I614127

(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 I614127 B**

(45)公告日： 中華民國 107 (2018) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：103135392 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 10 月 13 日

(51)Int. Cl.： *B32B17/06 (2006.01)* *B32B7/02 (2006.01)*

(30)優先權：2013/10/14 美國 14/053,139

2014/04/09 美國 14/248,868

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

美國

(72)發明人：艾迪巴凱文 ADIB, KAVEH (US)；貝爾曼羅伯特艾倫 BELLMAN, ROBERT ALAN (US)；哈特尚登笛 HART, SHANDON DEE (US)；胡廣立 HU, GUANGLI (CN)；曼利羅伯喬治 MANLEY, ROBERT GEORGE (US)；瑪贊德普蘭汀 MAZUMDER, PRANTIK (US)；薩哈恰達庫馬爾 SAHA, CHANDAN KUMAR (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 201320109A EP 2492250A1

US 6372392B1

審查人員：陳建安

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：18 共 103 頁

(54)名稱

具有具中等黏附性與留存強度之膜的玻璃物件

GLASS ARTICLES HAVING FILMS WITH MODERATE ADHESION AND RETAINED STRENGTH

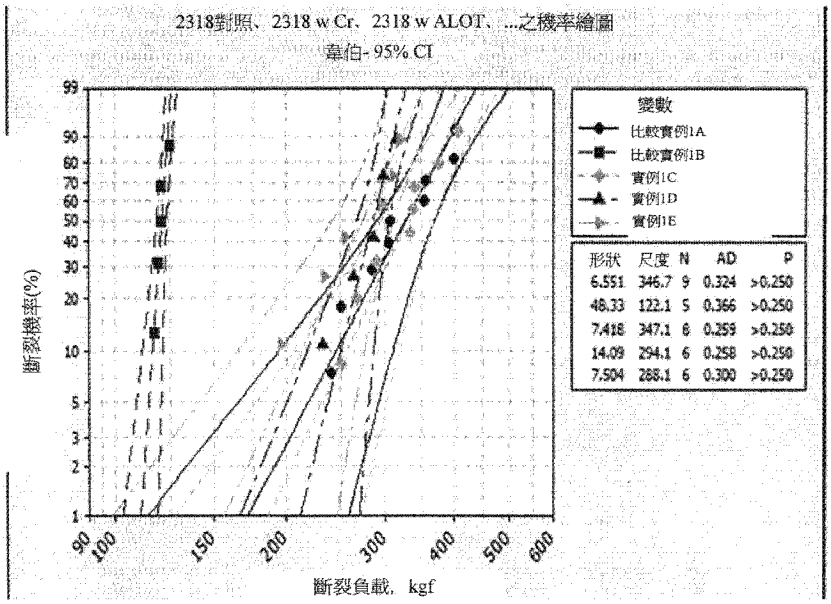
(57)摘要

本揭示內容之一或多個態樣係關於一種物件，其包括一膜，該膜安置於可經強化的一玻璃基板上，其中該膜與該玻璃基板之間的界面經改質以使得該物件具有一改良平均撓曲強度，且該膜留存用於其應用的關鍵功能性質。該膜之一些關鍵功能性質包括光學性質、電氣性質及/或機械性質。在一或多個實施例中，該界面展現約小於約 4J/m^2 之一有效黏附能量。在一些實施例中，該界面藉由於該玻璃基板與該膜之間納入含有一無機材料之一裂紋緩和層得以改質。

One or more aspects of the disclosure pertain to an article including a film disposed on a glass substrate, which may be strengthened, where the interface between the film and the glass substrate is modified, such that the article has an improved average flexural strength, and the film retains key functional properties for its application. Some key functional properties of the film include optical, electrical and/or mechanical properties. In one or more embodiments, the interface exhibits an effective adhesion energy of about less than about 4 J/m2. In some embodiments, the interface is modified by the inclusion of a crack mitigating layer containing an inorganic material between the glass substrate and the film.

指定代表圖：

第6圖


2318對照、2318 w Cr、2318 w ALOT、...之機率繪圖
韋伯- 95% CI
斷裂機率(%)
斷裂負載, kgf
變數
比較實例1A
比較實例1B
實例1C
實例1D
實例1E
形狀 尺度 N AD P
6.551 346.7 9 0.324 >0.250
48.33 122.1 5 0.366 >0.250
7.418 347.1 6 0.259 >0.250
14.09 294.1 6 0.258 >0.250
7.504 288.1 6 0.300 >0.250

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

具有具中等黏附性與留存強度之膜的玻璃物件

GLASS ARTICLES HAVING FILMS WITH MODERATE ADHESION AND RETAINED STRENGTH

相關申請案之交互參照

【0001】 本申請案主張2014年4月9日申請的美國申請案第14/248,868號之優先權，該申請案爲2013年10月14日申請的美國申請案第14/053139號之部分繼續申請案，該申請案根據專利法主張2013年5月7日申請的美國臨時申請案序列號第61/820,395號之優先權權益且根據專利法主張2012年10月12日申請的美國臨時申請案序列號第61/712,908號之優先權權益，且本申請案亦爲2013年10月14日申請的美國申請案第14/053139號之部分繼續申請案，該申請案根據專利法主張2013年5月7日申請的美國臨時申請案序列號第61/820,395號之優先權權益且根據專利法主張2012年10月12日申請的美國臨時申請案序列號第61/712,908號之優先權權益，該等申請案之內容爲本文之基礎且以全文引用方式併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本揭示內容係關於包括積層體之物件，該等積層體具有：玻璃基板，該玻璃基板具有安置於其表面上之膜；以

及介於膜與玻璃基板之間的改質界面，以使得玻璃基板實質上留存其平均撓曲強度，且膜留存用於其應用的關鍵性質。

【先前技術】

【0003】 最近已發現，可如本文所述經強化或爲強固的包括玻璃基板之物件廣泛地用作用於顯示器的防護蓋玻璃，尤其適用於觸控螢幕應用，且其在許多其他應用中存在使用潛力，該等其他應用諸如汽車或建築學窗戶、用於光伏打系統之玻璃及適用於其他電子裝置應用的玻璃基板。在許多的此等應用中，將膜施加於玻璃基板可爲有利的。示範性膜包括銦-錫氧化物(「ITO」)或其他透明導電氧化物(例如，鋁及鎵摻雜的氧化鋅及氟摻雜的氧化錫)、各種類的硬質膜(例如，類金剛石碳、Al_2O_3、AlN、AlO_xN_y、Si_3N_4、SiO_xN_y、$SiAl_xO_yN_z$、TiN、TiC)、IR 或 UV 反射層、導電或半導電層、電子設備層、薄膜電晶體層或抗反射(「AR」)膜(例如，SiO_2、Nb_2O_5及 TiO_2分層結構)。在許多情況下，此等膜必定必需爲硬質的及/或具有高彈性模數，或否則該等膜之其他功能性質(例如，機械性質、耐久性性質、導電性性質、光學性質)將降級。在大多數狀況下，此等膜爲薄膜，亦即，其通常具有在 0.005 μm 至 10 μm 範圍內(例如，5nm 至 10,000 nm)之厚度。

【0004】 當膜施加於玻璃基板(其可經強化或表徵爲強固的)之表面時，玻璃基板之平均撓曲強度可例如當使用落球或環對環強度測試評估時減小。已量測得出，此行爲獨立於溫度效應(亦即，該行爲不藉由強化玻璃基板之表面壓縮應力由於任何加熱之顯著或可量測鬆弛而引起)。平均撓曲強度之減少

亦表觀地獨立於任何玻璃表面損壞或來自處理之腐蝕，且顯然爲物件之固有機械屬性，即使當將具有在約 5 nm 至約 10 μm 範圍內之厚度的薄膜施加於物件時亦如此。在不受理論束縛的情況下，咸信平均撓曲強度之此種減少與以下者相關聯：此等膜相對於強化或強固玻璃基板之間的黏附性，所選強化或強固玻璃基板相對於所選膜之初始高平均撓曲強度(或高平均斷裂應變)以及此等膜與玻璃基板之間的裂紋橋接。

【0005】 當使用玻璃基板之此等物件用於某些電子裝置應用時，例如，該等物件可在製造期間經受額外的高溫處理。更確切言之，物件可在膜於玻璃基板上之沉積之後經受額外的熱處理。此等額外的高溫處理常常爲物件之基板及/或膜上的額外結構及組件之專用開發的結果。另外，膜本身於基板上之沉積可在相對高的溫度下進行。

【0006】 鑒於此等新的認識，需要防止膜減少此等物件中玻璃基板之平均撓曲強度。亦需要確保的是，玻璃基板之平均撓曲強度即使在膜沉積製程及額外的專用熱處理中的高溫暴露之後仍實質上得以留存。

【發明內容】

【0007】 本揭示內容之第一態樣係關於物件(例如，積層物件)，其包括：玻璃基板；裂紋緩和層，其安置於玻璃基板之第一主表面上以形成第一界面；以及膜，其安置於裂紋緩和層上以形成第二界面。在一或多個實施例中，玻璃基板具有大於膜之平均斷裂應變的平均斷裂應變。在一或多個實施例中，第一界面及/或第二界面展現具有中等黏附性，以使得當

物件受應變至介於玻璃基板之平均斷裂應變與膜之平均斷裂應變之間的應變位準時，裂紋緩和層之至少一部分與膜或玻璃基板分離。在一特定實施例中，當起源於膜之裂紋橋接至裂紋緩和層中時(例如，介於膜與裂紋緩和層之間的界面處的黏著失效)，裂紋緩和層之至少一部分與膜分離。在另一實施例中，當起源於玻璃基板之裂紋橋接至裂紋緩和層中時(例如，介於玻璃基板與裂紋緩和層之間的界面處的黏著失效)，裂紋緩和層之至少一部分與玻璃基板分離。在一或多個實施例中，裂紋緩和層使起源於膜及玻璃基板之一且進入裂紋緩和層中的裂紋保留在裂紋緩和層內或實質上裂紋緩和層內(例如，裂紋緩和層中之內聚失效)。在一或多個實施例中，裂紋緩和層有效地限制起源於膜及玻璃基板之一的裂紋傳播至此膜及玻璃基板之另一者中。

【0008】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層具有爲玻璃基板及膜之一的斷裂韌性之約 50%或小於該斷裂韌性的斷裂韌性。例如，裂紋緩和層之斷裂韌性可爲約 1 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小。裂紋緩和層之厚度可爲約 100 nm 或更小、約 20 奈米或更小。或在一些情況下約 5 nm 或更小。一或多個實施例之裂紋緩和層可爲連續層或不連續層。

【0009】 裂紋緩和層可包括電漿聚合的聚合物、矽烷或金屬。電漿聚合的聚合物之實例包括電漿聚合的氟聚合物、電漿聚合的烴聚合物、電漿聚合的矽氧烷聚合物及電漿聚合的矽烷聚合物。電漿聚合的烴聚合物可爲真空沉積材料，其形成自揮發性氣體(例如，烷烴(C_nH_{2n+2})、烯烴(C_nH_{2n})及/或炔烴

(C_nH_{2n-2})，其中 n<8)及視需要氫。在另一變體中，裂紋緩和層可包括電漿聚合的氟聚合物，該電漿聚合的氟聚合物包括形成自以下者的真空沉積材料：聚合物形成氟碳化合物氣體(例如，CHF_3 及 C_4F_8)及氟化蝕刻劑(例如，CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3 及 SF_6)。因此，裂紋緩和層可包括氟。在一些實施例中，氟可來源於含氟氣體(例如，CHF_3、C_4F_8、CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3 及 SF_6)。

【0010】 在另一變體中，裂紋緩和層可包括電漿聚合的矽烷聚合物，該電漿聚合的矽烷聚合物包括形成自以下者的真空沉積材料：矽烷來源材料(例如，矽烷來源材料包含調配物(formulation)R_xSiX_{4-x}，其中 R 爲烷基或芳基有機基團且 X 爲氫、鹵化物及/或烷氧基)及可選氧化劑(例如，氧、臭氧、氧化亞氮、二氧化碳、水蒸氣及/或過氧化氫)。在一或多個實施例中，裂紋緩和層包括在不使用電漿的情況下經溶液沉積或氣相沉積的矽烷。矽烷可包括脂族矽烷及/或芳族矽烷。矽烷可視需要包括調配物 R_xSiX_{4-x}，其中 R 爲氟、烷基、視需要氟化的芳基有機基團或氯化芳基有機基團，且 X 爲鹵化物或烷氧基。在一或多個實施例中，裂紋緩和層可包括 Au 或 Cu，或可視需要包括多孔層(例如，多孔矽石)。

【0011】 在一些實施例中，裂紋緩和層可包括金屬氟化物。根據某些實施例，裂紋緩和層可形成爲包括無機材料之奈米多孔層。在一些狀況下裂紋緩和層包括無機材料。在一些實施例中，無機材料可爲金屬氟化物(例如，CaF_2、BaF_2、AlF_3、MgF_2、SrF_2、LaF_3、YF_3 及鑭系三氟化物)。無機材料亦可包

括至少部分地得自玻璃基板之反應產物。

【0012】 在一或多個實施例中，膜可展現一或多種功能性質(例如，光學性質、電氣性質及/或機械性質)，當與裂紋緩和層組合時(在裂紋緩和層與膜及/或玻璃基板之任何後續分離之前，如本文所述)，該等功能性質實質上相同或留存。膜可包括透明導電氧化物層、IR 反射層、UV 反射層、導電層、半導電層、電子設備層、薄膜電晶體層、EMI 屏蔽層、抗反射層、抗眩光層、防污層、自清潔層、防刮層、障壁層、鈍化層、密封層、擴散阻斷層及/或防指紋層。

【0013】 在一或多個實施例中，當與裂紋緩和層及膜組合時，玻璃基板具有實質上得以維持的平均撓曲強度。玻璃基板可包括鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃、含鹼金屬硼矽酸鹽玻璃及/或鹼金屬鋁硼矽酸鹽玻璃。在一些實施例中，玻璃基板可經化學強化，且可展現大於約 500 MPa 之壓縮應力及大於約 15 μm 之壓縮層深度。

【0014】 在一或多個實施例中，物件(例如，積層物件)具有當相較於包含玻璃基板及膜但無裂紋緩和層之物件而言實質上改良的平均撓曲強度。在一些實施例中，物件於第一界面及第二界面之一或多者處展現小於約 4 J/m^2 或甚至小於約 0.85 J/m^2 之有效黏附能量。在一些實施例中，於第一界面及第二界面之一或多者處的有效黏附能量介於約 0.1 J/m^2 與約 0.85 J/m^2 之間，或介於約 0.3 J/m^2 與約 0.7 J/m^2 之間。.本揭示內容之第二態樣係關於形成物件(例如，積層物件)之方法。在一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：提供玻璃基板，

將具有一或多種功能性質之膜安置於第一相反主表面以與玻璃基板形成界面，且控制界面之有效黏附能量小於約 4 J/m^2。在一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：藉由將裂紋緩和層安置於膜與玻璃基板之間來控制有效黏附能量。裂紋緩和層可包括氟，且在一些狀況下可進一步包括金屬。根據一些實施例，裂紋緩和層包括具有氟之金屬氟化物。裂紋緩和層亦可包括含有氟的無機金屬-氟化物化合物。在一些實施例中，氟可來源於含氟氣體(例如，CHF_3、C_4F_8、CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3及 SF_6)。根據一些其他實施例，用於控制界面之有效黏附能量之步驟可包括以下步驟：在含氟氣體與基板之間實現反應，以使得裂紋緩和層中之金屬至少部分地得自基板。

【圖式簡單說明】

【0015】 第 1 圖爲根據一或多個實施例的積層物件之圖解，該積層物件包含玻璃基板、膜及裂紋緩和層。

【0016】 第 2 圖爲膜中之裂紋的生成及裂紋可能的橋接模式之示意圖。

【0017】 第 3 圖爲膜中裂紋之存在及裂紋可能的橋接隨彈性失配量 α 變化的理論模型之圖解。

【0018】 第 4 圖爲例示能量釋放比率 G_d/G_p 之圖。

【0019】 第 5A 圖展示在將膜安置於裂紋緩和層上之前，玻璃基板及第 1 圖中所示的裂紋緩和層之替代實施例的俯視圖。

【0020】 第 5B 圖展示第 5A 圖中所示的玻璃基板及裂紋緩和層沿線 1B-1B 截取之橫剖面圖。

【0021】 第 5C 圖展示在將膜安置於裂紋緩和層上之前，玻璃

基板及第 1 圖中所示的裂紋緩和層之替代實施例的俯視圖。

【0022】 第 6 圖爲呈現由實例 1A 至 1E 給出的根據本揭示內容之態樣的玻璃基板或物件之環對環斷裂負載效能的圖表。

【0023】 第 7 圖爲呈現由實例 2A 至 2E 給出的根據本揭示內容之態樣的玻璃基板或物件之環對環斷裂負載效能的圖表。

【0024】 第 8 圖爲呈現由實例 2A 及 2F 至 2H 給出的根據本揭示內容之態樣的玻璃基板或物件之環對環斷裂負載效能的圖表。

【0025】 第 9A 圖爲根據本揭示內容之態樣的裂紋緩和層中之內聚失效的示意圖。

【0026】 第 9B 圖爲根據本揭示內容之態樣的與裂紋緩和層相關聯的黏著失效之示意圖。

【0027】 第 10A 圖爲根據本揭示內容之另一態樣的使用含氟氣體對玻璃表面進行的各種電漿輔助處理之碳及氟 X 射線光電子光譜學(「XPS」)資料之圖表。

【0028】 第 10B 圖爲根據本揭示內容之態樣的使用含氟氣體對玻璃表面進行的各種電漿輔助處理之氧、矽及鋁 XPS 資料之圖表。

【0029】 第 11 圖爲根據本揭示內容之態樣的對照玻璃及經受使用蝕刻氣體(四氟化碳)之電漿輔助處理的玻璃之 XPS 資料之圖表。

【0030】 第 12 圖爲根據本揭示內容之態樣的經受使用含氟氣體之各種電漿輔助處理的玻璃表面在與另一玻璃表面黏結時黏附能量隨溫度變化之圖表。

【0031】 第 13 圖爲根據本揭示內容之另一態樣的玻璃基板上經受各種含氟表面處理的玻璃、矽石及氧化鋁表面在與另一玻璃表面黏結時黏附能量隨溫度變化之圖表。

【0032】 第 14 圖爲呈現由實例 14A 至 14C4 給出的玻璃基板對照物及根據本揭示內容之態樣具有鉻膜及氟化鈣裂紋緩和層之基板的環對環斷裂負載效能的圖表。

