微米至 50 微米之範圍內，視玻璃元件 50 之厚度而定。對於較薄之玻璃元件較佳採用具有在上述範圍之低限值處的厚度 72 之保護層 70 以避免元件翹曲使得與其加工有關之保護層收縮。根據一些態樣，隨著玻璃元件之厚度的增加，保護層 70 之厚度 72 亦可在上述範圍內增加。

【0038】如先前所論述，保護層 70 可包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。用於保護層 70 之此等組成物及其他適合的替代組成物亦揭示於 2014 年 10 月 17 日申請之美國申請案第 14/516,685 號中。在一較佳實例中，具有以下組成之胺甲酸乙酯可用於保護層 70：50% 寡聚物 (Ebecryl® 8311：40% 20 nm 分散在脂族胺甲酸乙酯丙烯酸酯中之奈米二氧化矽)、43.8% 單體 (Sartomer Arkema SR531：環狀三羥甲基丙烷縮甲醛丙烯酸酯)、0.2% 光引發劑 (MBF：苯甲醯甲酸甲酯)、3.0% 矽烷助黏劑 (APTMS：3-丙烯醯氧基丙基三甲氧基矽烷)、以及 3.0% 助黏劑 (Sartomer Arkema CD9053：在 TMPEOTA 中之丙烯酸酯磷酸酯)。在另一較佳實例中，具有以下組成之環氧化物可用於保護層 70：70.69% Nanopox® C-620 (具有 40 重量% 20 nm 球形奈米二氧化矽之環脂族環氧樹脂)、23.56% Nanopox® C-680 (具有 50 重量% 20 nm 球形奈米二氧化矽之氧雜

環丁烷單體)、3.00% Momentive™ CoatOSil® MP-200(矽烷助黏劑)、2.50% Dow Chemical Cyracure UVI-6976™(陽離子光引發劑)、以及0.25% Ciba™ Tinuvin® 292(受阻胺光穩定劑)。保護層70亦可包含藉由具有相同或相似厚度之黏著劑層而黏合至玻璃元件50之表面上的聚合物層、薄膜或薄片。

【0039】 在第2-2B圖中描繪的可彎曲堆疊總成100可用具有指示提高的強度值之瑕疵分佈的玻璃元件50來配置。在某些實施方式中，第一主表面54及在第一主表面54與大約一半最終厚度62之間的區域60限定實質上無瑕疵區域，該區域具有以複數個平均最長橫截面尺寸為約200 nm或以下之瑕疵為特徵的瑕疵分佈。在一些態樣中，實質上無瑕疵之區域60可跨越元件50內之各種深度(例如，玻璃元件50之厚度52的1/3至2/3)，視用於生成區域60內之減小的瑕疵尺寸之加工條件而定。

【0040】 根據本揭示內容之其他態樣，在第2-2B圖中描繪的可彎曲堆疊總成100可包括用熔合製程形成的玻璃元件50並且元件之彈性模數在約40 GPa與約65 GPa之間。因此，玻璃元件50可包括熔合線(未示出)。在某些態樣中，玻璃元件50可以在約 10^{10} Pa·s之黏度下700℃與800℃之間的虛擬溫度為特徵，較佳使用熔化製程來製備。此等虛擬溫度一般高於大多數無鹼玻璃組成物之虛擬溫度並且產生與使用浮法製程製備及退火

的組成物相比較低之彈性模數值。藉由浮法製程製備的無鹼玻璃組成物不太理想，因為其與使用熔化製程製備的玻璃元件相比經常具有較高的彈性模數。

【0041】 在第2-2B圖描繪的可彎曲堆疊總成100之另一實施方式中，總成100包括玻璃元件50，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數、至少 $0.6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 之 K_{IC} 斷裂韌度、以及約20 μm 至約100 μm 之厚度52。玻璃元件50亦包括一旦元件50彎曲10即實質上處於拉伸中的第一主表面54以及一旦彎曲10即實質上處於壓縮中的第二主表面56。玻璃元件50亦包括在第一主表面54上之保護層70。

【0042】 在如第2-2B圖描繪的可彎曲堆疊總成100之某些態樣中，玻璃元件50具有實質上無鹼離子之組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數、以及約20 μm 至約100 μm 之最終厚度52。玻璃元件50亦包括一旦元件50彎曲10即實質上處於拉伸中的第一主表面54以及一旦彎曲10即實質上處於壓縮中的第二主表面56。在此態樣中，主表面54、56之特徵在於自大於最終厚度52至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度52。玻璃元件50亦包括在第一主表面54上之保護層70。另外，玻璃元件50之特徵在於當元件經受在約25°C及約50%相對濕度下以約15 mm之彎曲半徑40彎曲200,000個週期之後，不存在斷裂。

【0043】第2-2B圖中描繪的可彎曲堆疊總成100亦可以玻璃元件50來配置，該玻璃元件具有實質上無鹼離子之組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數、約20 μm 至約100 μm 之最終厚度52、以及在2%或更大的斷裂機率下至少1000 MPa之彎曲強度。玻璃元件50亦包括一旦元件50彎曲10即實質上處於拉伸中的第一主表面54以及一旦彎曲10即實質上處於壓縮中的第二主表面56。在此組態中，主表面54、56之特徵在於自大於最終厚度52至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度52。玻璃元件50亦包括在第一主表面54上之保護層70。另外，玻璃元件之特徵在於在總成100已於保護層70的層壓至第一主表面54上之部分中經受立體角壓痕機在10 gf下的壓痕之後，彎曲強度之至少90%的殘留強度。

【0044】如第3圖所示，具有各種厚度及彈性模數之無鹼玻璃元件的可彎曲堆疊總成100根據本揭示內容之態樣可用於達成25 mm或以下之彎曲半徑。在1000 MPa或更大的預期強度位準下，針對估算的10年壽命之耐疲勞斷裂性可藉由將拉伸應力保持在等於或低於1/5最大強度值來獲得。因此，產生200 MPa或以下之應力位準的彎曲半徑不應對在無鹼玻璃元件中的疲乏相關斷裂敏感。更具體而言，以下方程式(2)用於生成第3圖描繪的解空間，假定對於堆疊總成100中所用的玻璃元件，最大誘導拉伸應力 σ_{max} 為200 MPa：

$$R = (E * h) / (1 - \nu^2) * 2 \sigma_{max} \quad (2)$$

其中 R = 堆疊總成之最大彎曲半徑(無疲勞相關斷裂)， h 為玻璃元件之厚度， E 為玻璃元件之彈性模數並且 ν 為無鹼玻璃之帕松比(假定為 0.2)。

【0045】參看第3圖，顯而易見，用具有約 82 GPa 之彈性模數(「玻璃C」)及約 100 微米之厚度的玻璃元件 50 配置的可彎曲堆疊總成 100 能夠具有約 22 mm 之最大彎曲半徑 40。減小厚度至 20 微米例如將最大彎曲半徑改良至約 4 mm (亦即，較大彎曲係可行的)。類似地，用具有約 74 GPa 之較低彈性模數(「玻璃B」)及約 100 微米之厚度的玻璃元件 50 配置的可彎曲堆疊總成 100 能夠具有約 18 mm 之最大彎曲半徑 40。減小厚度至 20 微米例如將最大彎曲半徑改良至低於 4 mm。此外，用具有約 57 GPa 之彈性模數(「玻璃A」)及約 100 微米之厚度的玻璃元件 50 配置的可彎曲堆疊總成 100 能夠具有約 15 mm 之最大彎曲半徑 40。減小厚度至 20 微米例如將最大彎曲半徑改良至約 3 mm。

【0046】如第3A圖所示，具有各種厚度及彈性模數之無鹼玻璃元件的可彎曲堆疊總成 100 根據本揭示內容之態樣可用於達成 15 mm 或以下之彎曲半徑。在 1000 MPa 或更大的預期強度位準下，針對估算的 10 年壽命之耐疲勞斷裂性可藉由將拉伸應力保持在等於或低於 1/3 最大強度值來獲得。因此，產生 333 MPa 或以下之應力位準的彎曲半徑不應對在無鹼玻璃元件中的疲乏相關斷

裂敏感。更具體而言，以下方程式(2)用於生成第3A圖描繪的解空間，假定對於堆疊總成100中所用的玻璃元件，最大誘導拉伸應力 σ_{max} 為333 MPa：

$$R = (E * h) / (1 - \nu^2) * 2 \sigma_{max} \quad (2)$$

其中 R = 堆疊總成之最大彎曲半徑(無疲勞相關斷裂)， h 為玻璃元件之厚度， E 為玻璃元件之彈性模數並且 ν 為無鹼玻璃之帕松比(假定為0.2)。

【0047】參看第3A圖，顯而易見，用具有約82 GPa之彈性模數(「玻璃C」)及約100微米之厚度的玻璃元件50配置的可彎曲堆疊總成100能夠具有約13 mm之最大彎曲半徑40。減小厚度至20微米例如將最大彎曲半徑改良至約2.5 mm(亦即，較大彎曲係可行的)。類似地，用具有約74 GPa之較低彈性模數(「玻璃B」)及約100微米之厚度的玻璃元件50配置的可彎曲堆疊總成100能夠具有約11.5 mm之最大彎曲半徑40。減小厚度至20微米例如將最大彎曲半徑改良至低於2.5 mm。此外，用具有約57 GPa之彈性模數(「玻璃A」)及約100微米之厚度的玻璃元件50配置的可彎曲堆疊總成100能夠具有約9 mm之最大彎曲半徑40。減小厚度至20微米例如將最大彎曲半徑改良至小於2 mm。

【0048】參看第4-4A圖，提供一種包括可彎曲底板150之可彎曲電子裝置總成200，該可彎曲底板具有實質上無鹼離子之玻璃組成物、約40 GPa至約100 GPa之彈性模數、以及約20 μ m至約100 μ m之最終厚度