【0033】 第 15 圖爲呈現由實例 15A 至 15C2 給出的玻璃基板對照物及根據本揭示內容之態樣具有鉻膜及氟化鋇裂紋緩和層之基板的環對環斷裂負載效能的圖表。

【0034】 第 16 圖爲呈現由實例 16A 至 16C 給出的玻璃基板對照物及根據本揭示內容之態樣具有鉻膜及氟化鎂裂紋緩和層之基板的環對環斷裂負載效能的圖表。

【0035】 第 17 圖爲呈現由實例 17A 至 17C 給出的玻璃基板對照物及根據本揭示內容之態樣具有氧化銦錫膜及氟化鈣裂紋緩和層之基板的環對環斷裂負載效能的圖表。

【0036】 第 18 圖爲呈現由實例 18A 至 18C2 給出的玻璃基板對照物及根據本揭示內容之態樣具有氧化銦錫膜及氟化鋇裂紋緩和層之基板的環對環斷裂負載效能的圖表。

【實施方式】

【0037】 在以下詳細描述中，可闡明許多特定細節以便提供對本揭示內容之實施例的徹底理解。然而，熟習此項技術者將明白的是，本揭示內容之實施例可在不使用此等特定細節之一些或所有的情況下得以實踐。在其他情況下，熟知特徵或製程可不做詳細描述，以便不會不必要地模糊揭示內容。

此外，類似或相同的元件符號可用於標示共同或類似的元件。

【0038】 參考第 1 圖，本揭示內容之態樣包括積層物件 100，其包括膜 110 及玻璃基板 120，其中膜 110 與玻璃基板 120 之間於有效界面 140 處之界面性質經改質以使得物件實質上留存其平均撓曲強度且該膜留存用於其應用之關鍵功能性質。在一或多個實施例中，積層物件展現亦在此等改質之後得以留存的功能性質。膜及/或物件之功能性質可包括光學性質、電氣性質及/或機械性質，諸如硬度、彈性模數、斷裂應變、耐磨性、防刮性、機械耐久性、摩擦係數、電導率、電阻率、電子遷移率、電子或電洞載子摻雜、光學折射率、密度、不透明度、透明度、反射性、吸收性、透射性及類似功能性質。如本文所述，在與裂紋緩和層組合之後，在裂紋緩和層與膜及/或玻璃基板之任何分離之前，膜之此等功能性質得以留存。

【0039】 在一或多個實施例中，對膜 110 與玻璃基板 120 之間的有效界面 140 之改質包括防止一或多個裂紋自膜 110 或玻璃基板 120 之一橋接至膜 110 或玻璃基板 120 之另一者中，當保存膜 110 及/或物件之其他功能性質。在一或多個特定實施例中，如第 1 圖所例示，界面性質之改質包括在玻璃基板 120 與膜 110 之間安置裂紋緩和層 130。在一或多個實施例中，將裂紋緩和層 130 安置於玻璃基板 120 上且形成第一界面 150，將膜 110 安置於裂紋緩和層 130 上以形成第二界面 160。有效界面 140 包括第一界面 150、第二界面 160 及/或裂紋緩和層 130。

【0040】 如應用於併入積層物件 100 中之膜 110 及/或其他膜

的術語「膜」可包括一或多個層，該或該等層藉由此項技術中已知的任何方法來形成，該方法包括以下步驟：離散沉積或連續沉積製程。此等層可彼此直接接觸。該等層可由相同材料或一種以上的不同材料形成。在一或多個替代實施例中，此等層可具有安置於其之間的不同材料之中介層。在一或多個實施例中，膜可包括一或多個相連且不間斷的層，及/或一或多個不連續且間斷的層(亦即，具有形成爲彼此鄰近的不同材料之層)。

【0041】 如本文所使用，術語「安置」包括使用此項技術中的任何已知方法將材料塗佈、沉積及/或形成於表面上。所安置材料可構成如本文所定義之層或膜。片語「安置於……上」包括將材料形成至表面上以使得材料與表面直接接觸的情況，且亦包括其中將材料形成至表面上同時使一或多個中介材料位於所安置材料與表面之間的情況。一或多種中介材料可構成如本文所定義之層或膜。

【0042】 如本文所使用，術語「平均撓曲強度」欲指含玻璃的材料(例如，物件及/或玻璃基板)之撓曲強度，其經由諸如環對環、球對環或落球測試之方法測試。術語「平均(值)」在與平均撓曲強度或任何其他性質結合使用時係基於至少 5 個樣本、至少 10 個樣本或至少 15 個樣本或至少 20 個樣本的此種性質之量測值之數學平均值。平均撓曲強度可係指在環對環或球對環測試下斷裂負載之雙參數韋伯統計之尺度參數。此尺度參數亦稱爲韋伯特徵強度，在該強度下，材料之斷裂機率爲 63.2%。更寬泛而言，平均撓曲強度亦可藉由諸如落球

試驗的其他試驗來定義，其中玻璃表面撓曲強度藉由可耐受而不斷裂的落球高度來表徵。玻璃表面強度亦可在裝置組態中測試，其中含有含玻璃的材料(例如，物件及/或玻璃基板)物件之用具或裝置在可產生表面撓曲應力之不同定向中下落。在一些狀況下，平均撓曲強度亦可併入有如藉由此項技術中已知的其他方法測試的強度，該等其他方法諸如 3 點彎曲測試或 4 點彎曲測試。在一些狀況下，此等試驗方法可受物件之邊緣強度的顯著影響。

【0043】 如本文所使用，術語「橋接」係指裂紋、瑕疵或缺陷形成，以及此等裂紋、瑕疵或缺陷就大小而言之生長及/或自一個材料、層或膜向另一材料、層或膜中之傳播。例如，橋接包括其中存在於膜 110 中之裂紋傳播至另一材料、層或膜(例如，玻璃基板 120)中的情況。術語「橋接」亦包括其中裂紋跨越不同材料、不同層及/或不同膜之間的界面的情況。該等材料、層及/或膜無需彼此直接接觸來供裂紋在此等材料、層及/或膜之間的橋接。例如，裂紋可藉由橋接穿過安置在第一材料與不與該第一材料直接接觸的第二材料之間的中間材料而自該第一材料橋接至該第二材料中。相同情境可適用於層及膜，以及材料、層及膜之組合。在本文所述的物件中，裂紋可起源於膜 110 或玻璃基板 120 之一，且跨於有效界面 140(且確切而言跨於第一界面 150 及第二界面 160)而橋接至膜 110 或玻璃基板 120 之另一者中。如本文所述的，裂紋緩和層 130 可使裂紋偏轉以防在膜 110 與玻璃基板 120 之間的橋接，而不管裂紋起源於何處(亦即，膜 110 或玻璃基板

120)。裂紋偏轉可包括在如本文所述將裂紋自一種材料(例如，膜 110、玻璃基板 120 或裂紋緩和層 130)橋接至另一材料(例如，膜 110、玻璃基板 120 或裂紋緩和層 130)時，裂紋緩和層 130 自膜 110 及/或玻璃基板 120 之至少部分脫層。裂紋偏轉亦可包括使裂紋傳播穿過裂紋緩和層 130 而非傳播至膜 110 及/或玻璃基板 120 中。在此等情況下，裂紋緩和層 130 可於有效界面 140 處形成低韌性界面，從而促進裂紋傳播穿過裂紋緩和層而非傳播至玻璃基板或膜中。此類型的機制可描述爲沿有效界面 140 偏轉裂紋。

【0044】 以下理論斷裂力學分析說明可藉以在積層物件內橋接或緩和裂紋之所選方式。第 2 圖爲例示安置於玻璃基板上之膜中裂紋之存在及裂紋可能的橋接或緩和模式之圖解。第 2 圖中之編號元件爲玻璃基板 10、玻璃基板 10 之表面(未編號)頂部上的膜 12、進入玻璃基板 10 與膜 12 之間的界面中的雙側偏轉紋 14、阻滯紋(arrest) 16 (其爲開始於膜 12 中生成但未完全穿過膜 12 之裂紋)、「扭折紋(kinking)」18(其爲在膜 12 之表面中生成，但當其到達玻璃基板 10 之表面時不穿透至玻璃基板 12 中，而替代地在如第 2 圖中指示之側向方向上移動且隨後於另一位置處穿透玻璃基板 10 之表面的裂紋)、生成至膜 12 中且穿透至玻璃基板 10 中之穿透裂紋 11，以及單側偏轉紋 13。第 2 圖亦展示相較於零軸 15 而言，玻璃基板 10 中張力對壓縮 17 之圖。如圖所例示，在施加外部負載之後(在此等狀況下，拉伸負載爲最有害之情形)，膜中之瑕疵可優先活化以在殘餘壓縮或強化玻璃基板中之裂紋生成之前形成裂

紋。在第 2 圖所例示的情境中，在持續增加外部負載時，裂紋將橋接直至其遇到玻璃基板。當裂紋到達玻璃基板 10 之表面時，裂紋在其起源於膜中時的可能橋接模式爲：(a)穿透至玻璃基板中而不改變其路徑，如數字 11 所表示；(b)沿膜與玻璃基板之間的界面偏轉至一側中，如數字 13 所指示；(c)沿界面偏轉至兩側中，如數字 14 所指示，(d)沿界面首先偏轉且隨後扭折至玻璃基板中，如數字 18 所指示，或(e)如數字 16 所指示的裂紋阻滯，其係歸因於微觀變形機制，例如於裂紋尖端處之可塑性、奈米尺度鈍化或奈米尺度偏轉。裂紋可起源於膜中且可橋接至玻璃基板中。上述橋接模式亦可適用的情況爲：裂紋起源於玻璃基板中且橋接至膜中，例如玻璃基板中之預存在裂紋或瑕疵可在膜中誘導裂紋或瑕疵或使裂紋或瑕疵成核，因此導致裂紋自玻璃基板生長或傳播至膜中，從而產生裂紋橋接。

【0045】 相較於單獨玻璃基板之平均撓曲強度而言(亦即，無膜或裂紋緩和層)，裂紋穿透至玻璃基板及/或膜中減少積層物件及玻璃基板之平均撓曲強度，而裂紋偏轉、裂紋鈍化或裂紋阻滯(本文中共同稱爲裂紋緩和)有助於留存物件之平均撓曲強度。裂紋鈍化及裂紋阻滯可彼此明顯不同。裂紋鈍化可包含例如經由塑性變形或屈服機制的漸增裂紋尖端半徑。另一方面，裂紋阻滯可包含許多不同機制，諸如，例如於裂紋尖端處遇到高壓縮應力，於裂紋尖端處由於存在低彈性模數間層或低彈性模數至高彈性模數界面過渡而引起的應力強度因子之減少；如在一些多晶或複合材料中之奈米尺度裂紋偏

轉或裂紋扭曲度，於裂紋尖端處之應變硬化，及類似機制。本文將描述裂紋偏轉之各種模式。

【0046】 在不受理論束縛的情況下，某些可能的裂紋橋接路徑可在線彈性斷裂力學的情形下分析。在以下段落中，一個裂紋路徑用作一實例，且將斷裂力學概念應用於裂紋路徑以分析問題，且說明針對特定範圍之材料性質而言，用以留存物件之平均撓曲強度效能的材料參數要求。

【0047】 以下第 3 圖展示理論模型架構之圖解。此圖爲膜 12 與玻璃基板 10 之間的界面區之簡化示意圖。術語 μ_1、E_1、ν_1及 μ_2、E_2、ν_2爲玻璃基板及膜材料之剪切模數、楊氏模數、帕松比，$\Gamma_c^{\text{玻璃}}$及 Γ_c^{IT}分別爲玻璃基板及基板與膜之間的界面之臨界能量釋放率。

【0048】 表徵膜與基板之間的彈性失配之常用參數爲 Dundurs 參數 α 及 β，其定義如下

$$\alpha = \frac{\bar{E}_1 - \bar{E}_2}{\bar{E}_1 + \bar{E}_2} \tag{1}$$

其中對平面應變而言 $\bar{E} = E/\left(1-\nu^2\right)$，以及

$$\beta = \frac{1}{2}\frac{\mu_1(1-2\nu_2)-\mu_2(1-2\nu_1)}{\mu_1(1-\nu_2)+\mu_2(1-\nu_1)} \tag{2}$$

【0049】 值得指出的是，臨界能量釋放率經由如下定義的關係與材料之斷裂韌性緊密相關

$$\Gamma = \frac{1-\nu^2}{E}K_C^2 \tag{3}$$

【0050】 假定膜中存在預存在的瑕疵，則在拉伸負載之後，裂紋將如第 3 圖所例示向下垂直地延伸。恰好在界面處，裂

紋趨向於沿界面偏轉，條件爲

$$\frac{G_d}{G_p} \geq \frac{\Gamma_c^{IT}}{\Gamma_c^{玻璃}} \tag{4}$$

且裂紋將穿透至玻璃基板中，條件爲

$$\frac{G_d}{G_p} \leq \frac{\Gamma_c^{IT}}{\Gamma_c^{玻璃}} \tag{5}$$

其中 G_d 及 G_p 分別爲偏轉裂紋沿界面之能量釋放率及進入玻璃基板中之穿透裂紋之能量釋放率。在方程式(4)及(5)之左手側，比率 G_d/G_p 爲彈性失配參數 α 之強函數且弱地依賴於 β；且在右手側，韌性比率 $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{玻璃}$ 爲材料參數。

【0051】 第 4 圖以圖形例示 G_d/G_p 隨彈性失配 α 變化的趨勢，其自對雙重偏轉裂紋之參考來再現。(Ming-Yuan, H.及 J.W. Hutchinson, *Crack deflection at an interface between dissimilar elastic materials*. International Journal of Solids and Structures, 1989. 25(9): 第 1053-1067 頁)。

【0052】 明顯的是，比率 G_d/G_p 強烈依賴於 α。負 α 意指膜比玻璃基板硬，且正 α 意指膜比玻璃基板軟。不依賴於 α 的韌性比率 $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{玻璃}$ 爲第 4 圖中之水平線。若滿足準則(4)，則在第 4 圖中，在水平線以上之區域處，裂紋趨向於沿界面偏轉，從而可有益於留存基板之平均撓曲強度。另一方面，若滿足準則(5)，則在第 4 圖中，在水平線以下之區域處，裂紋趨向於穿透至玻璃基板中，從而導致物件、尤其如本文其他處所述利用強化或強固玻璃基板之彼等物件之平均撓曲強度的降級。

【0053】 以下利用以上概念，將氧化銦錫(ITO)膜用作一例示性實例。對玻璃基板而言，E_1=72 GPa，v_1=0.22，且 K_{1c}=0.7 $MPa\ m^{1/2}$；對 ITO 而言，E_2=99.8 GPa，v_2=0.25。(Zeng, K. 等人, *Investigation of mechanical properties of transparent conducting oxide thin films*. Thin Solid Films, 2003. 443(1–2): 第 60-65 頁)。ITO 膜與玻璃基板之間的界面韌性可爲大致 Γ_{in}=5 J/m^2，其取決於沉積條件。(Cotterell, B.及 Z. Chen, *Buckling and cracking of thin films on compliant substrates under compression*. International Journal of Fracture, 2000. 104(2): 第 169-179 頁)。此將得出彈性失配 α=-0.17，且 $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{玻璃}$=0.77。在第 4 圖中對此等值繪圖。此斷裂分析預測：對 ITO 膜而言將偏好穿透至玻璃基板中之裂紋，從而導致玻璃、尤其強化或強固玻璃之平均撓曲強度的降級。咸信，此爲利用各種氧化銦錫或其他透明導電氧化物膜所觀察到的潛在基本機制之一，該等膜係安置於包括強化或強固玻璃基板之玻璃基板上。如第 4 圖所示，緩和平均撓曲強度之降級的一種方式可爲選擇適當材料來改變彈性失配 α(選擇 1)或調整界面韌性(選擇 2)。

【0054】 以上概述的理論分析暗示：裂紋緩和層 130 可用於較好地留存物件強度。確切而言，裂紋緩和層於玻璃基板 120 與膜 110 之間的插入使如本文所定義的裂紋緩和成爲較佳路徑，且因此物件能夠較好地留存其強度。在一些實施例中，裂紋緩和層 130 有助於裂紋偏轉，如將在本文中較詳細地描述。

【0055】 玻璃基板

【0056】 參考第 1 圖，物件 100 包括：玻璃基板 120，該玻璃基板 120 可如本文所述爲強化或強固的，其具有相反主表面 122、124；安置於至少一個相反主表面(122 或 124)上的膜 110；以及安置於膜 110 與玻璃基板 120 之間的裂紋緩和層 130。在一或多個替代實施例中，除安置於至少一個主表面(122 或 124)上之外或替代安置於至少一個主表面(122 或 124)上，裂紋緩和層 130 及膜 110 可安置於玻璃基板之次表面上。如本文所使用，玻璃基板 120 可爲大體上平坦片材，儘管其他實施例可利用彎曲或以其他方式成形或雕刻的玻璃基板。玻璃基板 120 可大體上清晰、透明且無光散射。玻璃基板可具有在約 1.45 至約 1.55 範圍內之折射率。在一或多個實施例中，玻璃基板 120 可經強化或表徵爲強固的，如將在本文中較詳細地描述。玻璃基板 120 可爲相對原始的(pristine)且於此種強化之前不含瑕疵(例如，具有低數量的表面瑕疵或平均表面瑕疵大小小於約 1 微米)。在利用強化或強固玻璃基板 120 的情況下，此等基板可表徵爲在此等基板之一或多個主相反表面上具有高的平均撓曲強度(當相較於未強化或不強固的玻璃基板而言時)或高的表面斷裂應變(當相較於未強化或不強固的玻璃基板而言時)。