152。可彎曲底板150具有一旦底板150彎曲190即實質上處於拉伸中的第一主表面154以及一旦彎曲190即實質上處於壓縮中的第二主表面156。此外，主表面154、156之特徵在於自大於最終厚度152至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度152。總成200亦包括在底板150之第一主表面154上的保護層170；以及在底板150之第二主表面156上的複數個電子組件180。另外，底板150之特徵在於當底板在約25℃及約50%相對濕度下以約15 mm之彎曲半徑140彎曲190至少60分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0049】 如第4A圖中所描繪，總成200可根據彎曲方向190折曲或彎曲以使得第一主表面154置於拉伸中並且含有電子組件180之第二主表面156處於壓縮中。因此，將保護層170置於處於拉伸中的主表面154上以確保處理相關缺陷不在該表面上發展，該等缺陷可能造成強度降低並且最終導致給定的彎曲半徑140之疲勞壽命性能的降低。應認識到，可彎曲電子總成之可彎曲底板150、實質上無瑕疵區域160及保護層170組件與第2-2B圖中描繪的可彎曲堆疊總成100中使用的玻璃元件50、實質上無瑕疵區域60及保護層70相當。因而，先前所述的堆疊總成100之變型亦適用於可彎曲電子裝置總成200。

【0050】 在一些態樣中，電子組件180包括至少一個薄膜電晶體(thin film transistor; TFT)元件或至

少一個有機發光二極體 (organic light-emitting diode; OLED) 元件。當耐熱保護層 170 組成物用於裝置總成 200 中時，與具有聚合物底板之系統相比，可採用在底板 150 上的電子組件 180 之較高溫度加工。有利地，裝置總成 200 之溫度上升能力可用於實現較高的製造產率及 / 或較高性能的電子裝置組件整合至遮罩底板之裝置中。

【0051】參看第 5-5 A 圖，描繪一種可彎曲電子裝置總成 300，其採用與第 4-4 A 圖描繪的總成相當的裝置總成 200。詳言之，總成 300 進一步包括在複數個電子組件 180 上之可彎曲蓋件 260。蓋件 260 可具有約 25 μm 至約 125 μm 之厚度、第一主表面 264 及第二主表面 266。蓋件 260 亦包括 (a) 具有至少 90% 之光透射率、第一主表面 264 a 及第二主表面 266 a 之第一玻璃層 260 a；及 (b) 自第一玻璃層 260 a 之第一主表面 264 a 延伸至第一玻璃層中之第一深度 268 a 的壓縮應力區域 268，該區域 268 由在第一玻璃層 260 a 之第一主表面 264 a 處的至少約 100 MPa 之壓縮應力限定。

【0052】另外，可彎曲電子裝置總成 300 之可彎曲蓋件 260 之特徵亦在於：(a) 當蓋件 260 在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50% 相對濕度下藉由彎曲力 190 以約 15 mm 之彎曲半徑 265 固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂；(b) 當藉由以下者支撐蓋件 260 之第一主表面 264 且蓋件 260 之第二主表面 266 由具有 200 μm 直徑之平坦底部的不銹鋼銷

加載時，大於約 1.5 kgf 之耐擊穿性：(i) 具有小於約 1 GPa 之彈性模數的大致 25 μm 厚壓敏黏著劑及(ii) 具有小於約 10 GPa 之彈性模數的大致 50 μm 厚聚對苯二甲酸乙二酯層；以及(c) 大於或等於 8H 之鉛筆硬度。如第 5-5A 圖中所示，壓縮應力區域 268 位於可能經受與彎曲力 190 有關之拉伸應力的蓋件 260 之部分中。但應理解，壓縮應力區域 268 亦可置於蓋件 260 之其他位置中，基本上在預期經受應用環境中之拉伸應力的任何區域或其中高強度位準可使蓋件受益的其他區域(例如，暴露於來自含有裝置總成 300 之裝置的用戶之處理的表面)中。

【0053】 在可彎曲蓋件 260 之某些態樣中，厚度 262 可在約 25 μm 至約 125 μm 之範圍內。在其他態樣中，厚度 262 可在約 50 μm 至約 100 μm 或約 60 μm 至約 80 μm 之範圍內。對於可彎曲蓋件 260 之厚度 262，可採用在上述範圍內之其他厚度值。

【0054】 在可彎曲蓋件 260 之一些實施例中，其含有具有與蓋件 260 之厚度 262 相當的厚度 262a 之單玻璃層 260a。在其他態樣中，蓋件 260 可含有兩個或兩個以上玻璃層 260a。因此，每個玻璃層 260a 之厚度 262a 均可在約 1 μm 至約 125 μm 之範圍內。亦應理解，除一或多個玻璃層 260a 之外，可彎曲玻璃蓋件 260 可包括其他非玻璃層(例如，順應聚合物層)。

【0055】 進一步關於可彎曲玻璃蓋件260之玻璃層260a，每個玻璃層260a可由無鹼鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物製成。每個玻璃層260a亦可由含鹼鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物製成。在某些態樣中，鹼土金屬改質劑可添加至前述組成物之任何組成物中。在一個示範性態樣中，根據以下之玻璃組成物適合於玻璃層260a：64%至69%（以mol%計）之 SiO_2 ；5%至12%之 Al_2O_3 ；8%至23%之 B_2O_3 ；0.5%至2.5%之 MgO ；1%至9%之 CaO ；0%至5%之 SrO ；0%至5%之 BaO ；0.1%至0.4%之 SnO_2 ；0%至0.1%之 ZrO_2 ；以及0%至1%之 Na_2O 。在另一示範性態樣中，以下組成物適合於玻璃層50a：約67.4%（以mol%計）之 SiO_2 ；約12.7%之 Al_2O_3 ；約3.7%之 B_2O_3 ；約2.4%之 MgO ；0%之 CaO ；0%之 SrO ；約0.1%之 SnO_2 ；以及約13.7%之 Na_2O 。在另一示範性態樣中，以下組成物亦適合於玻璃層260a：68.9%（以mol%計）之 SiO_2 ；10.3%之 Al_2O_3 ；15.2%之 Na_2O ；5.4%之 MgO ；以及0.2%之 SnO_2 。在一些態樣中，用於玻璃層260a之組成物經選擇具有相對低的彈性模數（相較於其他替代玻璃而言）。玻璃層260a中之較低彈性模數可減少在彎曲期間層260a中之拉伸應力。其他準則可用於選擇用於玻璃層260a之組成物，該等準則包括但不限於製造成厚度位準同時最小化瑕疵之併入之簡易性、發展壓縮應力區域來

抵銷在彎曲期間產生的拉伸應力之簡易性、光學透明度及耐腐蝕性。

【0056】 仍參看第5及5A圖，電子裝置總成300之可彎曲蓋件260進一步包括自玻璃層260a之第一主表面264a延伸至玻璃層260a中之第一深度268a的壓縮應力區域268。除了其他優勢之外，可在玻璃層260a內採用壓縮應力區域268以抵消一旦彎曲時玻璃層260a中生成的拉伸應力，尤其是達到靠近第一主表面264a之大量的拉伸應力。壓縮應力區域268可包括在層之第一主表面264a處的至少約100 MPa之壓縮應力。在一些態樣中，第一主表面264a處之壓縮應力為約600 MPa至約1000 MPa。在其他態樣中，第一主表面264a處之壓縮應力可超過1000 MPa，至多2000 MPa，此取決於用於在玻璃層260a中產生壓縮應力之製程。在本揭示內容之其他態樣中，第一主表面264a處之壓縮應力亦可在約100 MPa至約600 MPa範圍變化。

【0057】 在壓縮應力區域268內，壓縮應力可在玻璃層260a內、隨自玻璃層之第一主表面264a深入至第一深度268a之深度變化而保持恆定、減小或增加。因而，各種壓縮應力特性分佈可用於壓縮應力區域268。另外，深度268a可設定在自玻璃層之第一主表面264a大致15 μm 或15 μm 以下。在其他態樣中，深度268a可經設定以使得其自玻璃層之第一主表面264a而言為玻

玻璃層 260a 之厚度之大致 1/3 或 1/3 以下，或玻璃層 260a 之厚度之 20% 或 20% 以下。

【0058】參看第 5 及 5A 圖，可彎曲蓋件 260 之特徵在於當元件在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑 265 固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂。在一些態樣中，彎曲半徑 265 可經設定在約 10 mm，或在一些其他實施方式中約 5 mm。亦可行的是將彎曲半徑 265 設定在約 25 mm 及約 5 mm 範圍內之值，視應用之需要而定。如本文所使用，術語「失效(fail)」、「斷裂」及類似術語係指使本揭示內容之堆疊總成、玻璃物件及玻璃元件不適合於其預期目的的破壞、毀壞、脫層、裂紋傳播或其他機制。當可彎曲蓋件 260 在此等條件下以彎曲半徑 265 固持時，彎曲力 190 即施加於蓋件 260 之末端。一般而言，在彎曲力 190 之施加期間，拉伸應力在蓋件 260 之第一主表面 264 處產生，且壓縮應力在第二主表面 266 處產生。亦應理解，彎曲測試結果可在試驗條件下隨不同於前述者之溫度及 / 或濕度位準而變化。例如，具有較小彎曲半徑 265（例如，< 5 mm）之可彎曲蓋件 260 之特徵可為：在顯著低於 50% 相對濕度之濕度位準下進行的彎曲測試中不存在斷裂。

【0059】可彎曲蓋件 260 之特徵亦為：當藉由以下者支撐元件 260 之第一主表面 264 且蓋件 260 之第二主表面 266 由具有 200 μm 直徑之平坦底部的不銹鋼銷加載（例如，以模擬在可彎曲電子裝置總成 300 在應用環境中