【0057】 另外或替代地，出於美學原因及/或功能性原因，玻璃基板 120 之厚度可隨其尺寸之一或多者而變化。例如，相較於玻璃基板 120 之較爲中心的區域而言，玻璃基板 120 之邊緣可較厚。玻璃基板 120 之長度、寬度及厚度尺寸亦可根

據物件 100 之應用或用途而變化。

【0058】 根據一或多個實施例的玻璃基板 120 包括平均撓曲強度，該平均撓曲強度可在玻璃基板 120 與膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層組合之前及之後量測。在本文所述的一或多個實施例中，在玻璃基板 120 與膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜、層或材料組合之後，當相較於玻璃基板 120 於此種組合之前的平均撓曲強度而言，物件 100 留存其平均撓曲強度。換言之，物件 100 之平均撓曲強度實質上在膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層安置於玻璃基板 120 上之間及之後爲實質上相同的。在一或多個實施例中，物件 100 具有平均撓曲強度，該平均撓曲強度顯著地大於不包括裂紋緩和層 130 的類似物件之平均撓曲強度(例如，比包含直接接觸的膜 110 及玻璃基板 120 而不具有中介裂紋緩和層的物件高的強度)。

【0059】 根據一或多個實施例，玻璃基板 120 具有平均斷裂應變，該平均斷裂應變可在玻璃基板 120 與膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層組合之前及之後量測。術語「平均斷裂應變」涉及裂紋傳播而不施加額外負載所處的應變，其通常導致給定材料、層或膜的劇變斷裂，或許甚至橋接至另一材料、層或膜，如本文所定義。平均斷裂應變可使用例如球對環測試來量測。在不受理論束縛的情況下，平均斷裂應變可使用適當的數學轉換而直接與平均撓曲強度相關聯。在特定實施例中，可如本文所述的爲強化或強固的玻璃基板 120 具有平均斷裂應變，該平均斷裂應變 0.5%或更大、0.6%或更

大、0.7%或更大、0.8%或更大、0.9%或更大、1%或更大、1.1%或更大、1.2%或更大、1.3%或更大、1.4%或更大、1.5%或更大或甚至 2%或更大。在特定實施例中，玻璃基板具有爲 1.2%、1.4%、1.6%、1.8%、2.2%、2.4%、2.6%、2.8%或 3%或更大之平均斷裂應變。膜 110 之平均斷裂應變可小於玻璃基板 120 之平均斷裂應變及/或裂紋緩和層 130 之平均斷裂應變。在不受理論束縛的情況下，咸信玻璃基板或任何其他材料之平均斷裂應變取決於此種材料之表面品質。就玻璃基板而言，除玻璃基板之表面品質之外或替代玻璃基板之表面品質，特定玻璃基板之平均斷裂應變取決於所利用的離子交換或強化製程之條件。

【0060】 在一或多個實施例中，玻璃基板 120 在與膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層組合之後留存其平均斷裂應變。換言之，玻璃基板 120 之平均斷裂應變在膜 110、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層安置於玻璃基板 120 上之前及之後爲實質上相同的。在一或多個實施例中，物件 100 具有平均斷裂應變，該平均斷裂應變顯著地大於不包括裂紋緩和層 130 的類似物件之平均斷裂應變(例如，比包含直接接觸的膜 110 及玻璃基板 120 而不具有中介裂紋緩和層的物件高的斷裂應變)。例如，物件 100 可展現平均斷裂應變，該平均斷裂應變比不包括裂紋緩和層 130 的類似物件之平均斷裂應變高至少 10%、高 25%、高 50%、高 100%、高 200%或高 300%。

【0061】 玻璃基板 120 可使用各種不同的製程來提供。例如，例示性玻璃基板形成方法包括浮製玻璃製程及諸如熔合

拉伸及狹槽拉伸的下拉製程。

【0062】 在浮製玻璃製程中，可表徵爲平滑表面及均勻厚度的玻璃基板係藉由在熔融金屬(通常爲錫)床層上浮動熔融玻璃來製成。在一例示性製程中，進料至熔融錫床之表面上的熔融玻璃形成浮製玻璃帶。隨著玻璃帶沿著錫浴流動，溫度逐步降低直至玻璃帶固化成固體玻璃基板，該固體玻璃基板可自錫提升至滾筒上。一旦離開浴槽，玻璃基板即可進一步冷卻並經退火來降低內部應力。

【0063】 下拉製程產生具有均勻厚度之玻璃基板，該玻璃基板擁有相對原始表面。因爲玻璃基板之平均撓曲強度係藉由表面瑕疵之頻率、量及大小控制，所以有過最小接觸的原始表面具有較高的初始強度。當此高強度玻璃基板接著經進一步強化(例如，化學強化)時，所得強度可高於具有已研磨及拋光的表面之玻璃基板的強度。下拉玻璃基板可拉伸至小於約 2 mm 之厚度。此外，下拉玻璃基板可具有極爲平坦、平滑的表面，該表面可用於其最終應用而無需高成本的研磨及拋光。

【0064】 熔融拉伸製程例如使用拉伸槽，該拉伸槽具有用於接收熔融玻璃原料之通道。通道具有堰口，該等堰口在通道之兩側上沿通道之長度於頂部處敞開。當通道充滿熔融材料時，熔融玻璃溢出堰口。由於重力，熔融玻璃作爲兩個流動的玻璃膜沿拉伸槽之外表面向下流動。拉伸槽之此等外表面向下延伸且向內延伸，以使得此等表面在拉伸槽下方的邊緣處會合。兩個流動玻璃膜在此邊緣處會合以便熔合併形成單個流動玻璃基板。熔融拉伸方法提供的優點在於：因爲在通

道上方流動的兩個玻璃膜熔合在一起，所以所得玻璃基板之任一外表面均不與設備之任何部分接觸。因此，熔融拉伸玻璃基板之表面性質不受此種接觸影響。

【0065】 狹槽拉伸製程不同於熔融拉伸方法。在狹縫拉伸製程中，熔融原料玻璃係提供至拉伸槽。拉伸槽之底部具有敞開狹槽，該狹縫具有沿狹槽之長度延伸的噴嘴。熔融玻璃流動穿過狹槽/噴嘴且作爲連續基板向下拉伸並進入退火區域。

【0066】 一旦形成，玻璃基板可經強化來形成強化玻璃基板。如本文所使用，術語「強化玻璃基板」可指已經化學強化的玻璃基板，例如已經由將玻璃基板之表面中的較小離子交換成較大離子的離子交換而強化。然而，可利用此項技術中已知的其他強化方法來形成強化玻璃基板，該等方法諸如熱回火。如將要描述的，強化玻璃基板可包括玻璃基板，該玻璃基板於其表面中具有表面壓縮應力，該表面壓縮應力有助於玻璃基板之強度保存。強固玻璃基板亦在本揭示內容之範疇內，且包括玻璃基板，該等玻璃基板可尚未經歷特定強化製程，且可不具有表面壓縮應力，但仍爲強固的。此等強固玻璃基板物件可定義爲具有大於約 0.5%、0.7%、1%、1.5% 或甚至大於 2%之平均斷裂應變的玻璃片物件或玻璃基板。此等強固玻璃基板可例如藉由在熔融及形成玻璃基板之後保護原始玻璃表面而製成。此保護之一實例發生於熔融拉伸方法中，其中玻璃膜之表面在形成之後不與設備之任何部分或其他表面接觸。形成自熔融拉伸方法之玻璃基板係自其原始表面品質獲得其強度。原始表面品質亦可經由蝕刻或拋光及玻

璃基板表面之後續保護以及此項技術中已知的其他方法而達成。在一或多個實施例中，強化玻璃基板及強固玻璃基板兩者可包含玻璃片物件，例如當使用環對環或球對環撓曲測試時，該玻璃片物件具有大於約 0.5%、0.7%、1%、1.5%或甚至大於 2%之平均斷裂應變。

【0067】 如以上所提及，本文所述的玻璃基板可藉由離子交換製程來化學強化以提供強化玻璃基板 120。玻璃基板亦可藉由此項技術中已知的其他方法來強化，該等方法諸如熱回火。在離子交換製程中，通常藉由將玻璃基板浸沒於熔融鹽浴中歷時預定時段，玻璃基板之表面處或附近的離子與來自鹽浴的較大金屬離子交換。在一個實施例中，熔融鹽浴之溫度爲約 350℃至 450℃且預定時段爲約兩小時至約八小時。較大離子於玻璃基板中之併入藉由在玻璃基板之近表面區域或處於表面處及鄰近於該表面的區域中產生壓縮應力來強化玻璃基板。在玻璃基板之中心區域內或離表面一段距離的區域內誘導相應張應力來平衡壓縮應力。利用此強化製程的玻璃基板可更確切而言描述爲化學強化玻璃基板 120 或離子交換玻璃基板 120。未強化的玻璃基板可在本文中稱爲非強化玻璃基板。

【0068】 在一個實例中，強化玻璃基板 120 中之鈉離子由來自諸如硝酸鉀鹽浴的熔融浴之鉀離子置換，然而諸如銣或銫的具有較大原子半徑之其他鹼金屬離子可置換玻璃中之較小鹼金屬離子。根據特定實施例，玻璃中之較小鹼金屬離子可由 Ag^+離子置換。類似地，諸如但不限於硫酸鹽、磷酸鹽、鹵

化物及類似物的其他鹼金屬鹽可用於離子交換製程。

【0069】 較小離子於低於玻璃網狀結構可鬆弛所處的溫度的溫度下由較大離子之置換產生離子跨於強化玻璃基板 120 之表面的分佈，從而產生應力分佈。引入離子之較大體積在表面上產生壓縮應力(CS)，且在強化玻璃基板 120 之中心產生張力(中心張力或 CT)。交換深度可描述爲強化玻璃基板 120 內離子交換藉由離子交換製程發生而得以促進的深度(亦即，玻璃基板之表面至玻璃基板之中心區域的距離)。

【0070】 在一個實施例中，強化玻璃基板 120 可具有 300 MPa 或更大，例如 400 MPa 或更大、450 MPa 或更大、500 MPa 或更大、550 MPa 或更大、600 MPa 或更大、650 MPa 或更大、700 MPa 或更大、750 MPa 或更大，或 800 MPa 或更大之表面壓縮應力。強化玻璃基板 120 可具有 15 μm 或更大、20 μm 或更大(例如，25 μm、30 μm、35 μm、40 μm、45 μm、50 μm 或更大)之壓縮層深度，及/或 10 MPa 或更大、20 MPa 或更大、30 MPa 或更大、40 MPa 或更大(例如，42 MPa、45 MPa 或 50 MPa 或更大)但小於 100 MPa (例如，95 MPa、90MPa、85MPa、80MPa、75MPa、70MPa、65MPa、60MPa、55 MPa 或更小)之中心張力。在一或多個特定實施例中，強化玻璃基板 120 具有以下一或多者：大於 500 MPa 之表面壓縮應力、大於 15 μm 之壓縮層深度以及大於 18 MPa 之中心張力。

【0071】 在不受理論束縛的情況下，咸信具有大於 500 MPa 之表面壓縮應力及大於約 15 μm 之壓縮層深度的強化玻璃基板 120 通常具有比非強化玻璃基板(或換言之，尚未離子交換

或以其他方式強化的玻璃基板)大的斷裂應變率。在一些實施例中，相較於不滿足此等位準之表面壓縮應力或壓縮層深度的非強化或弱強化類型的玻璃基板而言，本文所述的一或多個實施例之益處可不那麼顯著，此係由於在許多典型應用中皆存在處置或常見玻璃表面損壞事件。然而，如先前所提及，在其中玻璃基板表面可受足夠保護以免於刮痕或表面損壞(例如藉由防護層或其他層)的其他特定應用中，具有相對高斷裂應變之強固玻璃基板亦可經由使用諸如熔融形成方法的方法形成並保護原始玻璃表面品質而產生。在此等替代應用中，本文所述的一或多個實施例之益處可類似地實現。

【0072】 可用於強化玻璃基板 120 中的例示性離子可交換玻璃可包括鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成物或鹼金屬鋁硼矽酸鹽玻璃組成物，然而涵蓋其他玻璃組成物。如本文所使用，「可離子交換」意指玻璃基板能夠使位於或靠近玻璃基板之表面處的陽離子與大小較大或較小的具有相同原子價之陽離子交換。一種例示性玻璃組成物包含 SiO_2、B_2O_3 及 Na_2O，其中 $(SiO_2+B_2O_3)\geq 66$ mol. %，且 $Na_2O\geq 9$ mol. %。在一實施例中，玻璃基板 120 包括具有至少 6 wt.%氧化鋁之玻璃組成物。在另一實施例中，玻璃基板 120 包括具有一或多種鹼土金屬氧化物之玻璃組成物，以使得鹼土金屬氧化物之含量爲至少 5 wt.%。在一些實施例中，適合玻璃組成物進一步包含 K_2O、MgO 及 CaO 中之至少一者。在一特定實施例中，用於玻璃基板 120 中的玻璃組成物可包含 61-75 mol.% SiO_2；7-15 mol.% Al_2O_3；0-12 mol.% B_2O_3；9-21 mol.% Na_2O；0-4 mol.% K_2O；

0-7 mol.% MgO；以及 0-3 mol.% CaO。

【0073】 適用於玻璃基板 120 之可視需要經強化或爲強固的另一例示性玻璃組成物包含：60-70 mol.% SiO_2；6-14 mol.% Al_2O_3；0-15 mol.% B_2O_3；0-15 mol.% Li_2O；0-20 mol.% Na_2O；0-10 mol.% K_2O；0-8 mol.% MgO；0-10 mol.% CaO；0-5 mol.% ZrO_2；0-1 mol.% SnO_2；0-1 mol.% CeO_2；小於 50 ppm As_2O_3；以及小於 50 ppm Sb_2O_3；其中 12 mol.%≤(Li_2O+Na_2O+K_2O)≤20 mol.%且 0 mol.%≤(MgO+CaO)≤10 mol.%。

【0074】 適用於玻璃基板 120 之可視需要經強化或爲強固的又一例示性玻璃組成物包含：63.5-66.5 mol.% SiO_2；8-12 mol.% Al_2O_3；0-3 mol.% B_2O_3；0-5 mol.% Li_2O；8-18 mol.% Na_2O；0-5 mol.% K_2O；1-7 mol.% MgO；0-2.5 mol.% CaO；0-5 mol.% ZrO_2；0.05-0.25 mol.% SnO_2；0.05-0.5 mol.% CeO_2；小於 50 ppm As_2O_3；以及小於 50 ppm Sb_2O_3；其中 14 mol.%≤(Li_2O+Na_2O+K_2O)≤18 mol.%且 2 mol.%≤(MgO+CaO)≤7 mol.%。

【0075】 在一特定實施例中，適用於玻璃基板 120 的可視需要經強化或爲強固的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成物包含氧化鋁、至少一種鹼金屬以及在一些實施例中大於 50 mol.% SiO_2，在其他實施例中至少 58 mol.% SiO_2，且在其他實施例中至少 60 mol.% SiO_2，其中比率 $\frac{Al_2O_3+B_2O_3}{\sum 改質劑}>1$，其中組分之比率係以 mol.%表示且改質劑爲鹼金屬氧化物。在特定實施例中，此玻璃組成物包含：58-72 mol.% SiO_2；9-17 mol.%

Al_2O_3；2-12 mol.% B_2O_3；8-16 mol.% Na_2O；以及 0-4 mol.% K_2O，其中比率 $\frac{Al_2O_3+B_2O_3}{\sum 改質劑}>1$。

【0076】 在另一實施例中，可視需要經強化或爲強固的玻璃基板可包括鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成物，該組成物包含：64-68 mol.% SiO_2；12-16 mol.% Na_2O；8-12 mol.% Al_2O_3；0-3 mol.% B_2O_3；2-5 mol.% K_2O；4-6 mol.% MgO；以及 0-5 mol.% CaO，其中：66 mol.%≤$SiO_2+B_2O_3+CaO$≤69 mol.%；$Na_2O+K_2O+B_2O_3+MgO+CaO+SrO$>10 mol.%；5 mol.%≤$MgO+CaO+SrO$≤8 mol.%；$(Na_2O+B_2O_3)-Al_2O_3$≤2 mol.%；2 mol.%≤$Na_2O-Al_2O_3$≤6 mol.%；以及 4 mol.%≤$(Na_2O+K_2O)-Al_2O_3$≤10 mol.%。

【0077】 在一些實施例中，可視需要經強化或爲強固的玻璃基板 120 可包含鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃組成物，該組成物包含：2 mol%或更大的 Al_2O_3 及/或 ZrO_2，或 4 mol%或更大的 Al_2O_3 及/或 ZrO_2。

【0078】 在一些實施例中，用於玻璃基板 120 之玻璃基板可用 0-2 mol. %的至少一種澄清劑分批處理，該至少一種澄清劑選自包括以下者之群：Na_2SO_4、NaCl、NaF、NaBr、K_2SO_4、KCl、KF、KBr 及 SnO_2。

【0079】 根據一或多個實施例的玻璃基板 120 可在約 50 μm 至 5 mm 範圍變化的厚度。例示性玻璃基板 120 之厚度在 100 μm 至 500 μm 範圍變化，例如爲 100、200、300、400 或 500 μm。另一例示性玻璃基板 120 之厚度在約 500 μm 至約 1000