使用期間對蓋件260之撞擊)時，大於約1.5 kgf之耐擊穿性：(i)具有小於約1 GPa之彈性模數的大致25 μm厚壓敏黏著劑 (pressure-sensitive adhesive; 「PSA」)及(ii)具有小於約10 GPa之彈性模數的大致50 μm厚聚對苯二甲酸乙二酯 (polyethylene terephthalate layer; 「PET」)層。典型地，根據本揭示內容之態樣的擊穿測試係以0.5 mm/min十字頭速度在位移控制下執行。在某些態樣中，在指定數量之試驗(例如，10次試驗)之後，用新的銷置換不銹鋼銷以避免由金屬銷之變形造成的偏移，該變形係與擁有較高彈性模數之材料(例如，玻璃可彎曲蓋件260)之測試相關聯。在一些態樣中，可彎曲蓋件260之特徵為：在韋伯繪圖內5%或更大之斷裂機率下大於約1.5 kgf之耐擊穿性。可彎曲蓋件260之特徵亦可為：在韋伯特徵強度下(亦即，63.2%或更大)大於約3 kgf之耐擊穿性。在某些態樣中，可彎曲電子裝置總成300之蓋件260可抵抗約2 kgf或更大、2.5 kgf或更大、3 kgf或更大、3.5 kgf或更大、4 kgf或更大及甚至更高範圍之擊穿。可彎曲蓋件260之特徵亦為：大於或等於8H之鉛筆硬度。

【0060】參看第5A圖，描繪可彎曲電子裝置總成300之橫截面，該可彎曲電子裝置總成依賴於離子交換製程來發展在可彎曲蓋件260中之壓縮應力區域268。在總成300之一些態樣中，蓋件260之壓縮應力區域268可

經由離子交換製程來發展。亦即，壓縮應力區域268可包括複數個可離子交換金屬離子及複數個經離子交換金屬離子，該等經離子交換金屬離子經選擇以便在區域268中產生壓縮應力。在電子裝置總成300之一些態樣中，經離子交換金屬離子具有大於可離子交換金屬離子之原子半徑的原子半徑。在經受離子交換製程之前，可離子交換離子(例如， Na^+ 離子)存在於可彎曲蓋件260及層260a中。離子交換離子(例如， K^+ 離子)可併入蓋件260及一或多個層260a中，從而置換可離子交換離子中的一些離子。例如 K^+ 離子之離子交換離子於蓋件260及層260a中之併入可藉由將元件或層浸沒於含有離子交換離子之熔融鹽浴(例如，熔融 KNO_3 鹽)中而實現。在此實例中， K^+ 離子具有比 Na^+ 離子更大之原子半徑，且趨向於在玻璃中所存在之處產生局部壓縮應力。

【0061】 取決於所使用的離子交換製程條件，可促使離子交換離子自第一主表面264a深入至第一離子交換深度268a，從而建立用於壓縮應力區域268之離子交換層深度(depth-of-layer; 「DOL」)。DOL內遠超過100 MPa之壓縮應力位準可利用此等離子交換製程來達成，該等壓縮應力位準至多高達2000 MPa。如前所述，在壓縮應力區域268中之壓縮應力位準可用來抵消由彎曲力190產生的在蓋件260及一或多個玻璃層260a中生成的拉伸應力。

【0062】 根據本揭示內容之可彎曲蓋件260元件的其他加工相關資訊及替代組態可由可彎曲堆疊總成之態樣獲得，該等可彎曲堆疊總成在分別於2014年1月29日及2014年4月3日申請之美國臨時專利申請案第61/932,924號及第61/974,732號(集體上為「'924及'732申請案」)中教示。例如，裝置總成300可在蓋件260內採用各種玻璃組成物，包括含鹼組成物，此係由於蓋件260不直接接觸電子組件180。在裝置總成300之一些其他態樣中，蓋件260可採用在底板150上之積體電子組件(例如，接觸式感測器)及安裝在底板上之電子組件180。在此類態樣中，蓋件260較佳將採用無鹼玻璃組成物。

【0063】 在第5-5A圖中描繪的可彎曲電子裝置總成300之一些態樣中，該總成進一步包括在蓋件260之下且接合至底板150之封裝物250。封裝物250經配置以封裝電子組件180。在一些態樣中，封裝物可經配置成光透聚合物密封材料。然而，應理解，封裝物250必須具有適合的機械完整性以用作當總成300經受彎曲力190時沒有斷裂的封裝物，如第5A圖所示。

【0064】 再次參看第5-5A圖，可彎曲電子裝置總成300之另一態樣採用封裝物250，其呈具有約25 μm 至約125 μm 之厚度252的可彎曲玻璃層且進一步包括：(a) 具有至少90%之光透射率、第一主表面254a及第二主表面256a之第二玻璃層250a；及(b)自第二玻璃層

250a之第一主表面254a延伸至第二玻璃層250a中之第一深度258a的壓縮應力區域258，該區域258由在第二玻璃層之第一主表面254a處的至少約100 MPa之壓縮應力限定。封裝物250之特徵進一步為當封裝物在約25℃及約50%相對濕度下以約15 mm之彎曲半徑255藉由彎曲力190固持至少60分鐘時，不存在斷裂。因而，封裝物250可以等同於或類似於在以上部分中所述的可彎曲玻璃蓋件260來配置。

【0065】對於可彎曲電子裝置總成300之一些態樣，與可彎曲玻璃蓋件260相關指定的耐擊穿性及鉛筆硬度要求沒有關於封裝物250來控制。換言之，封裝物250不可能經受由製造人員或裝置擁有者進行的直接處理，由此降低高耐擊穿性及鉛筆硬度之重要性。在本揭示內容之某些其他態樣中，封裝物250可包括如上所論述實質上無鹼離子之玻璃組成物。總成300之此等態樣一般需要在封裝物250與下層電子組件180之間的緊密接觸。雖然第5圖示意性地描繪如密封至裝置總成200之底板150上的封裝物250之四個周圍邊緣中僅兩個，但實際上所有四個周圍邊緣將經密封以對電子組件180生成密封環境。封裝物250可藉由熔接密封而密封至底板150，如此項技術中已知。

【0066】在可彎曲電子裝置總成300之某些實施方式中，總成具有375微米或以下、350微米或以下、325微米或以下、300微米或以下、275微米或以下、250

微米或以下、225微米或以下、或200微米或以下之總厚度。可彎曲電子裝置總成之總厚度一般視底板150、封裝物250、蓋件260及保護層170之各別厚度而定。如前所述，底板之厚度可視與事前材料移除有關的加工條件程度而定。

【0067】 熟習此項技術者將明白的是，可在不脫離申請專利範圍之精神及範疇的情況下做出各種修改及變化。例如，在第2-2B圖中描繪的可彎曲堆疊總成100包括在主表面254上之保護層70，預期因彎曲力10而處於拉伸中。其他變型仍然係可能的，其中在堆疊總成100中所用的玻璃元件50(未示出)之額外表面上採用保護層70，預期經受來自應用定向彎曲之拉伸應力。

【0068】 在說明書中所述的各種態樣可以任何及所有組合形式來組合。例如，該等態樣可如下所述來組合。

【0069】 根據第一態樣，提供一種可彎曲堆疊總成，其包括：

具有以下之玻璃元件：實質上無鹼離子之組成物，

約40 GPa至約100 GPa之彈性模數，

約20 μm 至約100 μm 之最終厚度，

一旦元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面，及

一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；以及

在第一主表面上之保護層，

其中該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 25 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0070】 根據第二態樣，提供根據態樣 1 之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0071】 根據第三態樣，提供根據態樣 1 之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 5 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0072】 根據第四態樣，提供根據態樣 1-3 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該保護層具有至少 5 μm 之厚度。

【0073】 根據第五態樣，提供根據態樣 4 之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【0074】 根據第六態樣，提供根據態樣 4 之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含用黏著劑層層壓至第一主表面上之聚合物層。

【0075】 根據第七態樣，提供根據態樣 1-6 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之組成物具有各自小於 0.5 mol % 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0076】根據第八態樣，提供根據態樣1-7中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該第一主表面及在該第一主表面與一半最終厚度之間的元件之區域限定實質上無瑕疵之區域，該區域具有以複數個平均最長橫截面尺寸為約200 nm或以下之瑕疵為特徵的瑕疵分佈。

【0077】根據第九態樣，提供根據態樣1-8中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件具有熔合線且該玻璃元件之彈性模數為約40 GPa至約65 GPa。

【0078】根據第十態樣，提供根據態樣9之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵進一步為在約 10^{10} Pa·s之黏度下在700℃與800℃之間的虛擬溫度。

【0079】根據第十一態樣，提供一種可彎曲堆疊總成，其包括：

具有以下之玻璃元件：實質上無鹼離子之組成物，

約40 GPa至約100 GPa之彈性模數，

至少 $0.6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 之 K_{Ic} 斷裂韌度，

約20 μm 至約100 μm 之厚度，

一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面，及

一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面；以及

在第一主表面上之保護層。

【0080】根據第十二態樣，提供根據態樣11之可彎曲堆疊總成，其中該保護層具有至少5 μm 之厚度。

【0081】 根據第十三態樣，提供根據態樣12之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【0082】 根據第十四態樣，提供根據態樣12之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含用黏著劑層層壓至第一主表面上之聚合物層。

【0083】 根據第十五態樣，提供根據態樣11-14中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之組成物具有各自小於0.5 mol%之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0084】 根據第十六態樣，提供根據態樣11-15中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該第一主表面及在該第一主表面與一半厚度之間的元件之區域限定實質上無瑕疵之區域，該區域具有以複數個平均最長橫截面尺寸為約200 nm或以下之瑕疵為特徵的瑕疵分佈。