μm 範圍變化，例如爲 500 μm、600 μm、700 μm、800 μm、900 μm 或 1000 μm。玻璃基板 120 可具有大於 1 mm，例如約 2 mm、3 mm、4 mm 或 5 mm 之厚度。在一或多個特定實施例中，玻璃基板 120 可具有爲 2 mm 或更小或小於 1 mm 之厚度。玻璃基板 120 可經酸拋光或以其他方式處理來移除或減少表面瑕疵之效應。

【0080】 膜

【0081】 物件 100 包括安置於玻璃基板 120 上及確切而言安置於裂紋緩和層 130 上的膜 110。膜 110 可安置於玻璃基板 120 之一或兩個主表面 122、124 上。在一或多個實施例中，除安置於一或兩個主表面 122、124 上之外或替代安置於一或兩個主表面 122、124 上，膜 110 可安置於玻璃基板 120 之一或多個次表面(未圖示)上。在一或多個實施例中，膜 110 不含眼睛易於可見的宏觀刮痕或缺陷。膜 110 與玻璃基板 120 形成有效界面 140。

【0082】 在一或多個實施例中，膜可經由本文所述的機制降低併入此等膜及玻璃基板之物件之平均撓曲強度。在一或多個實施例中，此等機制包括其中膜可降低物件之平均撓曲強度的情況，因爲此膜中生成的裂紋橋接至玻璃基板中。在其他實施例中，該等機制包括其中膜可降低物件之平均撓曲強度的情況，因爲玻璃基板中生成的裂紋橋接至膜中。一或多個實施例之膜可展現 2%或更小之斷裂應變，或小於本文所述的玻璃基板之斷裂應變的斷裂應變。包括此等屬性中任何屬性的膜可表徵爲脆性。

【0083】 根據一或多個實施例，膜 110 可具有低於玻璃基板 120 之斷裂應變的斷裂應變(或裂紋起始應變位準)。例如，膜 110 可具有約 2%或更小、約 1.8%或更小、約 1.6%或更小、約 1.5%或更小、約 1.4%或更小、約 1.2%或更小、約 1%或更小、約 0.8%或更小、約 0.6%或更小、約 0.5%或更小、約 0.4%或更小或約 0.2%或更小之斷裂應變。在一些實施例中，膜 110 之斷裂應變可低於具有大於 500 MPa 之表面壓縮應力及大於約 15 μm 之壓縮層深度的強化玻璃基板 120 之斷裂應變。在一或多個實施例中，膜 110 可具有比玻璃基板 120 之斷裂應變低或小至少 0.1%，或在一些狀況下低或小至少 0.5%之斷裂應變。在一或多個實施例中，膜 110 可具有比玻璃基板 120 之斷裂應變低或小至少約 0.15%、0.2%、0.25%、0.3%、0.35%、0.4%、0.45%、0.55%、0.6%、0.65%、0.7%、0.75%、0.8%、0.85%、0.9%、0.95%或 1%之斷裂應變。此等斷裂應變值可例如使用球對環撓曲試驗方法組合以可選微觀或高速照相機分析來量測。在一些狀況下，膜開裂之起始可藉由分析導電膜之電阻率來量測。各種此等分析可在施加負載或應力期間執行，或在一些狀況下在施加負載或應力之後執行。

【0084】 示範性膜 110 可具有至少 25 GPa 之彈性模數及/或至少 1.75 GPa 之硬度，儘管此範圍外的一些組合爲可能的。在一些實施例中，膜 110 可具有 50 GPa 或更大或甚至 70 GPa 或更大之彈性模數。例如，膜彈性模數可爲 55 GPa、60 GPa、65 GPa、75 GPa、80 GPa、85 GPa 或更大。在一或多個實施例中，膜 110 可具有大於 3.0 GPa 之硬度。例如，膜 110 可具

有 5 GPa、5.5 GPa、6 GPa、6.5 GPa、7 GPa、7.5 GPa、8 GPa、8.5 GPa、9 GPa、9.5 GPa、10 GPa 或更大之硬度。此等彈性模數及硬度值可使用已知的金剛石奈米壓痕方法針對此等膜 110 來量測，該等金剛石奈米壓痕方法常用於測定膜之彈性模數及硬度。示範性金剛石奈米壓痕方法可利用 Berkovich 金剛石壓頭。

【0085】 本文所述的膜 110 亦可展現小於約 10 $MPa \cdot m^{1/2}$，或在一些狀況下小於 5 $MPa \cdot m^{1/2}$，或在一些狀況下小於 1 $MPa \cdot m^{1/2}$ 之斷裂韌性。例如，膜可具有 4.5 $MPa \cdot m^{1/2}$、4 $MPa \cdot m^{1/2}$、3.5 $MPa \cdot m^{1/2}$、3 $MPa \cdot m^{1/2}$、2.5 $MPa \cdot m^{1/2}$、2 $MPa \cdot m^{1/2}$、1.5 $MPa \cdot m^{1/2}$、1.4 $MPa \cdot m^{1/2}$、1.3 $MPa \cdot m^{1/2}$、1.2 $MPa \cdot m^{1/2}$、1.1 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.9 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.8 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.7 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.6 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.5 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.4 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.3 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.2 $MPa \cdot m^{1/2}$、0.1 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小之斷裂韌性。

【0086】 本文所述的膜 110 亦可具有小於約 0.1 kJ/m^2，或在一些狀況下小於 0.01 kJ/m^2 之臨界應變能量釋放率 ($G_{IC}=K_{IC}^2/E$)。在一或多個實施例中，膜 110 可具有 0.09 kJ/m^2、0.08 kJ/m^2、0.07 kJ/m^2、0.06 kJ/m^2、0.05 kJ/m^2、0.04 kJ/m^2、0.03 kJ/m^2、0.02 kJ/m^2、0.0075 kJ/m^2、0.005 kJ/m^2、0.0025 kJ/m^2 或更小之臨界應變能量釋放率。

【0087】 在一或多個實施例中，膜 110 可包括複數個層。在一或多個實施例中，膜之每一層可表徵爲基於以下一或多者之脆性：層對物件之平均撓曲強度的影響及/或層之斷裂應變、斷裂韌性或臨界應變能量釋放率值，如本文另外所述。

在一個變體中，膜 110 之層無需具有相同的性質，諸如相同的彈性模數及/或斷裂韌性。在另一變體中，膜 110 之層可包括彼此不同的材料。

【0088】 膜 110 之組成或材料不受特定限制。膜 110 之材料之一些非限制性實例包括：氧化物，諸如 SiO_2、Al_2O_3、TiO_2、Nb_2O_5、Ta_2O_5；氮氧化物，諸如 SiO_xN_y、$SiAl_xO_yN_z$ 及 AlO_xN_y；氮化物，諸如 SiN_x、AlN_x、立方氮化硼及 TiN_x；碳化物，諸如 SiC、TiC 及 WC；上述者之組合，諸如碳氧化物及氮氧碳化物(例如，SiC_xO_y 及 $SiC_xO_yN_z$)；半導體材料，諸如 Si 及 Ge；透明導體，諸如氧化銦錫、氧化錫、氟化氧化錫、氧化鋁鋅或氧化鋅；碳奈米管或石墨烯摻雜氧化物；銀或其他金屬摻雜的氧化物；高矽質聚合物，諸如高度固化矽氧烷及矽倍半氧烷；金剛石或類金剛石碳材料；或可展現斷裂行爲的所選金屬膜。

【0089】 膜 110 可藉由真空沉積技術安置於玻璃基板 120，該等真空沉積技術例如化學氣相沉積(例如，電漿增強化學氣相沉積、大氣壓化學氣相沉積或電漿增強大氣壓化學氣相沉積)、物理氣相沉積(例如，反應性或非反應性濺鍍或雷射剝蝕)、熱蒸發、電阻蒸發或電子束蒸發，或原子層沉積。膜 110 亦可使用以液體爲基礎之技術安置於玻璃基板 120 之一或多個表面 122、124 上，該等以液體爲基礎之技術例如溶膠-凝膠塗佈或聚合物塗佈方法，尤其例如，旋塗、噴塗、狹槽拉伸塗佈、滑塗、繞線桿塗佈、刀片/刮刀塗佈、氣刀塗佈、簾幕式塗佈、凹版塗佈及輥塗。在一些實施例中，合乎需要可爲

在膜 110 與玻璃基板 120 之間、在玻璃基板 120 與裂紋緩和層 130 之間、在裂紋緩和層 130 之數個層(若存在)之間、在膜 110 之數個層(若存在)之間及/或在膜 110 與裂紋緩和層 130 之間使用黏附促進劑，諸如以矽烷爲基礎之材料。在一或多個替代實施例中，膜 110 可安置於玻璃基板 120 上作爲轉移層。

【0090】 膜 110 之厚度可取決於物件 100 之所欲用途而改變。在一個實施例中，膜 110 之厚度可在約 0.005 μm 至約 0.5 μm 或約 0.01 μm 至約 20 μm 範圍內。在另一實施例中，膜 110 可具有在約 0.05 μm 至約 10 μm、約 0.05 μm 至約 0.5 μm、約 0.01 μm 至約 0.15 μm 或約 0.015 μm 至約 0.2 μm 範圍內之厚度。

【0091】 在一些實施例中，有利的可爲在膜 110 中包括具有以下任一者之材料：

(1) 類似於玻璃基板 120、裂紋緩和層 130 及/或其他膜或層之折射率的折射率，以最小化光學干涉效應；

(2) 微調來達成抗反射干涉效應之折射率(實部及/或虛部)；及/或

(3) 微調來達成波長選擇性反射效應或波長選擇性吸收效應之折射率(實部及/或虛部)，諸如以達成 UV 或 IR 阻斷或反射，或達成上色/著色效應。

在一或多個實施例中，膜 110 可具有大於玻璃基板 120 之折射率及/或大於裂紋緩和層 130 之折射率的折射率。在一或多個實施例中，膜可具有在約 1.7 至約 2.2 範圍內，或在約 1.4

至約 1.6 範圍內，或在約 1.6 至約 1.9 範圍內之折射率。

【0092】 膜 110 亦可起多種功能，或與如本文所述的額外膜或層整合，該等額外膜或層起不同於膜 110 的其他功能或甚至起與膜 110 相同的功能。膜 110 可包括 UV 或 IR 光發射或光吸收層、抗反射層、抗眩光層、防污層、自清潔層、防刮層、障壁層、鈍化層、密封層、擴散阻斷層、防指紋層及類似物。另外，膜 110 可包括導電層或半導電層、薄膜電晶體層、EMI 屏蔽層、破壞感測器、警報感測器、電致變色材料、光致變色材料、觸摸感應層或資訊顯示層。膜 110 及/或前述層中之任何層可包括上色劑或著色劑。當資訊顯示層整合至物件 100 中時，物件 100 可形成觸摸感應顯示器、透明顯示器或抬頭顯示器之部分。合乎需要的可爲膜 110 執行干涉功能，其選擇性地透射、反射或吸收不同波長或色彩的光。例如，膜 110 可在抬頭顯示器應用中選擇性地反射目標波長。

【0093】 膜 110 之功能性質可包括光學性質、電氣性質及/或機械性質，諸如硬度、彈性模數、斷裂應變、耐磨性、防刮性、機械耐久性、摩擦係數、電導率、電阻率、電子遷移率、電子或電洞載子摻雜、光學折射率、密度、不透明度、透明度、反射性、吸收性、透射性及類似功能性質。此等功能性質在膜 110 與玻璃基板 120、裂紋緩和層 130 及/或包括在物件 100 之其他膜組合之後實質上得以維持或甚至改良。

【0094】 裂紋緩和層

【0095】 如本文所述的，裂紋緩和層於有效界面 140 處提供中等黏附能量。裂紋緩和層 130 藉由於有效界面處形成低韌

性層來提供中等黏附能量，該中等黏附能量有助於裂紋偏轉至裂紋緩和層中替代偏轉至膜 110 或玻璃基板 120 中。裂紋緩和層 130 亦可藉由形成低韌性界面來提供中等黏附能量。低韌性界面係表徵爲在施加指定負載時裂紋緩和層 130 自玻璃基板 120 或膜 110 之脫層。此脫層引起裂紋沿第一界面 150 或第二界面 160 偏轉。裂紋亦可沿第一界面 150 及第二界面 160 之組合，例如遵循可橫越一個界面至另一界面的路徑而偏轉。

【0096】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 藉由改變玻璃基板 120 與膜 110 之間的有效界面 140 處之有效黏附能量來提供中等黏附性。在一或多個特定實施例中，第一界面 150 及第二界面 160 之一或兩者展現有效黏附能量。在一或多個實施例中，有效黏附能量可爲約 5 J/m^2 或更小、約 4.5 J/m^2 或更小、約 4 J/m^2 或更小、約 3.5 J/m^2 或更小、約 3 J/m^2 或更小、約 2.5 J/m^2 或更小、約 2 J/m^2 或更小、約 1.5 J/m^2 或更小、約 1 J/m^2 或更小或約 0.85 J/m^2 或更小。有效黏附能量之下限可爲約 0.1 J/m^2 或約 0.01 J/m^2。在一或多個實施例中，於第一界面及第二界面之一或多者處的有效黏附能量可在約 0.85 J/m^2 至約 3.85 J/m^2、約 0.85 J/m^2 至約 3 J/m^2、約 0.85 J/m^2 至約 2 J/m^2 及約 0.85 J/m^2 至約 1 J/m^2 範圍內。於第一界面及第二界面之一或多者處的有效黏附能量亦可在約 0.1 J/m^2 與約 0.85 J/m^2 或在約 0.3 J/m^2 與約 0.7 J/m^2 之間的範圍內。根據一些實施例，於第一界面及第二界面之一或多者處的有效黏附能量實質上保留恆定，或在周圍溫度至多約 600℃ 下，保

留在諸如 0.1 J/m^2 與約 0.85 J/m^2 之目標範圍內。在一些實施例中，在周圍溫度至多約 600℃下，在該等界面之一或多者處的有效黏附能量比玻璃基板之平均內聚黏附能量小至少 25%。

【0097】 在其中有效界面 140、第一界面 150 及/或第二界面 160 展現中等黏附性的實施例中，裂紋緩和層之至少一部分可在加載製程期間與玻璃基板及/或膜分離，從而在膜及/或裂紋緩和層中引起裂紋生長及/或裂紋形成。當裂紋緩和層之至少一部分與玻璃基板 120 及/或膜 110 分離時，此分離可包括在裂紋緩和層與裂紋緩和層與之分離的玻璃基板 120 及/或膜 110 之間的減小的黏附性或無黏附性。在其他實施例中，當裂紋緩和層之僅一部分分離時，此分離部分可完全或至少部分地由裂紋緩和層中仍附著於玻璃基板 120 及/或膜 110 之部分圍繞。在一或多個實施例中，當積層物件在此加載期間在指定應變位準下受應變時，裂紋緩和層 130 之至少一部分可與膜 110 或玻璃基板 120 之一分離。在一或多個實施例中，應變位準可在玻璃基板 120 之第一平均斷裂應變與膜 110 之平均斷裂應變之間。

【0098】 在一或多個特定實施例中，當起源於膜 110 之裂紋橋接至裂紋緩和層 130 中(或跨越第二界面 160)時，裂紋緩和層 130 之至少一部分與膜 110 分離。在一特定實施例中，當起源於膜 110 之裂紋橋接至裂紋緩和層 130 中時，裂紋緩和層 130 之至少一部分由於界面 160 處之黏著失效 190 而與膜 110 分離(參見第 9B 圖)。在其他實施例中，當起源於玻璃基

板 120 之裂紋橋接至裂紋緩和層 130 中(或跨越第一界面 150)時，裂紋緩和層 130 之至少一部分與玻璃基板 120 分離。在另一特定實施例中，當起源於玻璃基板 120 之裂紋橋接至裂紋緩和層 130 中時，裂紋緩和層 130 之至少一部分由於界面 150 處之黏著失效 190 而與玻璃基板 120 分離(參見第 9B 圖)。如本文所使用，術語「黏著失效」係關於實質上受限於裂紋緩和層 130、膜 110 與玻璃基板 120 之間的界面 150 及 160 之一或多者處的裂紋傳播。

【0099】 在不引起裂紋生長及/或裂紋形成之負載位準下(亦即，在小於玻璃基板之平均斷裂應變及小於膜之平均斷裂應變的平均斷裂應變下)，裂紋緩和層不分離且保留附著於玻璃基板 120 及膜 110。在不受理論束縛的情況下，裂紋緩和層 130 之脫層或部分脫層減少玻璃基板 120 中之應力集中。因此，咸信玻璃基板 120 中應力集中之減少引起玻璃基板 120(及最終積層物件 100)失效所需的負載或應變位準之增加。以此方式，相較於不具有裂紋緩和層之積層物件而言，裂紋緩和層 130 防止積層物件之平均撓曲強度減小或增大。

【0100】 裂紋緩和層 130 之材料及厚度可用於控制玻璃基板 120 與膜 110 之間的有效黏附能量。一般而言，兩個表面之間的黏附能量由以下給出(「A theory for the estimation of surface and interfacial energies. I. derivation and application to interfacial tension」, L. A. Girifalco 及 R. J. Good, J. Phys. Chem., V 61, p904)：

$$W = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12} \qquad (6)$$

其中，γ_1、γ_2 and 及 γ_{12} 分別爲表面 1、表面 2 之表面能量及表面 1 及表面 2 之界面能量。個別表面能量通常爲兩個項之組合；即，分散分量 γ^d 及極分量(polar component)γ^p

$$\gamma = \gamma^d + \gamma^p \tag{7}$$

【0101】 當黏附性主要係歸因於倫敦分散力(γ^d)及例如氫鍵結之極性力(γ^p)時，界面能量可由以下給出(Girifalco 及 R. J. Good，如以上所提及)：

$$\gamma_{12} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2\sqrt{\gamma_1^d \gamma_2^d} - 2\sqrt{\gamma_1^p \gamma_2^p} \tag{8}$$

【0102】 在將(3)代入(1)之後，黏附能量可大致計算爲：

$$W \sim 2\left[\sqrt{\gamma_1^d \gamma_2^d} + \sqrt{\gamma_1^p \gamma_2^p}\right] \tag{9}$$

【0103】 以上方程式(9)中，僅考慮黏附能量之凡得瓦力(及/或氫鍵結)分量。此等分量包括極性-極性相互作用(Keesom)、極性-非極性相互作用(Debye)及非極性-非極性相互作用(London)。然而，亦可存在其他吸引能量，例如共價鍵結及靜電鍵結。因此，以更一般化之形式，將以上方程式寫爲：

$$W \sim 2\left[\sqrt{\gamma_1^d \gamma_2^d} + \sqrt{\gamma_1^p \gamma_2^p}\right] + w_c + w_e \tag{10}$$

其中 w_c 及 w_e 爲共價及靜電黏附能量。方程式(10)描述：黏附能量爲四個表面能量參數加共價及靜電能量(若存在)之函數。適當黏附能量可藉由選擇裂紋緩和層 130 材料以控制凡得瓦力(及/或氫)鍵結及/或共價鍵結來達成。

【0104】 對直接量測薄膜之黏著能量，包括裂紋緩和層 130 與玻璃基板 120 或膜 110 之間的黏著能量存在挑戰。對比而

言，兩塊玻璃之間黏結之黏結強度可藉由將薄刀片插入且量測裂縫長度來測定。在黏結至具有塗層或表面改質之較厚載體的薄玻璃的狀況下，黏結黏附能量 γ 藉由以下方程式與載體楊氏模數 E_1、載體厚度 t_{w1}、薄玻璃模數 E_2、薄玻璃厚度 t_{w2}、刀片厚度 t_b 及裂縫長度 L 相關，該方程式由以下方程式(11)給出。

$$\gamma = \frac{3t_b^2 E_1 t_{w1}^3 E_2 t_{w2}^3}{16L^4(E_1 t_{w1}^3 + E_2 t_{w2}^3)} \qquad (11)$$

方程式(11)可用於近似計算裂紋緩和層 130 與玻璃基板 120 或膜 110 之間的黏著能量(例如，分別於界面 150 及 160 處之黏著能量)。例如，兩個玻璃基板(例如，一個厚玻璃基板及一個薄玻璃基板)之間的黏著能量可使用方程式(11)量測以作爲對照。各種玻璃基板樣本可隨後藉由對對照玻璃基板(例如，厚載體基板)進行表面處理來製備。表面處理爲特定裂紋緩和膜 130 之示範例。在表面處理之後，將所處理玻璃基板隨後黏結至相當於用作對照的薄基板的薄玻璃基板。所處理樣本之黏著能量可隨後使用方程式(11)量測，且隨後與自對玻璃對照樣本之相當量測獲得的結果相比較。

【0105】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可形成不同於在膜 110 與玻璃基板 120 之間橋接的裂紋傳播之較佳路徑。換言之，裂紋緩和層 130 可偏轉形成於膜 110 及玻璃基板 120 之一中的裂紋，且朝膜 110 及玻璃基板 120 之另一者傳播至裂紋緩和層 130 中。在此等實施例中，裂紋可在實質

上平行於第一界面 150 或第二界面 160 之至少一者的方向上傳播穿過裂紋緩和層 130。如第 9A 圖所描繪，裂紋變成受限於裂紋緩和層 130 內之內聚失效 180。如本文所使用，術語「內聚失效」係關於實質上受限於裂紋緩和層 130 內之裂紋傳播。

【0106】 當如第 9 圖所示配置來生成內聚失效 180 時，裂紋緩和層 130 在此等實施例中提供用於裂紋傳播之較佳路徑。裂紋緩和層 130 可引起裂紋起源於膜 110 或玻璃基板 120，且進入裂紋緩和層 130 以保留於裂紋緩和層中。替代地或另外，裂紋緩和層 130 有效地限制起源於膜 110 及玻璃基板 120 之一的裂紋免於傳播至此膜及玻璃基板之另一者中。此等行爲可個別地或共同地表徵爲裂紋偏轉。以此方式，裂紋經偏轉免於在膜 110 與玻璃基板 120 之間橋接。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可提供低韌性層或界面，該低韌性層或界面展現低斷裂韌性及/或低臨界應變能量釋放率，其可促進裂紋偏轉至裂紋緩和層 130 中替代穿過裂紋緩和層而進入膜 110 及/或玻璃基板 120 中。如本文所使用，「促進」包括產生其中裂紋偏轉至裂紋緩和層 130 中替代傳播至玻璃基板 120 或膜 110 中之有利條件。「促進」亦可包括產生供裂紋傳播至裂紋緩和層 130 中及/或傳播穿過裂紋緩和層 130 替代傳播至玻璃基板 120 或膜 110 中之較小繚繞路徑。

【0107】 裂紋緩和層 130 可展現相對低的斷裂韌性以提供低韌性裂紋緩和層，如將在以下較詳細地描述。在此等實施例中，裂紋緩和層 130 可展現爲玻璃基板 120 或膜 110 之斷裂韌性之約 50%或小於 50%的斷裂韌性。在更特定實施例中，

裂紋緩和層 130 之斷裂韌性可爲玻璃基板 120 或膜 110 之斷裂韌性之約 25%或小於 25%。例如，裂紋緩和層 130 可展現約 1 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.75 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.5 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.4 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.3 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.25 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.2 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小、0.1 $MPa \cdot m^{1/2}$ 或更小，及其之間的所有範圍及子範圍之斷裂韌性。

【0108】 根據一或多個實施例，裂紋緩和層 130 可具有大於膜 110 之平均斷裂應變的平均斷裂應變。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可具有等於或大於約 0.5%、0.7%、1%、1.5%、2%或甚至 4%之平均斷裂應變。裂紋緩和層 130 可具有 0.6%、0.8%、0.9%、1.1%、1.2%、1.3%、1.4%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3%、3.2%、3.4%、3.6%、3.8%、5%或 6%或更大之平均斷裂應變。在一或多個實施例中，膜 110 可具有 1.5%、1.0%、0.7%、0.5%或甚至 0.4%或更小之平均斷裂應變(裂紋起始應變)。膜 110 可具有 1.4%、1.3%、1.2%、1.1%、0.9%、0.8%、0.6%、0.3%、0.2%, 0.1%或更小之平均斷裂應變。玻璃基板 120 之平均斷裂應變可大於膜 110 之平均斷裂應變，且在一些情況下，可大於裂紋緩和層 130 之平均斷裂應變。在一些特定實施例中，裂紋緩和層 130 可具有比玻璃基板高的平均斷裂應變，以最小化裂紋緩和層對玻璃基板之任何負面機械效應。

【0109】 根據一或多個實施例的裂紋緩和層 130 可具有大於膜 110 之臨界應變能量釋放率的臨界應變能量釋放率($G_{IC}=K_{IC}^2/E$)。在其他實例中，裂紋緩和層可展現小於玻璃基

板之臨界應變能量釋放率 0.25 倍或小於該臨界應變能量釋放率 0.5 倍之臨界應變能量釋放率。在特定實施例中，裂紋緩和層之臨界應變能量釋放率可爲約 0.1 kJ/m^2 或更小、約 0.09 kJ/m^2 或更小、約 0.08 kJ/m^2 或更小、約 0.07 kJ/m^2 或更小、約 0.06 kJ/m^2 或更小、約 0.05 kJ/m^2 或更小、約 0.04 kJ/m^2 或更小、約 0.03 kJ/m^2 或更小、約 0.02 kJ/m^2 或更小、約 0.01 kJ/m^2 或更小、約 0.005 kJ/m^2 或更小、約 0.003 kJ/m^2 或更小、約 0.002 kJ/m^2 或更小、約 0.001 kJ/m^2 或更小；但在一些實施例中，大於約 0.0001 kJ/m^2 (亦即，大於約 0.1 J/m^2)。

【0110】 裂紋緩和層 130 可具有大於玻璃基板 120 之折射率的折射率。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 之折射率可小於膜 110 之折射率。在一更特定實施例中，裂紋緩和層 130 之折射率可介於玻璃基板 120 之折射率與膜 110 之折射率之間。例如，裂紋緩和層 130 之折射率可在約 1.45 至約 1.95、約 1.5 至約 1.8 或約 1.6 至約 1.75 範圍內。替代地，裂紋緩和層可具有實質上與玻璃基板相同的折射率，或在可見波長範圍(例如，450 至 650 nm)之實質部分內大於或小於玻璃基板不超過 0.05 個折射率單位的折射率。

【0111】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 能夠耐受高溫製程。此等製程可包括真空沉積製程，諸如化學氣相沉積(例如，電漿增強化學氣相沉積)、物理氣相沉積(例如，反應性或非反應性濺鍍或雷射剝蝕)、熱蒸發或電子束蒸發及/或原子層沉積。在一或多個特定實施例中，裂紋緩和層能夠耐受真空沉積製程，其中安置於玻璃基板 120 上的膜 110 及/或其他膜

係經由真空沉積而沉積於裂紋緩和層 130 上。如本文所使用，術語「耐受」包括裂紋緩和層 130 對超過 100℃、200℃、300℃、400℃、500℃、600℃之溫度及可能甚至更大溫度之抵抗力。在一些實施例中，若在膜 110 及/或其他膜沉積於玻璃基板上(及裂紋緩和層 130 上)之後，裂紋緩和層 130 經歷 10%或更小、8%或更小、6%或更小、4%或更小、2%或更小或 1%或更小之重量損失，則裂紋緩和層 130 可視爲耐受真空沉積或溫度處理。裂紋緩和層經歷重量損失之沉積製程(或在沉積製程之後的測試)可包括約 100℃或更大、200℃更大、300℃或更大、400℃或更大之溫度；富集特定氣體(例如，氧、氮、氬等等)之環境；及/或其中可在高真空(例如 10^{-6} 托)下、在大氣條件下及/或在其之間的壓力(例如，10 mT)下執行沉積之環境。如將在本文中所論述，用於形成裂紋緩和層 130 之材料可針對其高溫耐性(亦即，能夠耐受諸如真空沉積製程之高溫製程)及/或其環境耐性(亦即，能夠耐受富集特定氣體或處於特定壓力下之環境)來特定地選擇。此等耐性可包括高溫耐性、高真空耐性、低真空除氣、對電漿或離子化氣體之高耐性、對臭氧之高耐性、對 UV 之高耐性、對溶劑之高耐性，或對酸或鹼之高耐性。在一些情況下，裂紋緩和層 130 可經選擇以通過根據 ASTM E595 之除氣試驗。在一或多個實施例中，包括裂紋緩和層 130 的物件可展現相較於不具有裂紋緩和層 130 之物件而言改良的平均撓曲強度。換言之，包括玻璃基板 120、膜 110 及裂紋緩和層 130 的物件展現比包括玻璃基板 120 及膜 110 但無裂紋緩和層 130 的物件大的平均撓曲

強度。

【0112】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可包括電漿聚合的聚合物。電漿聚合包括薄聚合物膜於大氣壓或減壓下及電漿激發(例如，DC 或 RF 平行板、感應耦合電漿 (ICP)電子迴旋共振(ECR)下游微波或 RF 電漿)下自源氣體之沉積。示範性源氣體包括氟碳化合物(包括 CF_4、CHF_3、C_2F_6、C_3F_6、C_2F_2、CH_3F、C_4F_8、氟氯化碳或氫氟氯化碳)；烴類，例如烷烴(包括甲烷、乙烷、丙烷、丁烷)氣源、烯烴(包括乙烯、丙烯)、炔烴(包括乙炔)，以及芳族化合物(包括苯、甲苯)；氫；以及其他氣體源，例如 SF_6。電漿聚合產生高度交聯材料之層。對反應條件及源氣體之控制可用於控制膜厚度、密度及化學性質，以特製用於所要應用之官能基。

【0113】 在一或多個實施例中，電漿聚合的聚合物可包括以下一或多者：電漿聚合的氟聚合物、電漿聚合的烴聚合物、電漿聚合的矽氧烷聚合物及電漿聚合的矽烷聚合物。在電漿聚合的聚合物包括電漿聚合的氟碳化合物的情況下，此材料可爲如上所述的形成自聚合物形成氟碳化合物源氣體以及氟化蝕刻劑之真空沉積材料。因此，在一些實施例中，裂紋緩和層可包括氟。氟可來源於含氟氣體(例如，CHF_3、C_4F_8、CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3及 SF_6)。在此等實施例中，氟碳化合物源氣體及氟化蝕刻劑順序地或同時地流動以達成所要層及層之厚度。

【0114】 在一或多個實施例中，電漿聚合的烴可包括形成自揮發性氣體及視需要氫之真空沉積材料。揮發性氣體可包括

烷烴(C_nH_{2n+2})、烯烴(C_nH_{2n})、炔烴(C_nH_{2n-2})或其組合，其中 $n<8$。在利用電漿聚合的矽烷聚合物之實施例中，此材料可爲真空沉積材料，且可由矽烷來源材料及視需要氧化劑形成。矽烷來源材料可包括調配物 R_xSiX_{4-x}，其中 R 爲烷基或芳基有機基團，且 X 包含氫、鹵化物或烷氧基之一。可選氧化劑可包括氧、臭氧、氧化亞氮、二氧化碳、水蒸氣、過氧化氫及/或其組合。

【0115】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可包括矽烷，其不同於電漿聚合的矽烷聚合物。在一或多個實施例中，矽烷可包括溶液沉積矽烷及/或氣相沉積矽烷，其無需使用電漿而形成。矽烷可包括脂族矽烷及/或芳族矽烷。在一些實施例中，矽烷可包括調配物 R_xSiX_{4-x}，其中 R 包含氟、烷基或視需要氟化或氯化芳基有機基團，且 X 包含鹵化物或烷氧基。

【0116】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層可包括金屬，諸如 Al、Cu、Ti、Fe、Ag、Au 或其他類似金屬及其組合。在一些實施例中，極薄的金屬膜(例如，在約 1 nm 至約 100 nm、約 1 nm 至約 50 nm 及/或約 1 nm 至約 10 nm 範圍內)可用於改質一或多個界面處之黏附性，同時維持相對高的光學透射率(例如，大於 50%或大於 80%光學透射率)。

【0117】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可包括:多孔氧化物，諸如 SiO_2、SiO、SiO_x、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Nb_2O_5、Ta_2O_5、GeO_2及此項技術中已知的類似材料；本文其他處所提及的多孔型式的膜，例如多孔氧化銦錫、多孔氧鋁鋅或多孔氟化氧化錫；多孔氮化物或碳化物，例如 Si_3N_4、AlN、TiN、

TiC；多孔碳氧化物及氮氧碳化物，例如 SiC_xO_y 及 $SiC_xO_yN_z$；多孔半導體，諸如 Si 或 Ge；多孔氮氧化物，諸如 SiO_xN_y、AlO_xN_y 或 $SiAl_xO_yN_z$；多孔金屬，諸如 Al、Cu、Ti、Fe、Ag、Au 及其他金屬。

【0118】 在一些狀況下，裂紋緩和層 130 包括無機材料。無機材料可包括金屬氟化物(例如，CaF_2、BaF_2、AlF_3、MgF_2、SrF_2、LaF_3 及鑭系三氟化物)。在一些實施例中，裂紋緩和層 130 包括兩個或兩個以上金屬氟化物。用於裂紋緩和層 130 之金屬氟化物可藉由各種方法作爲離散膜沉積於玻璃基板 120 上，該等方法包括但不限於各種真空沉積技術，例如電子束蒸發。有利地，用於裂紋緩和層 130 之離散金屬氟化物膜及其他無機材料可使用此等真空沉積技術作爲離散膜來原位沉積，隨後沉積膜 110。清潔度可在此等多個膜沉積序列期間得以維持。另外，製造時間可藉由在單一真空腔室中將多個膜沉積於玻璃基板 120 上得以減少。

【0119】 裂紋緩和層 130 中所含的無機材料亦可包括至少部分地得自玻璃基板 120 之反應產物。在此等實施例中之一些實施例中，裂紋緩和層 130 可經由電漿聚合的聚合物於玻璃基板 120 上之沉積及/或在玻璃基板 120 之表面中(例如，在界面 150 處)某些玻璃成分之選擇性蝕刻來生成。在一些狀況下，沉積及/或蝕刻使用低壓電漿處理(例如，約 50 mT)來執行。根據一些實施例，含氟源氣體係用於生成電漿聚合的聚合物及/或蝕刻玻璃基板 120，該等含氟源氣體包括但不限於 CHF_3、C_4F_8、CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3 及 SF_6。

【0120】 如第 10A 圖及第 10B 圖所描繪，在一些示範性實施例中，CHF_3 與 CF_4 之間的相對比率可經控制以實現裂紋緩和層 130 之電漿輔助沉積及/或玻璃基板 120 之蝕刻，從而形成或生成裂紋緩和層 130。高百分比之 CF_4 (亦即，第 10A 圖及第 10B 圖之 x 軸上的 $CF_4/(CF_4+CHF_3)$接近 1.0 及/或超過 1.0)例如可用於自玻璃之表面有效地蝕刻 Si 及 B，而同時氟化亦存在於玻璃之表面處的 Al、Ca 及 Mg。此等氟化物及其他氟化物之開發可減少裂紋緩和層 130 與玻璃基板 120 及膜 110 之間的黏著能量。高百分比之 CHF_3 (亦即，第 10A 圖及第 10B 圖之 x 軸上的 $CF_4/(CF_4+CHF_3)$接近 0)例如可用於在玻璃基板 120 之表面處生成富碳氟聚合物層或區域，從而用作裂紋緩和層 130。的確，第 10A 圖證明當純 CHF_3 用於裂紋緩和層 130 之電漿輔助生成時相對高含量之碳。此外，用作裂紋緩和層 130 之此等富碳氟聚合物膜及其他聚合物膜之生成亦可減少層 130 與玻璃基板 120 及膜 110 之間的黏著能量。