【0085】 根據第十七態樣，提供根據態樣11-16中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件具有熔合線且該玻璃元件之彈性模數為約40 GPa至約65 GPa。

【0086】 根據第十八態樣，提供根據態樣17之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵進一步為在約 10^{10} Pa·s之黏度下在700℃與800℃之間的虛擬溫度。

【0087】 根據第十九態樣，提供一種可彎曲堆疊總成，其包括：

具有以下之玻璃元件：實質上無鹼離子之組成物，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數，
約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度，
一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面，及
一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；以及
在第一主表面上之保護層，
其中該玻璃元件之特徵在於當該元件經受在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 25 mm 之彎曲半徑彎曲 200,000 個週期之後，不存在斷裂。

【0088】 根據第二十態樣，提供根據態樣 19 之可彎曲堆疊總成，其中該保護層具有至少 5 μm 之厚度。

【0089】 根據第二十一態樣，提供根據態樣 20 之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【0090】 根據第二十二態樣，提供根據態樣 20 之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含用黏著劑層層壓至第一主表面上之聚合物層。

【0091】 根據第二十三態樣，提供根據態樣 19-22 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵在於當該元件在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0092】 根據第二十四態樣，提供根據態樣 19-23 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵在於

當該元件在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 5 mm 之彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0093】 根據第二十五態樣，提供根據態樣 19-24 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之組成物具有各自小於 0.5 mol % 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0094】 根據第二十六態樣，提供根據態樣 19-25 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該第一主表面及在該第一主表面與一半最終厚度之間的元件之區域限定實質上無瑕疵之區域，該區域具有以複數個平均最長橫截面尺寸為約 200 nm 或以下之瑕疵為特徵的瑕疵分佈。

【0095】 根據第二十七態樣，提供根據態樣 19-26 中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件具有熔合線且該玻璃元件之彈性模數為約 40 GPa 至約 65 GPa。

【0096】 根據第二十八態樣，提供根據態樣 27 之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵進一步為在約 10^{10} Pa·s 之黏度下在 700 °C 與 800 °C 之間的虛擬溫度。

【0097】 根據第二十九態樣，提供一種可彎曲堆疊總成，其包括：

具有以下之玻璃元件：實質上無鹼離子之組成物，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之彈性模數，

約 20 μm 至約 100 μm 之最終厚度，

在 2 % 或更大的斷裂概率下至少 1000 MPa 之彎曲強度，

一旦該元件彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面，及

一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少 $20\ \mu\text{m}$ 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；以及

在第一主表面上之保護層，

其中該玻璃元件之特徵在於在總成已於保護層的層壓至第一主表面上之部分中經受立體角壓痕機在 $10\ \text{gf}$ 下的壓痕之後，彎曲強度之至少 90% 的殘留強度。

【0098】 根據第三十態樣，提供根據態樣29之可彎曲堆疊總成，其中該保護層具有至少 $5\ \mu\text{m}$ 之厚度。

【0099】 根據第三十一態樣，提供根據態樣30之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【0100】 根據第三十二態樣，提供根據態樣30之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含用黏著劑層層壓至第一主表面上之聚合物層。

【0101】 根據第三十三態樣，提供根據態樣29-32中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之組成物具有各自小於 $0.5\ \text{mol}\%$ 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0102】 根據第三十四態樣，提供根據態樣29-33中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該第一主表面及在該第一主表面與一半最終厚度之間的元件之區域限定實質上無瑕疵之區域，該區域具有以複數個平均最長橫截面尺寸為約 $200\ \text{nm}$ 或以下之瑕疵為特徵的瑕疵分佈。

【0103】 根據第三十五態樣，提供根據態樣29-34中任一項之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件具有熔合線且該玻璃元件之彈性模數為約40 GPa至約65 GPa。

【0104】 根據第三十六態樣，提供根據態樣35之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之特徵進一步為在約 10^{10} Pa·s之黏度下在700℃與800℃之間的虛擬溫度。

【0105】 根據第三十七態樣，提供一種可彎曲電子裝置總成，其包括：

具有以下之可彎曲底板：實質上無鹼離子之玻璃組成物，約40 GPa至約100 GPa之彈性模數，

約20 μm 至約100 μm 之最終厚度，

一旦該底板彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面，及一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；

在該底板之第一主表面上之保護層；以及

在該底板之第二主表面上之複數個電子組件，

其中該底板之特徵在於當底板在約25℃及約50%相對濕度下以約25 mm之彎曲半徑彎曲至少60分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0106】 根據第三十八態樣，提供根據態樣37之可彎曲電子裝置總成，其中該底板之特徵在於當該元件在約25℃及約50%相對濕度下以約15 mm之彎曲半徑彎曲至少60分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0107】 根據第三十九態樣，提供根據態樣37之可彎曲電子裝置總成，其中該底板之特徵在於當該元件在約25℃及約50%相對濕度下以約5 mm之彎曲半徑彎曲至少60分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【0108】 根據第四十態樣，提供根據態樣37-39中任一項之可彎曲電子裝置總成，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【0109】 根據第四十一態樣，提供根據態樣37-40中任一項之可彎曲電子裝置總成，其中該底板之組成物具有各自小於0.5 mol%之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【0110】 根據第四十二態樣，提供根據態樣37-41中任一項之可彎曲電子裝置總成，其中該等電子組件包括至少一個薄膜電晶體元件。

【0111】 根據第四十三態樣，提供根據態樣37-42中任一項之可彎曲電子裝置總成，其中該等電子組件包括至少一個OLED元件。

【0112】 根據第四十四態樣，提供根據態樣37-43中任一項之可彎曲電子裝置總成，其進一步包括：
在複數個電子組件之上的可彎曲蓋件，該蓋件具有約25 μm 至約125 μm 之厚度、第一主表面、第二主表面，且進一步包括：

(a) 具有至少 90 % 之光透射率及第一主表面之第一玻璃層；及

(b) 自該第一玻璃層之該第一主表面延伸至該第一玻璃層中之第一深度的壓縮應力區域，該區域藉由該第一玻璃層之該第一主表面處的至少約 100 MPa 之壓縮應力限定，

其中該可彎曲蓋件之特徵在於：

(a) 當該蓋件在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 25 mm 之彎曲半徑固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂；

(b) 當藉由以下者支撐蓋件之第一主表面且該蓋件之第二主表面由具有 200 μm 直徑之平坦底部的不銹鋼銷加載時，大於約 1.5 kgf 之耐擊穿性：(i) 具有小於約 1 GPa 之彈性模數的大致 25 μm 厚壓敏黏著劑及(ii) 具有小於約 10 GPa 之彈性模數的大致 50 μm 厚聚對苯二甲酸乙二酯層；以及

(c) 大於或等於 8H 之鉛筆硬度。

【0113】 根據第四十五態樣，提供根據態樣 44 之可彎曲電子裝置總成，其中該可彎曲電子裝置總成具有 250 μm 或以下之總厚度。

【0114】 根據第四十六態樣，提供根據態樣 44 之可彎曲電子裝置總成，其進一步包括位於蓋板之下並且接合至底板的可彎曲封裝物，該封裝物經配置以封裝該複數個電子組件。

【0115】 根據第四十七態樣，提供根據態樣46之可彎曲電子裝置總成，其中該封裝物具有約25 μm 至約125 μm 之厚度且進一步包括：

(a)具有至少90%之光透射率及第一主表面之第二玻璃層；及

(b)自該第二玻璃層之該第一主表面延伸至該第二玻璃層中之第一深度的壓縮應力區域，該區域藉由該第二玻璃層之該第一主表面處的至少約100 MPa之壓縮應力限定，

其中該封裝物之特徵進一步在於當封裝物在約25℃及約50%相對濕度下以約25 mm之彎曲半徑固持至少60分鐘時，不存在斷裂。

【0116】 根據第四十八態樣，提供根據態樣47之可彎曲電子裝置總成，其中該第二玻璃層具有實質上無鹼離子之玻璃組成物。

【0117】 根據第四十九態樣，提供根據態樣47或態樣48之可彎曲電子裝置總成，其中該可彎曲電子裝置總成具有約375 μm 或以下之總厚度。

【0118】 根據第五十態樣，提供根據態樣44之可彎曲電子裝置總成，其進一步包括：

位於該蓋件之下並且接合至該底板的可彎曲封裝物，該封裝物進一步經配置以封裝該複數個電子組件；以及在該封裝物之第一主表面上的保護層，其中該封裝物之特徵進一步為：

實質上無鹼離子且具有至少90%之光透射率的玻璃組成物；

約40 GPa至約100 GPa之彈性模數；

約20 μm 至約100 μm 之最終厚度；

一旦該封裝物彎曲即實質上處於拉伸中的第一主表面；

一旦彎曲即實質上處於壓縮中的第二主表面，該等主表面之特徵在於自大於最終厚度至少20 μm 之初始厚度事前材料移除至最終厚度；以及

當該封裝物在約25℃及約50%相對濕度下以約25 mm之彎曲半徑彎曲至少60分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【符號說明】

【0119】

10 彎曲

40 彎曲半徑

50 玻璃元件

52 最終厚度

54 第一主表面

56 第二主表面

60 區域

62 一半最終厚度

70 保護層

72 厚度

100 可彎曲堆疊總成

140 彎曲半徑

- 1.5 0 可彎曲底板
- 1 5 2 最終厚度
- 1 5 4 第一主表面
- 1 5 6 第二主表面
- 1 6 0 實質上無瑕疵區域
- 1 7 0 保護層
- 1 8 0 電子組件
- 1 9 0 彎曲 / 彎曲力
- 2 0 0 可彎曲電子裝置總成
- 2 5 0 封裝物
- 2 5 0 a 第二玻璃層
- 2 5 2 厚度
- 2 5 4 a 第一主表面
- 2 5 5 彎曲半徑
- 2 5 6 a 第二主表面
- 2 5 8 壓縮應力區域
- 2 5 8 a 第一深度
- 2 6 0 可彎曲蓋件
- 2 6 0 a 第一玻璃層
- 2 6 2 厚度
- 2 6 4 第一主表面
- 2 6 4 a 第一主表面
- 2 6 5 彎曲半徑
- 2 6 6 第二主表面