【0121】 在其他實施例中，含氟蝕刻劑氣體(例如，CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3 及 SF_6)可用與電漿輔助處理一起使用以自玻璃基板 120 之表面處存在的 SiO_2 及 B_2O_3 蝕刻 Si 及/或 B。同時，此等蝕刻劑可氟化玻璃基板 120 中之 Al_2O_3、CaO 及 MgO 成分中的 Al、Ca 及/或 Mg。此等金屬氟化物(AlF_x、CaF_x 及/或 MgF_x)自基板內原始含有的金屬之生成，及/或裂紋緩和層 130 中之 SiO_2 及 B_2O_3 之量的減少可甚至在後續高溫處理之後減少玻璃基板 120 與膜 110 之間的總體黏著能量。此外，含氟聚合物形成氣體(例如，CHF_3、C_4F_8)可用於在玻璃基板 120

之表面處生成氟聚合物膜及/或區域以形成裂紋緩和層 130。經由此等含氟氣體之不同組成物產生的此等金屬氟化物及氟聚合物膜之組合亦可用於在玻璃基板 120 之表面處產生膜及/或區域，從而可充當裂紋緩和層 130。以此方式形成的裂紋緩和層 130 亦可減少玻璃基板 120 與膜 110 之間的總體黏著能量，從而具有對含有此等基板及膜的物件之後續熱處理及/或與膜 110 之產生相關聯的高溫的有限敏感度。

【0122】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可爲連續層或不連續層。在裂紋緩和層爲不連續層的情況下，安置有裂紋緩和層 130 之第一相反表面 122 可包括暴露區域 132 (或不包括裂紋緩和層 130 的區域)及包括裂紋緩和層 130 之區域，如第 5A 圖至第 5C 圖所示。裂紋緩和層 130 之圖案可包括由暴露區域 132 (或不包括裂紋緩和層 130的區域)圍繞的材料之離散島狀物，如第 5B 圖所示。或者，裂紋緩和層 130 可形成材料之連續矩陣，其中暴露區域 132 (或不包括裂紋緩和層 130 的區域)由裂紋緩和層 130 圍繞，如第 5C 圖所示。裂紋緩和層 130 可覆蓋第一相反表面 122 之區域的約 50%、約 60%、約 70%、約 80%、約 90%或約 100%。裂紋緩和層 130 之厚度可沿安置該裂紋緩和層 130 之第一相反表面的實質上全部區域爲均勻的。在一或多個替代實施例中，裂紋緩和層之厚度可改變來提供較小厚度之區域及較大厚度之區域。厚度之變化可在裂紋緩和層爲連續或不連續的情況下存在。

【0123】 裂紋緩和層 130 可藉由各種方法安置於膜 110 與玻璃基板 120 之間。裂紋緩和層 130 可使用真空沉積技術來安

置，該等真空沉積技術例如化學氣相沉積(例如，電漿增強化學氣相沉積、大氣壓化學氣相沉積或電漿增強大氣壓化學氣相沉積)、物理氣相沉積(例如，反應性或非反應性濺鍍、熱蒸發、電子束蒸發或雷射剝蝕)、熱蒸發、電阻蒸發或電子束蒸發及/或原子層沉積。一或多個實施例之裂紋緩和層 130 可展現較高溫度耐性、對 UV 臭氧或電漿處理之穩固性、UV 透明度、對環境老化之穩固性、真空中之低除氣及類似物。在其中膜亦藉由真空沉積形成的情況下，裂紋緩和層及膜兩者可形成在相同或類似真空沉積腔室，或使用相同或類似塗佈設備來形成。

【0124】 裂紋緩和層 130 亦可使用基於液體之沉積技術來安置，該等基於液體之沉積技術例如溶膠-凝膠塗佈或聚合物塗佈方法，尤其例如，旋塗、噴塗、狹槽拉伸塗佈、滑塗、繞線桿塗佈、刀片/刮刀塗佈、氣刀塗佈、簾幕式塗佈、輥塗、凹版塗佈及輥塗，及此項技術中已知的其他方法。

【0125】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 可包括多孔層，或更確切而言奈米多孔層。如本文所使用，術語「奈米多孔」包括具有傳統定義「孔隙」(例如，開口或空隙)之材料，且亦包括由比具有相同或類似化學組成物之全緻密材料所預期低的密度或低的彈性模數所表徵的材料。因此，奈米多孔層中之「孔隙」可採取以下形式：柱狀空隙、原子空位、球形孔隙、晶粒與粒子之間的間隙、低或變化密度之區域或導致奈米多孔層之密度或彈性模數宏觀降低的任何其他幾何形狀。對具有奈米尺度孔隙及無光散射或具有極低光散射之材

料而言，孔隙率之體積分數可使用已知方法由折射率量測值來估算。在一或多個實施例中，孔隙率之體積分數可大於約5%、大於約10%或大於約20%。在一些實施例中，孔隙率之體積分數可小於約90%或小於約60%，以保存奈米多孔層於處置及最終使用期間之機械耐久性。

【0126】 奈米多孔層可大體上爲光學透明的且無光散射，例如具有10%或更小、9%或更小、8%或更小、7%或更小、6%或更小、5%或更小、4%或更小、3%或更小、2%或更小、1%或更小及其之間的所有範圍及子範圍之光學透射渾濁度。奈米多孔層之透射渾濁度可藉由控制如本文所定義的孔隙之平均大小來控制。奈米多孔層中之示範性平均孔徑可包括200 nm或更小、100 nm或更小、90 nm或更小、80 nm或更小、70 nm或更小、60 nm或更小、50 nm或更小、40 nm或更小、30 nm或更小、20 nm或更小、10 nm或更小、5 nm或更小及其之間的所有範圍及子範圍。此等孔徑可由光散射量測值估算，或使用透射電子顯微術(TEM)及其他已知方法直接分析。

【0127】 在一或多個實施例中，裂紋緩和層130中之奈米多孔層可包括無機材料。奈米多孔層中之無機材料可包括金屬及/或在一些狀況下包括氟。根據一些實施例，奈米多孔層中之無機材料可包括金屬氟化物(例如，CaF_2、BaF_2、AlF_3、MgF_2、SrF_2、LaF_3、YF_3及鑭系三氟化物)。呈奈米多孔層形式之裂紋緩和層(例如裂紋緩和層130)中含有的無機材料亦可包括至少部分地得自基板(例如，玻璃基板120)之反應產物。在一或多個特定實施例中，裂紋緩和層僅包括奈米多孔層且

爲整體奈米多孔的。奈米多孔層可包括無機材料且可替代地排除有機材料。在一或多個實施例中，裂紋緩和層可包括展現低固有膜應力之無機奈米多孔層。在特定實施例中，此等裂紋緩和層可使用控制裂紋緩和層中之固有膜應力之技術(例如，真空沉積)來形成(相對於例如一些溶膠-凝膠塗佈製程)。對固有膜應力之控制亦可允許對諸如裂紋緩和層之斷裂應變的其他機械性質的控制。

【0128】 裂紋緩和層之孔隙率及機械性質可使用小心地控制沉積方法，諸如小心地控制真空腔室中氣體之輕微超壓、低溫沉積、沉積速率控制及電漿及/或離子束能量改質來控制。儘管常用氣相沉積方法，但是其他已知方法可用於提供具有所要孔隙率及/或機械性質之裂紋緩和層。例如，包括奈米多孔層的裂紋緩和層亦可藉由濕式化學方法或溶膠-凝膠方法來形成，該等方法諸如旋塗、浸塗、狹槽/狹縫塗佈、輥塗、凹版塗佈及噴塗。孔隙率可藉由使用以下者來引入濕式塗佈奈米多孔層：孔隙成形劑(諸如，嵌段聚合物孔隙成形劑)，該孔隙成形劑隨後會溶解或熱分解；相分離方法；或鑄製微粒或奈米微粒層，其中粒子之間的間隙部分地保留爲空隙。

【0129】 在一些實施例中，奈米多孔層可展現與玻璃基板及/或膜及/或額外層(如本文所述的)類似的折射率，以便最小化光學干涉效應。另外或替代地，奈米多孔層可展現經微調以達成抗反射干涉效應之折射率。奈米多孔層之折射率可藉由控制奈米多孔層之奈米孔隙率而稍微工程化。例如，在一些狀況下，合乎需要的可爲選擇具有相對高折射率之材料，諸

如 Al_2O_3、TiO_2、Nb_2O_5、Si_3N_4 或 AlN，當將該等材料製成具有目標孔隙率級別之奈米多孔層時，其可展現在約 1.4 至約 1.8 範圍內或近似玻璃基板的折射率(例如，在約 1.45 至約 1.6 範圍內)之中間折射率。奈米多孔層之折射率可與使用此項技術中已知的「有效折射率」模型的孔隙率水平有關。

【0130】 裂紋緩和層 130 之厚度(其包括在裂紋緩和層之厚度改變的情況下之平均厚度)可在約 0.001 μm 至約 10 μm (1 nm 至 10,000 nm)範圍內，或在約 0.005 μm 至約 0.5 μm (5 nm 至約 500 nm)範圍內、在約 0.01 μm 至約 0.5 μm (10 nm 至約 500 nm)範圍內、在約 0.02 μm 至約 0.2 μm (20 nm 至約 200 nm)範圍內；然而在一些狀況下，膜可更薄，例如，裂紋緩和層 130 可爲單分子「單層」，其具有約 0.1nm 至約 1nm 之厚度。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 之厚度在以下範圍內：約 0.02 μm 至約 10 μm、約 0.03 μm 至約 10 μm、約 0.04 μm 至約 10 μm、約 0.05 μm 至約 10 μm、約 0.06 μm 至約 10 μm、約 0.07 μm 至約 10 μm、約 0.08 μm 至約 10 μm、約 0.09 μm 至約 10 μm、約 0.1 μm 至約 10 μm、約 0.01 μm 至約 9 μm、約 0.01 μm 至約 8 μm、約 0.01 μm 至約 7 μm、約 0.01 μm 至約 6 μm、約 0.01 μm 至約 5 μm、約 0.01 μm 至約 4 μm、約 0.01 μm 至約 3 μm、約 0.01 μm 至約 2 μm、約 0.01 μm 至約 1 micron、約 0.02 μm 至約 1 micron、約 0.03 至約 1 μm、約 0.04 μm 至約 0.5 μm、約 0.05 μm 至約 0.25 μm 或約 0.05 μm 至約 0.15 μm。在一或多個特定實施例中，裂紋緩和層之厚度可爲約 30 nm 或更小、約 20 nm 或更小、約 10 nm 或更小、約 5 nm

或更小、約 4 nm 或更小、約 3 nm 或更小、約 2 nm 或更小或約 1 nm 或更小。

【0131】 在一或多個實施例中，玻璃基板 120、膜 110 及/或裂紋緩和層 130 之厚度可相對於彼此加以指定。例如，裂紋緩和層可具有小於或等於膜之厚度的約 10 倍之厚度。在另一實例中，在膜 110 具有約 85 nm 之厚度的情況下，裂紋緩和層 130 可具有約 850 nm 或更小之厚度。在另一實例中，裂紋緩和層 130 之厚度可在約 35 nm 至約 80 nm 範圍內，且膜 110 可具有在約 30 nm 至約 300 nm 範圍內之厚度。在一個變體中，裂紋緩和層可具有小於或等於膜之厚度的約 9 倍、8 倍、7 倍、6 倍、5 倍、4 倍、3 倍或兩倍之厚度。在另一變體中，膜之厚度及裂紋緩和膜之厚度各自小於約 10 μm、小於約 5 μm、小於約 2 μm、小於約 1 μm、小於約 0.5 μm 或小於約 0.2 μm。在一些實施例中，裂紋緩和層 130 厚度與膜 110 厚度之比率可在約 1:1 至約 1:8 範圍內、在約 1:2 至約 1:6 範圍內、在約 1:3 至約 1:5 範圍內或在約 1:3 至約 1:4 範圍內。在另一變體中，裂紋緩和層之厚度小於約 0.1 μm，且膜之厚度大於裂紋緩和層。

【0132】 物件之一或多個實施例包括裂紋緩和層 130，該裂紋緩和層 130 包含電漿聚合的聚合物、矽烷、金屬或其組合。在此等實施例中，當利用裂紋緩和層 130 時，膜 110 維持功能性質(例如，光學性質、電氣性質及機械性質)，且物件 100 留存其平均撓曲強度。在此等實施例中，膜 110 可包括一或多個透明導電氧化物層，諸如氧化銦錫層或防刮層，諸如

AlO_xN_y、AlN 及其組合。此外，玻璃基板 120 可經強化，或更確切而言經化學強化。

【0133】 另外或替代地，膜 110 及裂紋緩和層 130 形成堆疊，該膜 110 包括以下一或多者：氧化銦錫層、防刮層(例如，AlO_xN_y、AlN 及其組合)、易清潔層、抗反射層、抗指紋層及類似層，且該裂紋緩和層 130 包含電漿聚合的聚合物、矽烷、金屬或其組合，其中該堆疊具有總體低光學反射率。例如，此堆疊之總體(或總)反射率可跨於 450 nm 至 650 nm、420 nm 至 680nm 或甚至 400 nm 至 700nm 之可見波長範圍爲 15%或更小、10%或更小、8%或更小、7%或更小、6.5%或更小、6%或更小、5.5%或更小。在一些實施例中，以上反射率數可呈現爲包括來自一個裸露(或未塗佈)玻璃界面之反射率，該反射率爲該未塗佈玻璃界面單獨而言的大致 4%反射率，或可表徵爲玻璃基板之第一主表面及安置於第一主表面上的膜及層(及相關聯界面)之反射率(排除來自玻璃基板之未塗佈第二主表面之 4%反射率)。在玻璃基板之一或多個主表面由典型封裝劑(亦即，額外膜或層)覆蓋的一些狀況下，單獨來自膜堆疊結構與膜-玻璃塗佈界面(減去未塗佈玻璃界面之反射率)之反射率可跨於 450 nm 至 650 nm、420 nm 至 680nm 或甚至 400 nm 至 700nm 之可見波長範圍爲小於約 5%、4%、3%、2%或甚至小於約 1.5%，該封裝劑具有約 1.45- 1.65 之封裝劑折射率。此外，堆疊結構可展現高光學透射率，根據一般關係：透射率 = 100%-反射率-吸收率，該高光學透射率指示低反射率及低吸收率兩者。堆疊結構之透射率值(當忽略與單獨玻璃基板或封

裝劑層相關聯的反射率及吸收率時)可跨於 450 nm 至 650 nm、420 nm 至 680nm 或甚至 400 nm 至 700nm 之可見波長範圍爲大於約 75%、80%、85%、90%、95%或甚至 98%。

【0134】 物件之一或多個實施例包括裂紋緩和層 130，其包含奈米多孔、氣相沉積 SiO_2。在此等實施例中，當利用裂紋緩和層 130 時，膜 110 維持功能性質(例如，光學性質、電氣性質及機械性質)，且物件 100 留存其平均撓曲強度，或相對於包含膜 110 及玻璃基板 120 而不具有裂紋緩和層 130 的類似物件具有改良平均撓曲強度。在此等實施例中，膜 110 可包括一或多個透明導電氧化物層，諸如氧化銦錫層、防刮層、易清潔層、抗反射層、抗指紋層及類似物。此外，玻璃基板 120 可經強化，或更確切而言經化學強化。在此實施例中，由於本文其他處提及的溫度、真空及環境耐性因素，本文所述的裂紋緩和層之使用可用於一些應用。

【0135】 物件 100 之光學性質可藉由改變膜 110、裂紋緩和層 130 及/或玻璃基板 120 之一或多種性質來調整。例如，在約 400 nm 至約 700 nm 之可見波長範圍內，物件 100 可展現 15%或更小、10%或更小、8%或更小、7%或更小、6.9%或更小、6.8%或更小、6.7%或更小、6.6%或更小、6.5%或更小、6.4%或更小、6.3%或更小、6.2%或更小、6.1%或更小及/或 6%或更小之總反射率。範圍可如上文所指定來進一步改變，且單獨膜堆疊/塗佈玻璃界面之範圍在上文中列出。在更特定實施例中，本文所述的物件 100 可展現比不具有裂紋緩和層 130 之物件低的平均反射率及大的平均撓曲強度。在一或多個替

代實施例中，物件 100 之光學性質、電氣性質或機械性質中之至少兩種可藉由改變玻璃基板 120、膜 110 及/或裂紋緩和層 130 之厚度來調整。另外或替代地，物件 100 之平均撓曲強度可藉由改質玻璃基板 120、膜 110 及/或裂紋緩和層 130 之厚度來調整或改良。

【0136】 物件 100 可包括安置於玻璃基板上之一或多個額外膜。在一或多個實施例中，一或多個額外膜可安置於膜 110 上或與膜相對的主表面上。額外膜可安置成與膜 110 直接接觸。在一或多個實施例中，額外膜可定位於:1)玻璃基板 120 與裂紋緩和層 130 之間；或 2)裂紋緩和層 130 與膜 110 之間。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 及膜 110 兩者可定位於玻璃基板 120 與額外膜之間。額外膜可包括防護層、黏著層、平面化層、防彈層、光學黏結層、顯示層、極化層、光吸收層、反射改質干涉層、防刮層、障壁層、鈍化層、密封層、擴散阻斷層及其組合，及執行此等或相關功能的此項技術中已知的其他層。適合防護或障壁層之實例包括含有 SiO_x、SiN_y、SiO_xN_y、其他類似材料及其組合之層。此等層亦可經改質以匹配或補充膜 110、裂紋緩和層 130 及/或玻璃基板 120 之光學性質。例如，防護層可經選擇以具有與裂紋緩和層 130、膜 110 或玻璃基板 120 類似的折射率。一般技藝人士應明白，可出於各種理由來插入具有變化折射率及/或厚度之多個額外膜。額外膜(以及裂紋緩和層 130 及膜 110)之折射率、厚度及其他性質可在不脫離本揭示內容之精神的情況下經進一步改質及最佳化。例如，在其他狀況下，可使用替代