2 6 6 a 第二主表面

2 6 8 壓縮應力區域

2 6 8 a 第一深度

3 0 0 可彎曲電子裝置總成

【生物材料寄存】

【 0 1 2 0 】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

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

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種可彎曲堆疊總成，包括：

一玻璃元件，具有：

實質上無鹼離子之一組成物，該玻璃元件係選自由鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物所組成之群組，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數，

約 20 μm 至約 100 μm 之一最終厚度，

一第一主表面，該第一主表面在該元件彎曲時實質上處於拉伸中，及

一第二主表面，該第二主表面在該元件彎曲時實質上處於壓縮中，該等主表面之特徵在於：自大於該最終厚度至少 20 μm 之一初始厚度事前材料移除至該最終厚度；以及

一保護層，在該第一主表面上，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒，及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者，

其中該玻璃元件之特徵在於：當該元件在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之一彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【第2項】 一種可彎曲堆疊總成，包括：

一玻璃元件，具有：

實質上無鹼離子之一組成物，該玻璃元件係選自由鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物所組成之群組，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數，

至少 $0.6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 之一 K_{IC} 斷裂韌度，

約 $20 \text{ }\mu\text{m}$ 至約 $100 \text{ }\mu\text{m}$ 之一厚度，

一第一主表面，該第一主表面在該元件彎曲時實質上處於拉伸中，

一第二主表面，該第二主表面在該元件彎曲時實質上處於壓縮中；以及

一保護層，在該第一主表面上，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒，及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者。

【第3項】 一種可彎曲堆疊總成，包括：

一玻璃元件，具有：

實質上無鹼離子之一組成物，該玻璃元件係選自由鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物所組成之群組，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數，

約 $20 \text{ }\mu\text{m}$ 至約 $100 \text{ }\mu\text{m}$ 之一最終厚度，

一第一主表面，該第一主表面在該元件彎曲時實質上處於拉伸中，及

一第二主表面，該第二主表面在該元件彎曲時實質上處於壓縮中，該等主表面之特徵在於：自大於該最終厚度至少 $20 \text{ }\mu\text{m}$ 之一初始厚度事前材料移除至該最終厚度；以及

一保護層，在該第一主表面上，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒，及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中

之至少一者，

其中該玻璃元件之特徵在於：當該元件經受在約 25℃ 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之一彎曲半徑彎曲 200,000 個週期之後，不存在斷裂。

【第4項】 一種可彎曲堆疊總成，包括：

一玻璃元件，具有：

實質上無鹼離子之一組成物，該玻璃元件由選自由鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物所組成之群組所製造，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數，

約 20 μm 至約 100 μm 之一最終厚度，

在 2% 或更大的斷裂機率下至少 1000 MPa 之一彎曲強度，

一第一主表面，該第一主表面在該元件彎曲時實質上處於拉伸中，及

一第二主表面，該第二主表面在該元件彎曲時實質上處於壓縮中，該等主表面之特徵在於：自大於該最終厚度至少 20 μm 之一初始厚度事前材料移除至該最終厚度；以及

一保護層，在該第一主表面上，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒，及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者，

其中該玻璃元件之特徵在於：當該總成已於該保護層層壓至該第一主表面上之部分中經受一立體角壓

痕機(cube corner indenter)在 10 gf 下的一壓痕之後，有該彎曲強度之至少 90 % 的一殘留強度。

【第5項】 如請求項 1 至 4 中任一項所述之可彎曲堆疊總成，其中該保護層具有至少 5 μm 之一厚度。

【第6項】 如請求項 5 所述之可彎曲堆疊總成，其中該保護層包含一聚合物層，該聚合物層用一黏接劑層層壓至該第一主表面上。

【第7項】 如請求項 1 至 4 中任一項所述之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件之該組成物具有各自小於 0.5 mol % 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【第8項】 如請求項 1 至 4 中任一項所述之可彎曲堆疊總成，其中該第一主表面及在該第一主表面與該最終厚度的一半之間的元件之一區域界定一實質上無瑕疵區域，該實質上無瑕疵區域具有之一瑕疵分佈的特徵在於：具有約 200 nm 或以下之平均最長橫截面尺寸 (average longest cross-sectional dimension) 之複數個瑕疵。

【第9項】 如請求項 1 至 4 中任一項所述之可彎曲堆疊總成，其中該玻璃元件具有一熔合線(fusion line)且該玻璃元件之該彈性模數為約 40 GPa 至約 65 GPa。

【第10項】 如請求項 9 所述之可彎曲堆疊總成，其中

該玻璃元件的進一步特徵在於：在約 10^{10} Pa·s 之一黏度下在 700°C 與 800°C 之間的一虛擬溫度 (fictive temperature)。

【第11項】 一種可彎曲電子裝置總成，包括：

一可彎曲底板，具有：

實質上無鹼離子之一玻璃組成物，該可彎曲底板選自由鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、硼鋁矽酸鹽及矽酸鹽玻璃組成物所組成之群組，

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數，

約 $20\text{ }\mu\text{m}$ 至約 $100\text{ }\mu\text{m}$ 之一最終厚度，

一第一主表面，該第一主表面在該底板彎曲時實質上處於拉伸中，及

一第二主表面，該第二主表面在該底板彎曲時實質上處於壓縮中，該等主表面之特徵在於：自大於該最終厚度至少 $20\text{ }\mu\text{m}$ 之一初始厚度事前材料移除至該最終厚度；

一保護層，在該底板之該第一主表面上，其中該保護層包含奈米二氧化矽微粒，及環氧化物與胺甲酸乙酯材料中之至少一者；以及

複數個電子組件，在該底板之該第二主表面上，

其中該底板之特徵在於：當該底板在約 25°C 及約 50% 相對濕度下以約 15 mm 之一彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

【第12項】 如請求項 11 所述之可彎曲電子裝置總

成，其中該底板之該組成物具有各自小於 0.5 mol % 之 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 及 Cs_2O 。

【第13項】 如請求項 11 所述之可彎曲電子裝置總成，其中該等電子組件包括至少一個薄膜電晶體元件或至少一個 OLED 元件。

【第14項】 如請求項 11 所述之可彎曲電子裝置總成，進一步包括：

一可彎曲蓋件 (bendable cover)，位在該複數個電子組件之上，該蓋件具有約 25 μm 至約 125 μm 之一厚度、一第一主表面、一第二主表面，且進一步包括：

(a) 一第一玻璃層，該第一玻璃層具有至少 90 % 之一光透射率及一第一主表面；及

(b) 一壓縮應力區域，該壓縮應力區域自該第一玻璃層之該第一主表面延伸至該第一玻璃層中之一第一深度，該區域藉由該第一玻璃層之該第一主表面處的至少約 100 MPa 之一壓縮應力來界定，

其中該可彎曲蓋件之特徵為：

(a) 當該蓋件在約 25 $^{\circ}\text{C}$ 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之一彎曲半徑固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂；

(b) 當藉由以下者支撐該蓋件之該第一主表面：(i)

具有小於約 1 GPa 之一彈性模數的一大致 $25\text{ }\mu\text{m}$ 厚的壓敏黏著劑及(ii)具有小於約 10 GPa 之一彈性模數的一大致 $50\text{ }\mu\text{m}$ 厚的聚對苯二甲酸乙二酯層，且該蓋件之該第二主表面乘載具有 $200\text{ }\mu\text{m}$ 直徑之一平坦底部的一不銹鋼銷時，大於約 1.5 kgf 之一耐擊穿性；以及

(c) 大於或等於 8H 之一鉛筆硬度 (pencil hardness)。

【第15項】 如請求項 14 所述之可彎曲電子裝置總成，其中該可彎曲電子裝置總成具有 $250\text{ }\mu\text{m}$ 或以下之一總厚度。

【第16項】 如請求項 11 或 14 所述之可彎曲電子裝置總成，進一步包括：

一可彎曲封裝物(encapsulant)，接合至該底板，該封裝物經配置以封裝該複數個電子組件。

【第17項】 如請求項 16 所述之可彎曲電子裝置總成，其中該封裝物具有約 $25\text{ }\mu\text{m}$ 至約 $125\text{ }\mu\text{m}$ 之一厚度且進一步包括：

(a) 一第二玻璃層，該第二玻璃層具有至少 90% 之一光透射率及一第一主表面；及

(b) 一壓縮應力區域，該壓縮應力區域自該第二玻璃層之該第一主表面延伸至該第二玻璃層中之一第

一深度，該區域藉由該第二玻璃層之該第一主表面處的至少約 100 MPa 之一壓縮應力來界定，

其中該封裝物之進一步特徵在於：當該封裝物在約 25 °C 及約 50 % 相對濕度下以約 15 mm 之一彎曲半徑固持至少 60 分鐘時，不存在斷裂。

【第18項】 如請求項 17 所述之可彎曲電子裝置總成，其中該第二玻璃層具有實質上無鹼離子之一玻璃組成物。

【第19項】 如請求項 17 所述之可彎曲電子裝置總成，其中該可彎曲電子裝置總成具有約 375 μm 或以下之一總厚度。

【第20項】 如請求項 11 或 14 所述之可彎曲電子裝置總成，進一步包括：

一可彎曲封裝物，接合至該底板，該封裝物進一步經配置以封裝該複數個電子組件；以及

一保護層，在該封裝物之該第一主表面上，其中該封裝物之進一步特徵為：

一玻璃組成物，該玻璃組成物實質上無鹼離子且具有至少 90 % 之一光透射率；

約 40 GPa 至約 100 GPa 之一彈性模數；

約 20 μm 至約 100 μm 之一最終厚度；

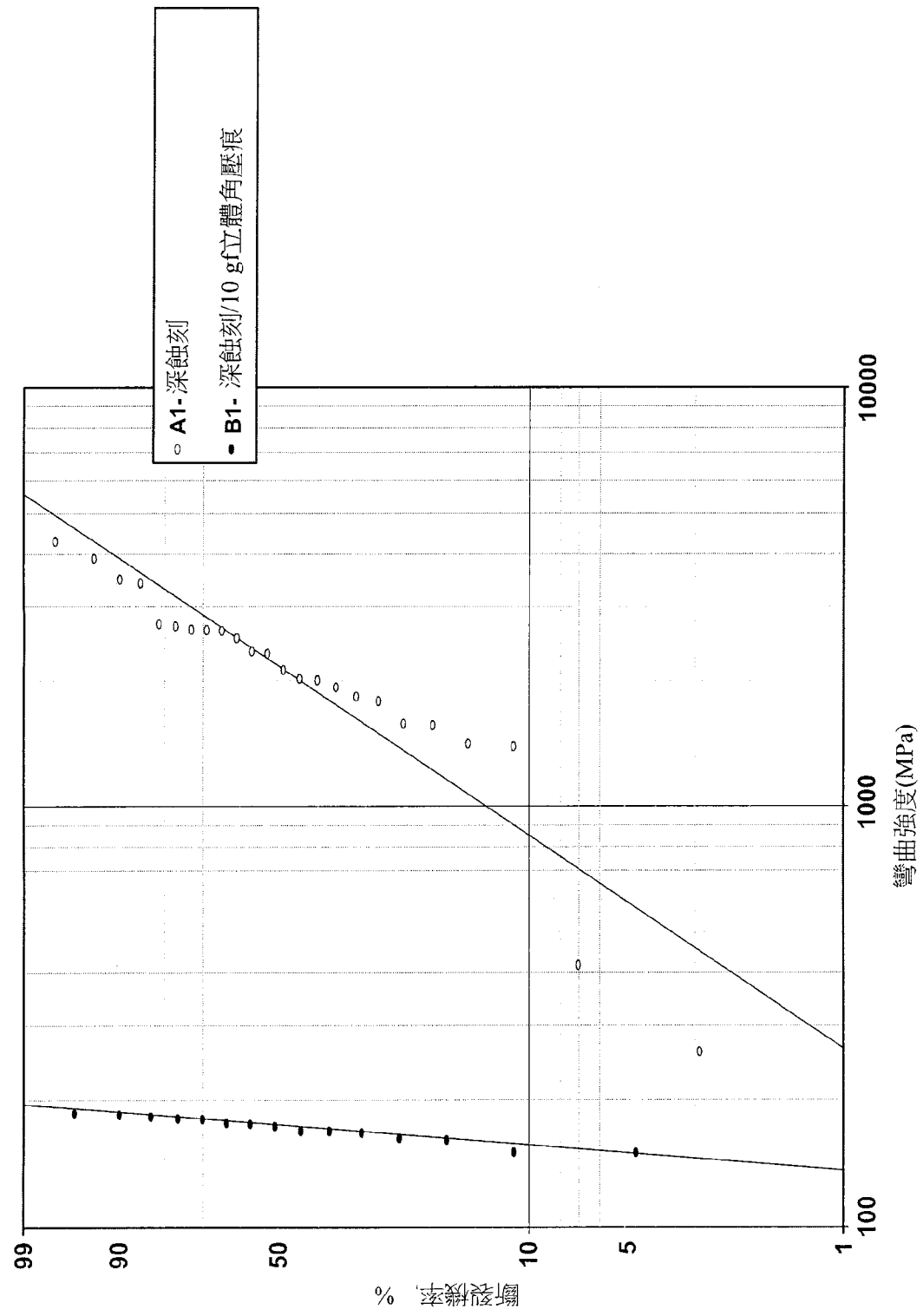
一第一主表面，該第一主表面在該封裝物彎曲時

實質上處於拉伸中；

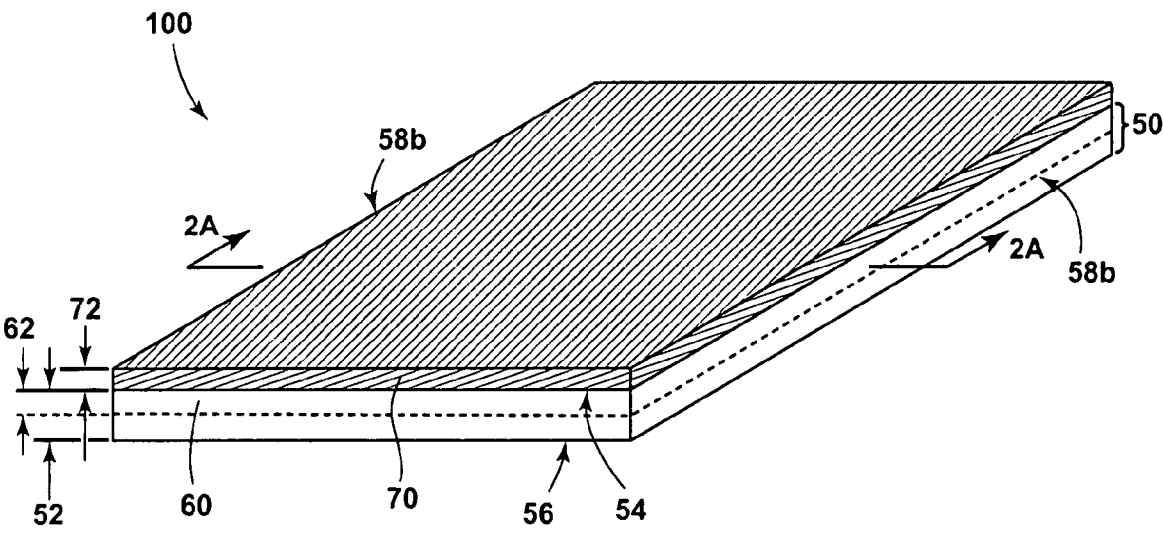
一第二主表面，該第二主表面在該封裝物彎曲時實質上處於壓縮中，該等主表面之特徵在於：自大於該最終厚度至少 $20\ \mu\text{m}$ 之一初始厚度事前材料移除至該最終厚度；以及

當該封裝物在約 $25\ ^\circ\text{C}$ 及約 50% 相對濕度下以約 $15\ \text{mm}$ 之一彎曲半徑彎曲至少 60 分鐘期間固持時，不存在斷裂。