膜設計，其中裂紋緩和層 130 可具有比膜高的折射率。

【0137】 在一或多個實施例中，所描述物件 100 可用於資訊顯示裝置及/或觸控感測裝置。在一或多個替代實施例中，物件 100 可爲積層結構之部分，例如作爲欲用於汽車或飛機窗戶之玻璃-聚合物-玻璃積層安全性玻璃。用作此等積層體中之間層的示範性聚合物材料爲 PVB (聚乙烯丁醛)，且存在可使用的此項技術中已知的許多其他間層材料。此外，存在用於積層玻璃之結構的各種選擇，其不受特定限制。物件 100 可在最終應用中爲彎曲或成形的，該最終應用例如作爲汽車擋風玻璃、遮陽板或側窗。物件 100 之厚度可出於設計或機械理由而改變；例如，物件 100 可在邊緣處比在物件之中心處厚。物件 100 可經酸拋光或以其他方式處理來移除或減少表面瑕疵之效應。

【0138】 本揭示內容之第二態樣係關於利用本文所述的物件之蓋玻璃應用。在一或多個實施例中，蓋玻璃可包括積層物件，該積層物件具有：玻璃基板 120 (其可爲強化或未強化的)；防刮膜，其包括硬質材料，諸如 AlO_xN_y、AlN、SiO_xN_y、$SiAl_vO_xN_y$、Si_3N_4及其組合；以及裂紋緩和層 130。積層物件可包括一或多個額外膜，以用於減少反射及/或在積層物件上提供易清潔或抗指紋表面。

【0139】 本揭示內容之另一態樣係關於包括本文所述的物件之觸摸感應裝置。在一或多個實施例中，觸摸感測器裝置可包括玻璃基板 120 (其可爲強化或未強化的)、包含透明導電氧化物之膜 110 及裂紋緩和層 130。透明導電氧化物可包括氧化

銦錫、氧化鋁鋅、氟化氧化錫或此項技術中已知的其他透明導電氧化物。在一或多個實施例中，膜 110 係不連續地安置於玻璃基板 120 上。換言之，膜 110 可安置於玻璃基板 120 之離散區域上。具有膜之離散區域形成圖案化或塗佈區域(未圖示)，而不具有膜之離散區域形成未圖案化或未塗佈區域(未圖示)。在一或多個實施例中，圖案化或塗佈區域及未圖案化或未塗佈區域係藉由以下方式形成：將膜 110 連續地安置於玻璃基板 120 之表面上，且隨後選擇性地蝕刻移除離散區域中之膜 110，以便在彼等離散區域中不存在膜 110。膜 110 可使用蝕刻劑來蝕刻移除，該蝕刻劑諸如呈水溶液之 HCl 或 $FeCl_3$，諸如來自 Transene Co .之市售 TE- 100 蝕刻劑。在一或多個實施例中，裂紋緩和層 130 不因蝕刻劑而顯著降解或移除。替代地，膜 110 可選擇性地沉積於玻璃基板 120 之表面之離散區域上，以形成圖案化或塗佈區域及未圖案化或未塗佈區域。

【0140】 在一或多個實施例中，未塗佈區域具有類似於塗佈區域之總反射率的總反射率。在一或多個特定實施例中，未圖案化或未塗佈區域具有跨於約 450 nm 至約 650 nm、約 420 nm 至約 680nm 或甚至約 400 nm 至約 700nm 之可見波長範圍的總反射率，該總反射率與圖案化或塗佈區域之總反射率相差約 5%或更小、4.5%或更小、4%或更小、3.5%或更小、3%或更小、2.5%或更小、2.0%或更小、1.5%或更小或甚至 1%或更小。

【0141】 根據本揭示內容之另一態樣，包括裂紋緩和層 130

及膜 110 兩者的物件 100 展現對此等物件於觸摸感測裝置中之使用可接受的電阻率，該膜 110 可包括氧化銦錫或其他透明導電氧化物。在一或多個實施例中，當存在於本文揭示的物件中時膜 110 展現約 100 歐姆/平方或更小、80 歐姆/平方或更小、50 歐姆/平方或更小或甚至 30 歐姆/平方或更小的片材抵抗力。在此等實施例中，膜可具有約 200 nm 或更小、150 nm 或更小、100 nm 或更小、80 nm 或更小、50 nm 或更小或甚至 35 nm 或更小之厚度。在一或多個特定實施例中，當存在於物件中時此等膜展現 10×10^{-4} 歐姆-cm 或更小、8×10^{-4} 歐姆-cm 或更小、5×10^{-4} 歐姆-cm 或更小或甚至 3×10^{-4} 歐姆-cm 或更小之電阻率。因此，當存在於本文揭示的物件 100 中時膜 110 可有利地維持用於觸摸感測器應用(包括投射式電容式觸摸感測器裝置)中之透明導電氧化物膜及其他此等膜所預期的電氣及光學效能。

【0142】 本文之揭示內容亦可應用於具有不爲交互式的物件或用於顯示器之物件；例如，此等物件可用於殼體，其中裝置具有玻璃前側及背側，該玻璃前側用於顯示且可爲交互式的，且該背側可在最廣義上稱爲「裝飾性的」，此意謂背部可「漆塗」一些色彩，加以藝術加工或附上關於製造商、模型及序列號之資訊、紋理或其他特徵。

【0143】 本揭示內容之另一態樣係關於一種形成物件 100 之方法。在一或多個實施例中，此等方法包括以下步驟：提供玻璃基板 120、將膜 110 安置於玻璃基板之第一主表面以在其之間產生有效界面，以及控制有效界面之有效黏附能量。在

一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：控制有效黏附能量小於約 4 J/m^2。在一或多個實施例中，控制有效黏附能量包括在安置膜之前將裂紋緩和層 130 安置於玻璃基板 120 之表面(例如，主表面 122、124 及/或一或多個次表面之一或多者)上。換言之，控制有效黏附能量包括將裂紋緩和層 130 安置於膜 110 與玻璃基板 120 之間。

【0144】 在形成物件 100 之方法中，裂紋緩和層 130 可包括氟，且在一些狀況下可進一步包括金屬。根據一些實施例，裂紋緩和層 130 包括金屬氟化物。裂紋緩和層 130 亦可包括含有氟的無機金屬-氟化物化合物。在一些實施例中，氟可來源於一或多種含氟氣體(例如，CHF_3、C_4F_8、CF_4、C_2F_6、C_3F_8、NF_3 及 SF_6)。根據形成物件 100 之方法的一些其他實施例，用於控制界面之有效黏附能量之步驟可包括以下步驟：在含氟氣體與基板(例如，玻璃基板 120)之間實現反應，以使得裂紋緩和層 130 中之金屬至少部分地得自基板。

【0145】 在一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：經由真空沉積製程安置膜 110 及/或裂紋緩和層 130。在特定實施例中，此等真空沉積製程可利用至少約 100℃、200℃、300℃、400℃ 及其之間的所有範圍及子範圍之溫度。在一些實施例中，裂紋緩和層 130 可藉由濕式製程來形成。

【0146】 在一或多個特定實施例中，該方法包括以下步驟：控制裂紋緩和層 130 及/或膜 110 之厚度。控制本文揭示的裂紋緩和層及/或膜之厚度可藉由以下方式執行：控制用於形成裂紋緩和層及/或膜之一或多種製程，以便施加具有所要或所

定義厚度之裂紋緩和層及/或膜。在一更加特定實施例中，該方法包括以下步驟：控制裂紋緩和層 130 及/或膜 110 之厚度以維持玻璃基板 120 之平均撓曲強度及/或膜 110 之功能性質。

【0147】 在一或多個替代實施例中，該方法包括以下步驟：控制裂紋緩和層 130 及/或膜之連續性。控制裂紋緩和層 130 之連續性可包括形成連續裂紋緩和層且移除裂紋緩和層之所選部分以產生不連續裂紋緩和層。在其他實施例中，控制裂紋緩和層之連續性可包括選擇性地形成裂紋緩和層，以形成不連續裂紋緩和層。此等實施例可使用遮罩、蝕刻劑及其組合來控制裂紋緩和層之連續性。

【0148】 在一或多個替代實施例中，該方法包括以下步驟：當裂紋緩和層 130 安置於玻璃基板 120 上時但在膜 110 之沉積之前，控制裂紋緩和層 130 之表面能量。在此中間建造階段時控制裂紋緩和層之表面能量可適用於建立可重複製造製程。在一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：控制裂紋緩和層 130 之表面能量(如當裂紋緩和層 130 未受覆蓋且暴露至空氣時所量測)小於約 70 mJ/m^2 或更小、60 mJ/m^2 或更小、50 mJ/m^2 或更小、40 mJ/m^2 或更小、30 mJ/m^2 或更小、20 mJ/m^2 或更小，但在一些狀況下大於約 15 mJ/m^2。在一或多個實施例中，前述表面能量值及範圍包括極性及分散分量，且可藉由將由 S. Wu (1971)開發的已知理論模型與三種試驗液體：水、二碘甲烷及十六烷之三種接觸角加以擬合來量測。(參考文獻：S. Wu, *J. Polym. Sci* C, 34, 19, 1971)。

【0149】 在一或多個實施例中，該方法可包括以下步驟：在

裂紋緩和層 130 中產生孔隙率。該方法可視需要包括以下步驟：控制裂紋緩和層之孔隙率，如本文另外所述。該方法可進一步包括以下步驟：經由控制裂紋緩和層之沉積及製造製程來控制裂紋緩和層及/或膜之固有膜應力。

【0150】 該方法可包括以下步驟：將如本文所述的額外膜安置於玻璃基板 120 上。在一或多個實施例中，該方法可包括以下步驟：將該額外膜安置於玻璃基板上以使得該額外膜安置於玻璃基板 120 與裂紋緩和層 130 之間、於裂紋緩和層 130 與膜 110 之間，或使得膜 110 介於裂紋緩和層 130 與該額外膜之間。替代地，該方法可包括以下步驟：將該額外膜安置於玻璃基板 120 的與安置有膜之表面相對的主表面上。

【0151】 在一或多個實施例中，該方法包括以下步驟：在將裂紋緩和層 130、膜 110 及/或額外膜安置於玻璃基板上之前或之後強化玻璃基板 120。玻璃基板 120 可經化學強化或以其他方式強化。玻璃基板 120 可在將裂紋緩和層 130 安置於玻璃基板 120 上之後但在將膜 110 安置於玻璃基板上之前予以強化。玻璃基板 120 可在將裂紋緩和層 130 及膜 110 安置於玻璃基板 120 上之後但在將額外膜(若存在)安置於玻璃基板上之前予以強化。在不利用額外膜的情況下，玻璃基板 120 可在將裂紋緩和層 130 及膜 110 安置於玻璃基板上之後予以強化。

【0152】 以下實例表示本揭示內容之某些非限制性實施例。

【0153】 實例 1A 至 1E。

【0154】 實例 1A 至 1E 係藉由提供包括以下者之組成物的玻

璃基板來：61 mol %≤SiO_2≤75 mol%；7 mol %≤Al_2O_3≤15 mol%；0 mol%≤B_2O_3≤12 mol%；9 mol %≤Na_2O≤21 mol%；0 mol %≤K_2O≤4 mol%；0 mol%≤MgO≤7 mol%；0 mol%≤CaO≤3 mol%及 0 mol%≤SnO_2≤1 mol%。玻璃基板具有 0.7 mm 之厚度。玻璃基板藉由離子交換強化來提供約 690 MPa 之表面壓縮應力(CS)及約 24 μm 之壓縮層深度(DOL)。離子交換製程係藉由將玻璃基板浸沒於熔融硝酸鉀(KNO_3)浴中來進行，該浴係加熱至在約 350℃至 450℃範圍內之溫度。將玻璃基板浸沒於浴中達 3 小時至 8 小時之持續時間，以達成表面 CS 及壓縮 DOL。在完成離子交換製程之後，將實例 1A 至 1E 之玻璃基板於具有約 50℃之溫度的 2%濃度 KOH 清潔劑溶液中清潔，該清潔劑係由 Semiclean KG 供應。

【0155】 使用 ICP 腔室將包括電漿聚合的氟聚合物的裂紋緩和層安置於實例 1C 至 1E 之強化玻璃基板上。在約 25℃之溫度下，使用分別以 40 sccm 及 20 sccm 流動的 C_4F_8 氣體及 H_2 氣體之混合物，在約 5 mT 之壓力下，對線圈部以 1500W 13.56 MHz RF 且對平台部以 50W 13.56 MHz RF，在 60 秒沉積製程中沉積裂紋緩和層。在與膜組合之前，裂紋緩和層之表面能量經量測在約 19 mJ/m^2 至約 24 mJ/m^2 範圍內。藉由使用接觸角量測，使用 DI 水、十六烷及二碘甲烷來量測表面能量。使用電子束蒸發製程將包括 Cr 的膜安置於實例 1B 至 1E 中之每一者上。比較實例 1A 不包括裂紋緩和層或膜，且比較實例 B 包括膜但無裂紋緩和層。在膜於實例 1C 至 1E 上之沉積之前，在約 $2x10^{-7}$ 托之壓力下將實例 1A 至 1E 中之每一者加熱至約

120℃，且隨後冷卻至室溫。提供於表 1 中之厚度量測值係藉由光譜式橢圓儀量測而得。

【0156】 表 1:實例 1A 至 1E。

實例	裂紋緩和層厚度	膜厚度
1A (比較)	無	無
1B (比較)	無	30 nm
1C	6 nm	30 nm
1D	6 nm	30 nm
1E	6 nm	30 nm

【0157】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 1A 至 1E 之平均撓曲強度之留存，如第 6 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、1.2 mm/min 之十字頭速度、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0158】 如第 6 圖所例示，裂紋緩和層之添加所產生的物件留存與不具有裂紋緩和層或膜之玻璃基板(比較實例 1A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有裂紋緩和層之物件展現比僅具有膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 1B)大的平均撓曲強度，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度之顯著降低。

【0159】 實例 2:奈米多孔裂紋緩和層。

【0160】 實例 2A 至 2G 係藉由提供 0.7 mm 厚的離子交換強化鋁矽酸鹽玻璃基板而製成。玻璃基板包括以下者之組成物：61 mol %≤SiO_2≤75 mol%；7 mol %≤Al_2O_3≤15 mol%；0

mol%≤B_2O_3≤12 mol%；9 mol %≤Na_2O≤21 mol%；0 mol %≤K_2O≤4 mol%；0 mol%≤MgO≤7 mol%；0 mol%≤CaO≤3 mol%及 0 mol%≤SnO_2≤1 mol%。使玻璃基板於具有約 350℃至 450℃之溫度的 KNO_3 熔融鹽浴中離子交換 3 小時至 8 小時。離子交換玻璃基板具有約 687 MPa 之壓縮應力及約 24 微米之離子交換層深度。隨後在具有約 50℃至 70℃之溫度的 KOH 清潔劑溶液(1- 4% Semiclean KG)中，在 40 KHz 至 110 KHz 之超聲波攪動下清潔玻璃基板，在 DI 水中以相同頻率範圍中之超聲波加以清洗，且乾燥。

【0161】 實例 2A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各層或膜。使用 SiO 前驅體材料之電阻熱蒸發，在 5 埃/秒之沉積速率、$7.3x10^{-4}$ 托之沉積壓力、100 sccm 之氧流動速率、100 sccm 之氬流動速率及初始約 25℃之基板溫度下，將奈米多孔 SiO_2 層沉積於實例 2B、2C、2F 及 2G 之玻璃基板中之每一者上，該基板溫度在沉積期間由於沉積製程所產生的熱而增加至多約 50℃。所得奈米多孔 SiO_2 層具有在 550 nm 波長下 1.38 之折射率，從而得出 21%之估算孔隙率。奈米多孔 SiO_2 層使用奈米壓痕來量測爲具有 20 GPa 之彈性模數。實例 2B 及 2F 包括具有約 200 nm 之厚度的奈米多孔 SiO_2 層，且實例 2C 及 2G 包括具有約 500 nm 之厚度的奈米多孔 SiO_2 層。

【0162】 將實例 2D 至 2E(其不包括奈米多孔層)及實例 2F 及 2G(其各自包括奈米多孔層)之玻璃基板以具有約 100 nm 之厚度的氧化銦錫(ITO)膜進一步塗佈。使用濺鍍製程及 KDF 之 903i 型 ITO 塗佈系統來形成 ITO 膜。利用亦由 KDF 供應的

SnO_2:In2O3=10:90 (以重量計)之濺鍍靶。在 15 mT 之壓力下，以 90:10 混合的 Ar:O_2 之 5 sccm 流、95 sccm Ar 流以及 1000 W DC 功率來濺鍍 ITO 膜。在沉積之後，在 200C 下、於空氣中使實例 2E 至 2G 退火 60 min。實例 2D 不退火。表 2 概述實例 2A 至 2G 之屬性及處理。

【0163】 表 2:實例 2A 至 2G。

實例	奈米多孔 SiO_2 層厚度	ITO 膜厚度	退火溫度	退火時間
實例 2A (比較)	無	無	N/A	N/A
實例 2B (比較)	200 nm	無	N/A	N/A
實例 2C (比較)	500 nm	無	N/A	N/A
實例 2D (比較)	無	100 nm	無	N/A
實例 2E (比較)	無	100 nm	200 °C	60 min
實例 2F	200 nm	100 nm	200 °C	60 min
實例 2G	500 nm	100 nm	200 °C	60 min