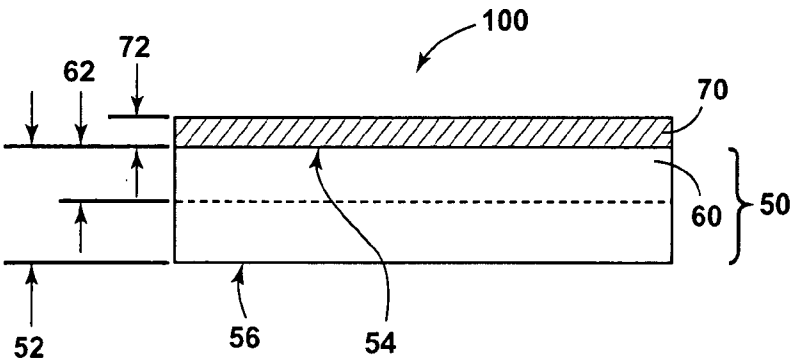
圖式



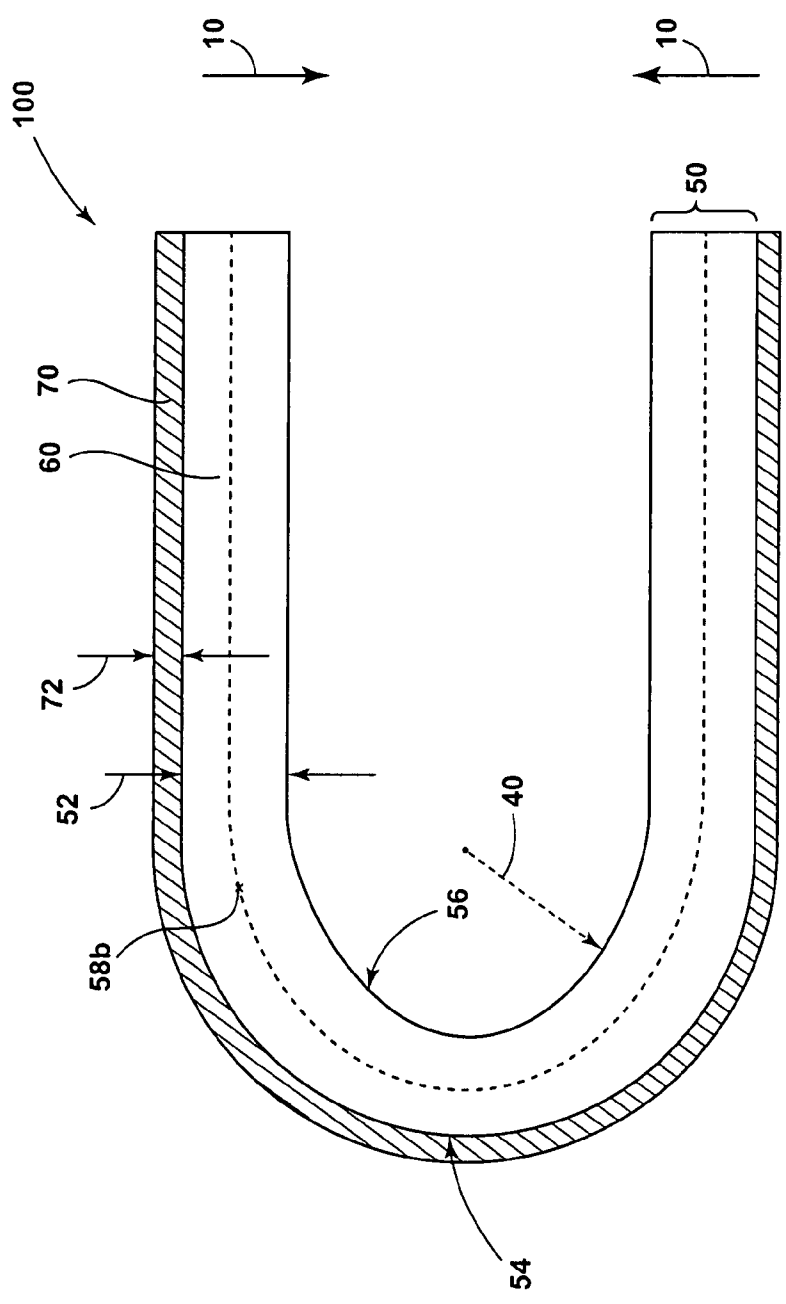
第1圖



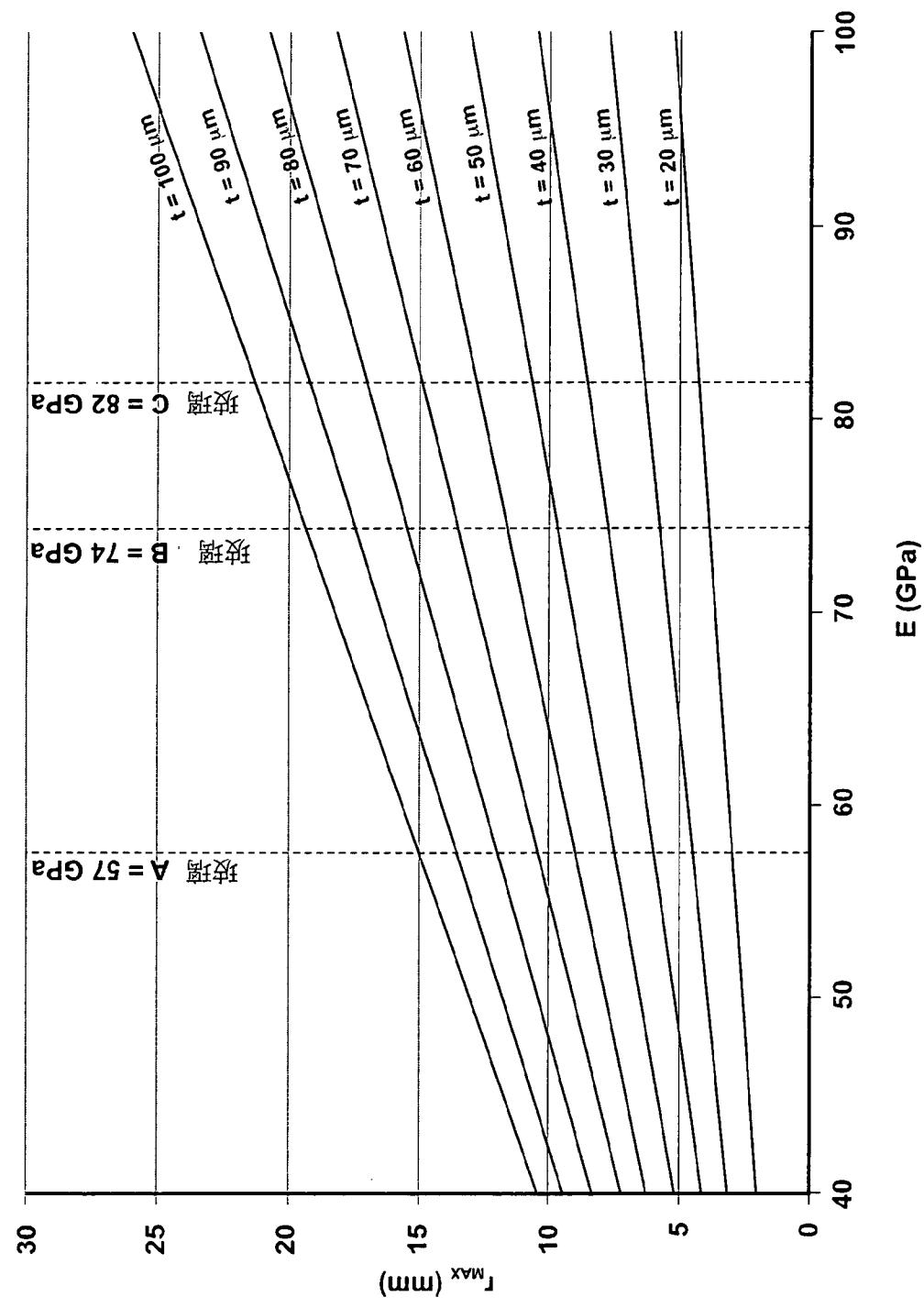
第2圖



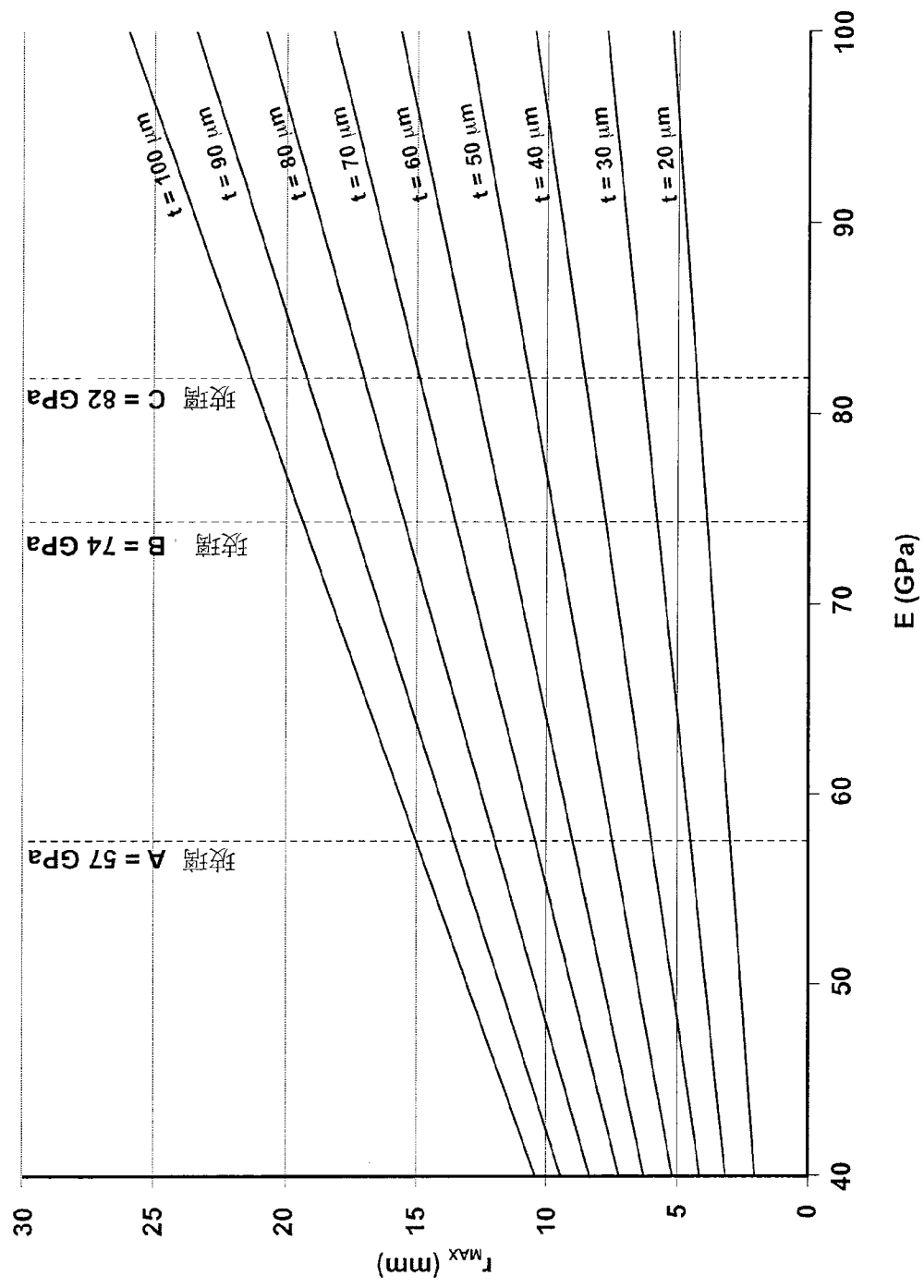
第2A圖



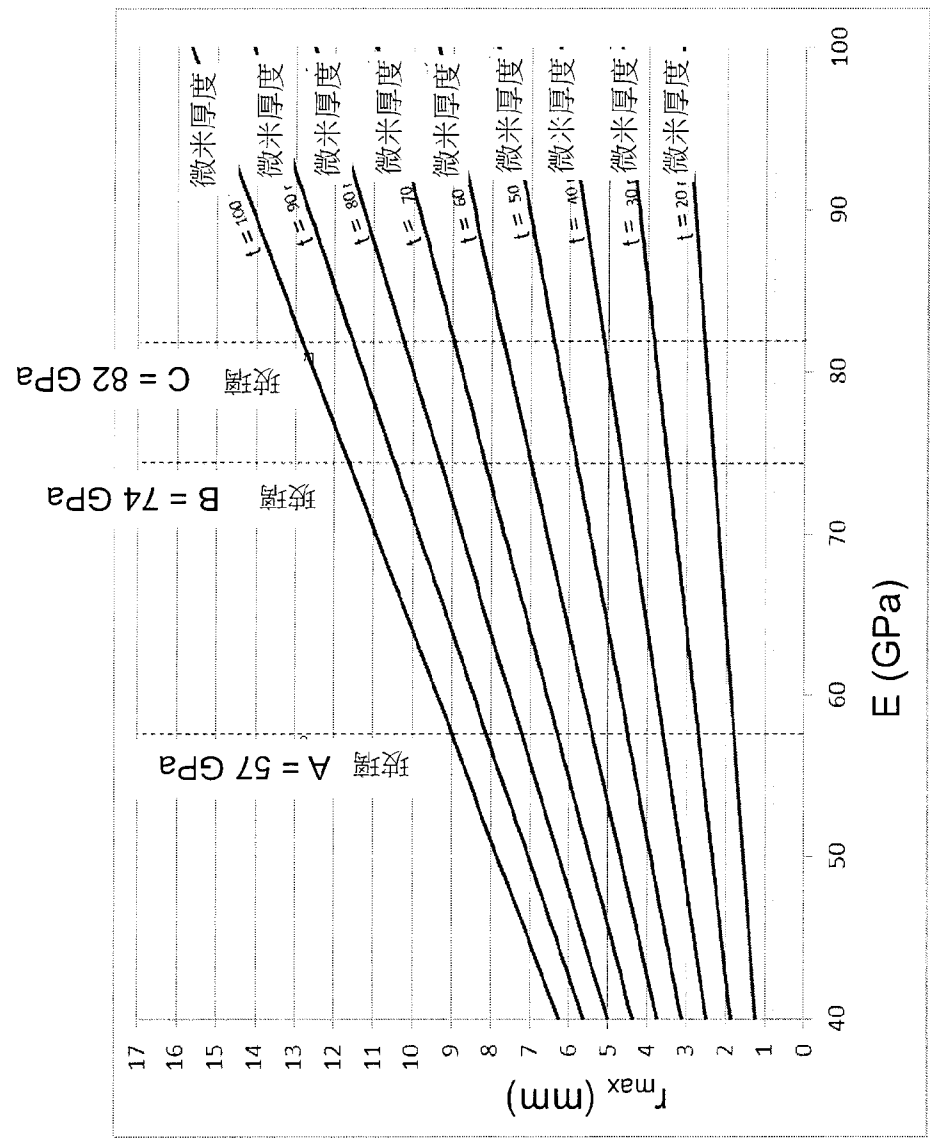
第2B圖



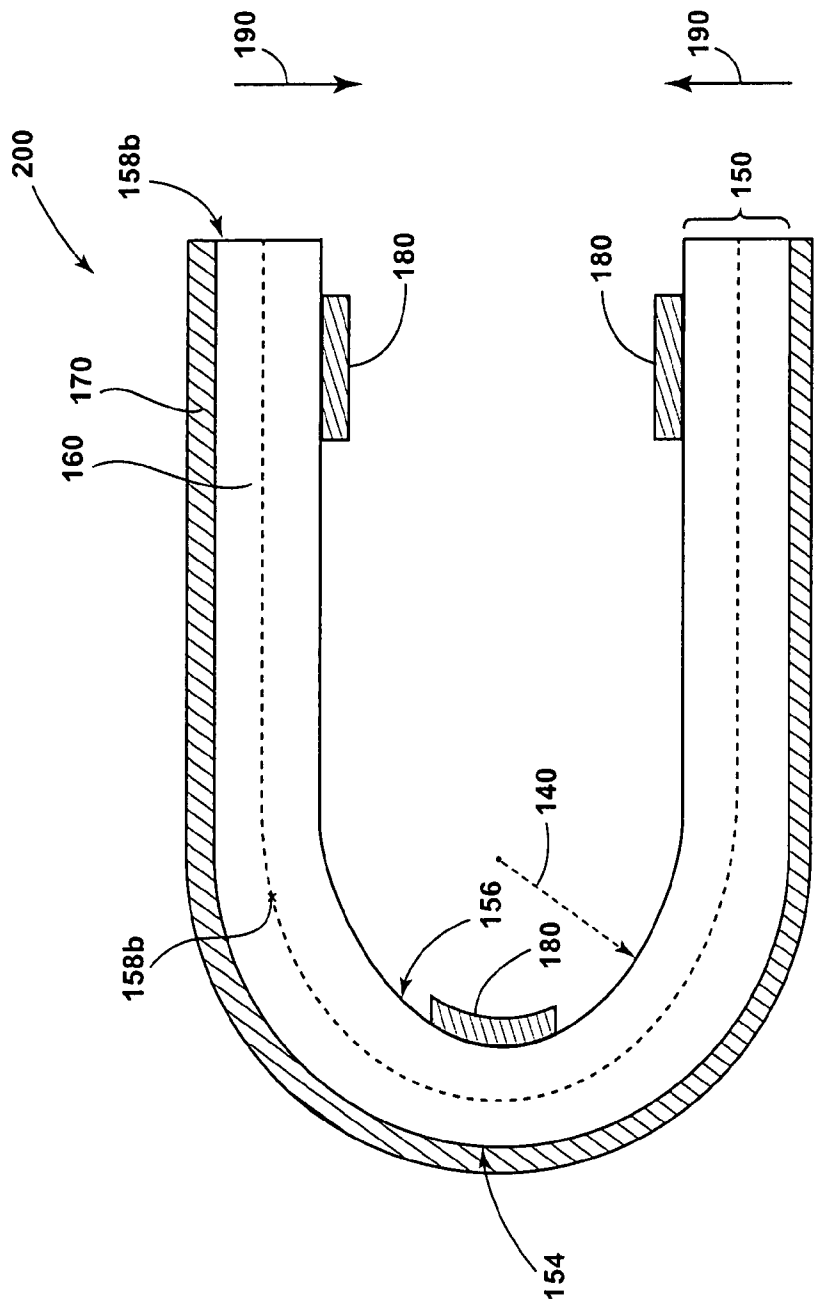
第3圖



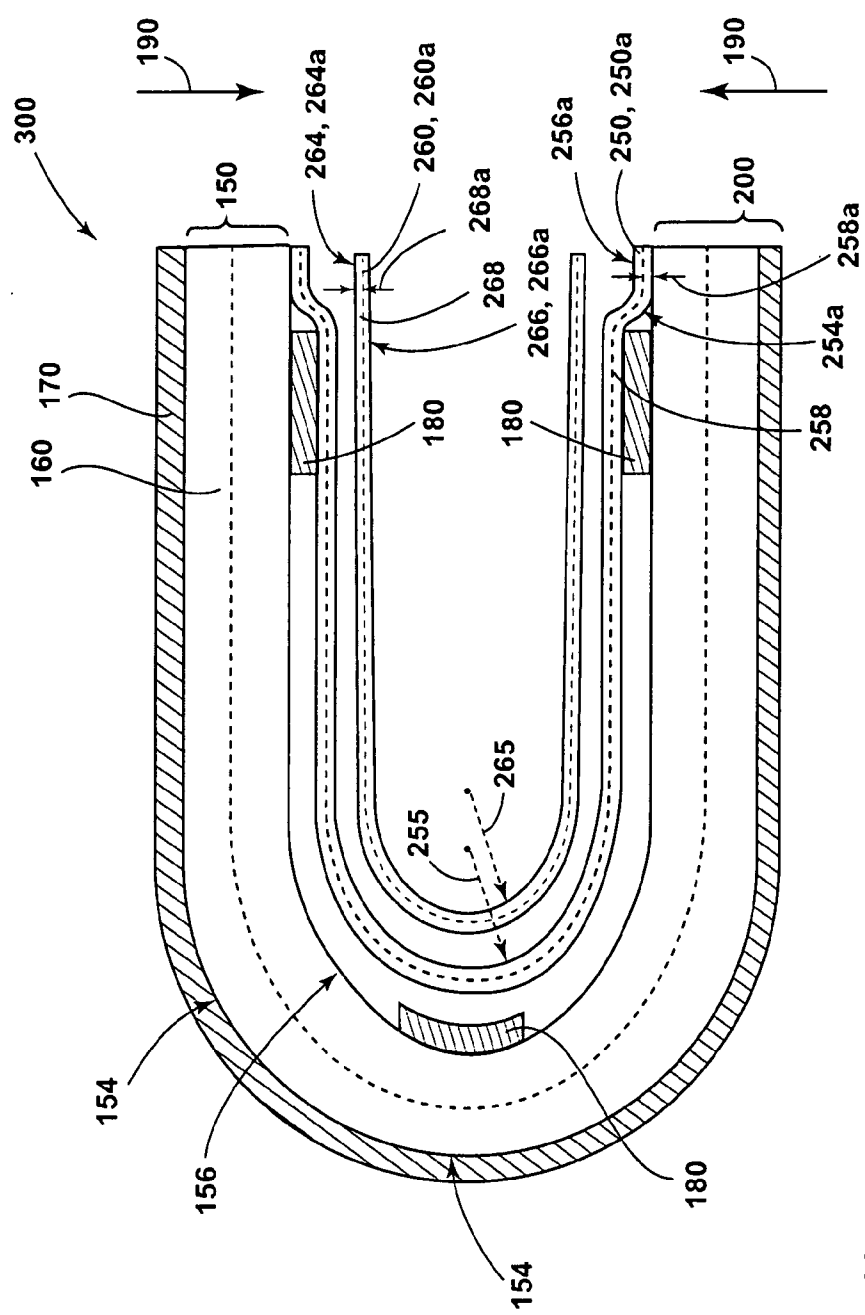
第3圖



第3A圖



第4A圖



第5A圖