【0164】 以與實例 1A 至 1E 相同的方式評估實例 2A 至 2G 之平均撓曲強度。如第 7 圖及第 8 圖所示，實例 2F 及 2G (其各自包括安置於玻璃基板與 ITO 膜之間的氣相沉積奈米多孔 SiO_2 層)展現超過實例 2D 及 2E (其僅包括 ITO 膜)之改良強度。實例 2D 及 2E 亦展現超過實例 2A (其爲裸玻璃基板)之平均撓曲強度的顯著減小。不包括 ITO 膜的實例 2B 及 2C 展現與實例 2A 約相同的平均撓曲強度，從而指示奈米多孔 SiO_2 層不使玻璃基板之強度降級。

【0165】 包括單獨的 100 nm ITO 膜且經退火的實例 2D 使物

件之韋伯特徵強度降低至約 106 kgf。在實例 2F 及 2G 中於玻璃基板與 100 nm ITO 膜(使用相同的退火循環)之間添加 200 nm 至 500 nm 奈米多孔 SiO_2 層使特徵撓曲強度增加至 175 kgf 至 183 kgf。

【0166】 在實驗性篩選中，沉積於奈米多孔 SiO_2 層之頂部上的 ITO 膜展現與直接沉積於玻璃基板上之 ITO 膜(無中介奈米多孔 SiO_2 層)相當的電阻率位準。實例 2D 至 2G 之片材抵抗力在 35 歐姆/平方至 95 歐姆/平方範圍變化(其相應於小於約 10×10^{-4} 歐姆- cm 之電阻率)。

【0167】 實例 3:具有鋁氮氧化物膜之奈米多孔無機裂紋緩和層。

【0168】 實例 3A 至 3B 係藉由提供 1.0 mm 厚的離子交換強化鋁矽酸鹽玻璃基板而製成。玻璃基板包括以下者之組成物：61 mol %≤SiO_2≤75 mol%；7 mol %≤Al_2O_3≤15 mol%；0 mol%≤B_2O_3≤12 mol%；9 mol %≤Na_2O≤21 mol%；0 mol %≤K_2O≤4 mol%；0 mol%≤MgO≤7 mol%；0 mol%≤CaO≤3 mol% 及 0 mol%≤SnO_2≤1 mol%。使玻璃基板於具有約 350℃ 至 450℃ 之溫度的 KNO_3 熔融鹽浴中離子交換 3 小時至 8 小時，以提供強化玻璃基板。強化玻璃基板具有約 885 MPa 之壓縮應力及約 42 微米之離子交換層深度。隨後在具有約 50℃ 至 70℃ 之溫度的 KOH 清潔劑溶液(1- 4% Semiclean KG)中，在 40 KHz 至 110 KHz 之超聲波攪動下清潔玻璃基板，在 DI 水中以相同頻率範圍中之超聲波加以清洗，且乾燥。

【0169】 比較實例 3A 之五個玻璃基板保持裸露，其上未安

置各層或膜。使用 SiO 前驅體材料之電阻熱蒸發，在 5 埃/秒之沉積速率、$9.0x10^{-4}$ 托之沉積壓力、150 sccm 之氧流動速率、100 sccm 之氬流動速率及初始約 25℃之基板溫度下，將奈米多孔 SiO_2 層在真空腔室中沉積於實例 3B 之五個玻璃基板上，該基板溫度在沉積期間由於沉積製程所產生的熱而增加至多約 50℃。隨後藉由於以 115 sccm 之速率流動的氬、以 50 sccm 之速率流動的氮及以 4 sccm 之速率流動的氧存在下，在約 0.75 mT 之壓力下自鋁靶 DC 反應性濺鍍來用 2000 nm 厚 AlO_xN_y 膜進一步塗佈實例 3B 之五個樣本。以 4000 W 供應 DC 功率。以約 70 埃/分鐘之沉積速率形成 AlO_xN_y 膜。表 3 概述實例 3A 至 3B 之屬性及平均強度值。如表 3 中可見，根據此設定之未塗佈玻璃樣本(比較實例 3A)之平均強度爲約 330 kgf，在此狀況下，其係就 RoR 斷裂負載而言計算爲五個測試樣本之平均值。實例 3B 之樣本之平均強度爲約 391 kgf。考慮平均強度值之標準偏差，一般技藝人士可容易理解的是，此兩個樣本設定(比較實例 3A 及實例 3B)之強度分佈在統計學上類似或大體上相同。韋伯分佈分析得出類似的統計學結論。如由比較實例 2B 所例示，直接安置於類似玻璃基板上之類似 2000 nm 厚 AlO_xN_y 膜產生約 140 kgf 至 160 kgf 之 RoR 平均斷裂負載值。因此，相對於不具有裂紋緩和層之相同或大體上相同物件，實例 3B 之裂紋緩和層引起塗佈玻璃強度之顯著改良。

【0170】 表 3:實例 3A 至 3B。

實例	奈米多孔 SiO_2	AlO_xN_y 膜厚度	平均強度(RoR 中之平均斷裂	斷裂負載之標準偏

	層厚度		負載，kgf)	差，kgf
實例 3A (比較)	無	無	330	28.1
實例 3B	2000 nm	2000 nm	391	71.5

【0171】 實例 4:自蝕刻劑氣體生成的裂紋緩和層。

【0172】 實例 4A 至 4B3 係藉由提供 0.7 mm 厚玻璃基板而製成，該玻璃基板以 Corning Incorporated 的商標 Eagle XG®市售。隨後在具有約 50℃至 70℃之溫度的 KOH 清潔劑溶液(1-4% Semiclean KG)中，在 40 KHz 至 110 KHz 之超聲波攪動下清潔玻璃基板，在 DI 水中以相同頻率範圍中之超聲波加以清洗，且乾燥。其後，在 500 W 下流動的 1.2 托、300 sccm 氧下，使基板暴露於藉由 Branson ICP 產生的氧電漿 300 秒。

【0173】 實例 4A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各層或膜。實例 4B1 至 4B3 之玻璃基板包括裂紋緩和層，該裂紋緩和層係藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿輔助暴露來生成。分別藉由對 CF_4 蝕刻劑之 6s、60s 及 600s 暴露以於實例 4B1 至 4B3 之玻璃基板上生成裂紋緩和層。

【0174】 使用 XPS 量測實例 4A 至 4B3 之玻璃基板之表面，以評鑑表面組成物。第 11 圖描繪 XPS 量測之結果。充當對照之實例 4A 證明相對高含量之硼、氧及矽，從而指示含有可觀量之 SiO_2 及 B_2O_3 的基板玻璃組成物。如由第 11 圖所示，用 CF_4 蝕刻之玻璃基板，即實例 4B1 至 4B3 證明隨漸增的蝕刻劑暴露時間而漸進降低含量之氧、矽及硼。此外，此等樣本中氟、鈣及鎂之含量隨蝕刻劑暴露時間的變化而增加。結合

而言，此等資料證明：此等玻璃基板以 CF_4 之電漿輔助蝕刻使此等基板之表面氟化，從而留下 AlF_x、CaF_x 及 MgF_x 化合物且優先自表面移除 SiO_2 及 B_2O_3。此等 AlF_x、CaF_x 及 MgF_x 金屬氟化物構成此等玻璃基板上生成之裂紋緩和層。

【0175】 實例 5:玻璃基板與經由電漿輔助氟化生成的裂紋緩和層之黏著能量。

【0176】 實例 5A1 至 5A3 係藉由提供與實例 4 所使用者相同的玻璃基板(Eagle XG 玻璃)而製成。隨後如以上實例 4 中所提供來清潔玻璃基板。

【0177】 實例 5A1 之玻璃基板包括裂紋緩和層，該裂紋緩和層係藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿輔助暴露來生成。實例 5A1 之基板之碳覆蓋率量測爲大致 22%。實例 5A2 之玻璃基板包括裂紋緩和層，該裂紋緩和層係藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 30 份 CF_4 蝕刻劑氣體及 10 份 C_4F_8 聚合物形成氣體之電漿輔助暴露來生成。實例 5A2 之基板之碳覆蓋率量測爲大致 79%，其表明氟碳聚合物層於玻璃基板之表面上的形成。最終，實例 5A3 之玻璃基板包括裂紋緩和層，該裂紋緩和層係藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 RIE 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿輔助暴露來生成。實例 5A3 之基板之碳覆蓋率量測爲大致 9%。

【0178】 隨後將具有經由電漿輔助氟化形成的裂紋緩和層之實例 5A1 至 5A3 之玻璃基板(亦即載體)黏結至在組成上與載體基板相當的玻璃基板。此等積層物件隨後經受與方程式(11)

相稱之測試，以獲得指示裂紋緩和層之黏著強度的黏著能量。第 12 圖中描繪隨退火溫度變化的此等量測之結果。此比較提供對暴露於典型後處理溫度之後的黏著能量之指示。詳言之，實例 5A1 至 A3 之一些所處理基板在各種溫度下經受退火 10 分鐘，以模擬與以下者相關聯的高溫：裂紋緩和層上之膜沉積，及/或與相關於特定應用的基板之後製造熱處理相關聯的熱處理。如結果所證明，所有樣本在至多 400℃ 下證明大致 500 mJ/m^2 或更小之相對中等黏著能量，其指示將有助於留存玻璃基板強度之裂紋緩和層。另外，含有氟碳化合物層之實例 5A2 樣本證明在至多 600℃ 下，黏著能量之增加爲無害的。

【0179】 實例 6:玻璃、氧化鋁及矽石表面與經由電漿輔助氟化及金屬氟化物沉積生成的裂紋緩和層之黏著能量。

【0180】 實例 6A1 至 6A3、6B 及 6C 係藉由提供與實例 4 及 5 相同的基板而製成。以與實例 4 及 5 相同的方式來清潔基板。

【0181】 實例 6A1 之玻璃基板包括裂紋緩和層，該裂紋緩和層係藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿輔助暴露來生成。實例 6A2 之玻璃基板之表面首先藉由 SiO_2 層之沉積來改質，之後藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿輔助暴露來生成裂紋緩和層。藉由電漿增強化學氣相沉積(「PECVD」)來生成 SiO_2 層(厚度約 100 nm 至 130 nm)。類似地，實例 6A3 之玻璃基板之表面首先用 Al_2O_3 層之沉積來改質，之後藉由在大致 50 mT 之壓力下，在 ICP 腔室中對 CF_4 蝕刻劑氣體之電漿

輔助暴露來生成裂紋緩和層。藉由反應性濺鍍來生成 Al_2O_3 層(厚度約 3 nm)。最終，實例 6B 及 6C 之玻璃基板各自包括分別藉由電子束蒸發生成的 CaF_2 及 MgF_2 之裂紋緩和層。CaF_2 及 MgF_2 層各自設定至約 20 nm 之厚度。

【0182】 隨後將具有經由電漿輔助氟化或作爲離散金屬氟化物經由電子束蒸發層形成的裂紋緩和層之實例 6A1 至 6A3、6B 及 6C 之玻璃基板(亦即載體)黏結至在組成上與載體基板相當的玻璃基板。此等積層物件隨後經受與方程式(11)相稱之測試，以獲得指示裂紋緩和層之黏著強度的黏著能量。第 13 圖中描繪隨退火溫度變化的此等量測之結果。詳言之，實例 13A1 至 13A3、13B 及 13C 之一些所處理基板在各種溫度下經受退火 10 分鐘，以模擬與以下者相關聯的高溫：裂紋緩和層上之膜沉積，及/或與相關於特定應用的基板之後製造熱處理相關聯的熱處理。

【0183】 如第 13 圖中之結果所證明，所有樣本在至多 300℃ 下證明大致 500 mJ/m^2 或更小之相對中等黏著能量，其指示將有助於留存玻璃基板強度之裂紋緩和層。在比較與實例 6A1 至 6A3 相關聯的黏著能量資料時，明顯的是，CF_4 處理之玻璃展現在至多約 500℃ 下相對低的黏著能量，而 CF_4 處理之 SiO_2 及 Al_2O_3 塗佈玻璃分別在 300℃ 及 400℃ 下經歷黏著能量之劇烈增加。暗示的是，玻璃之氟化(實例 6A1)有效地在至多 500℃ 下使黏著能量適中，而 SiO_2 及 Al_2O_3 之氟化(實例 6A2 及 6A3)不爲如此有益的。因而，玻璃中其他組分(非 SiO_2 及 Al_2O_3)之氟化似乎隨溫度變化而提供有益的黏著能量穩定

化。咸信玻璃中之彼等「其他組分」爲金屬氧化物，例如 CaO、MgO 及其他金屬氧化物。由此得出結論，實例 6B 及 6C 中分別具有離散 CaF_2 及 MgF_2 裂紋緩和層之玻璃基板在至多 600℃下展現不高於大致 500 mJ/m^2 之黏著能量。

【0184】 實例 7:具有電子束沉積 CaF_2 裂紋緩和層及 Cr 膜之玻璃基板之環對環強度。

【0185】 實例 7A、7B 及 7C1 至 7C4 係藉由提供 1.0 mm 厚離子交換強化鹼土金屬硼鋁矽酸鹽玻璃基板而製成。玻璃基板包括以下者之組成物：至少約 50 mol% SiO_2、至少約 10 mol% R_2O(其包括 Na_2O)、Al_2O_3，其中 -0.5 mol%≤Al_2O_3(mol%)–R_2O(mol%)≤2 mol%；以及 B_2O_3，其中 B_2O_3(mol%)–(R_2O(mol%)–Al_2O_3(mol%))≥4.5 mol%。使玻璃基板於具有約 350℃至 450℃之溫度的 KNO_3 熔融鹽浴中離子交換 3 小時至 8 小時。離子交換玻璃基板具有約 883 MPa 之壓縮應力及約 41.3 微米之離子交換層深度。隨後在具有約 50℃至 70℃之溫度的 KOH 清潔劑溶液(1- 4% Semiclean KG)中，在 40 KHz 至 110 KHz 之超聲波攪動下清潔玻璃基板，在 DI 水中以相同頻率範圍中之超聲波加以清洗，且乾燥。

【0186】 實例 7A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各裂紋緩和層或膜。實例 7B 之玻璃基板經製備具有 3000 Å Cr 膜，但無裂紋緩和層。藉由電子束蒸發技術沉積 Cr 膜。實例 7C1 至 7C4 之玻璃基板各自包括藉由電子束蒸發技術安置於玻璃基板之表面上的 CaF_2 裂紋緩和層。實例 7C1 至 7C4 中 CaF_2 裂紋緩和層之厚度分別爲 200 Å、500 Å、1000 Å 及 2000 Å。

另外，實例 7C1 至 7C4 之基板亦包括 3000 Å Cr 膜。

【0187】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 7A、7B 及 7C1 至 7C4 之平均撓曲強度之留存，如第 14 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。根據 ASTM C1499 執行試驗程序。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0188】 如第 14 圖所例示，CaF_2 裂紋緩和層之添加所產生的物件(實例 7C1 至 7C4)留存與不具有 CaF_2 裂紋緩和層或 Cr 膜之玻璃基板(比較實例 7A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有 CaF_2 裂紋緩和層之物件展現比僅具有 Cr 膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 7B)大的平均撓曲強度及特徵強度值(σ_o)，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度及特徵強度之顯著降低。

【0189】 實例 8:具有電子束沉積 BaF_2 裂紋緩和層及 Cr 膜之玻璃基板之環對環強度。

【0190】 實例 8A、8B 及 8C1 至 8C2 係藉由提供與實例 14 相同的基板而製成。實例 8A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各裂紋緩和層或膜。實例 8B 之玻璃基板經製備具有 3000 Å Cr 膜，但無裂紋緩和層。藉由電子束蒸發技術沉積 Cr 膜。實例 8C1 至 8C2 之玻璃基板各自包括藉由電子束蒸發技術安置於玻璃基板之表面上的 BaF_2 裂紋緩和層。實例 8C1 至 8C2 中 BaF_2 裂紋緩和層之厚度分別爲 500 Å 及 1000 Å。另外，實例

8C1 至 8C2 之基板亦包括 3000 Å Cr 膜。

【0191】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 8A、8B 及 8C1 至 8C2 之平均撓曲強度之留存，如第 15 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。根據 ASTM C1499 執行試驗程序。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0192】 如第 15 圖所例示，BaF_2 裂紋緩和層之添加所產生的物件(實例 8C1 至 8C2)留存與不具有 BaF_2 裂紋緩和層或 Cr 膜之玻璃基板(比較實例 8A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有 BaF_2 裂紋緩和層之物件展現比僅具有 Cr 膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 8B)大的平均撓曲強度及特徵強度值(σ_0)，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度及特徵強度之顯著降低。

【0193】 實例 16：具有電子束沉積 MgF_2 裂紋緩和層及 Cr 膜之玻璃基板之環對環強度。

【0194】 實例 9A、9B 及 9C 係藉由提供與實例 14 相同的基板而製成。實例 9A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各裂紋緩和層或膜。實例 9B 之玻璃基板經製備具有 3000 Å Cr 膜，但無裂紋緩和層。藉由電子束蒸發技術沉積 Cr 膜。實例 9C 之玻璃基板各自包括藉由電子束蒸發技術安置於玻璃基板之表面上的 MgF_2 裂紋緩和層。實例 9C 中 MgF_2 裂紋緩和層之厚度爲 1000 Å。另外，實例 9C 之基板亦包括 3000 Å Cr 膜。

【0195】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 9A、9B 及 9C 之平均撓曲強度之留存，如第 16 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。根據 ASTM C1499 執行試驗程序。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0196】 如第 16 圖所例示，1000 Å 厚 MgF_2 裂紋緩和層之添加所產生的物件(實例 9C)留存與不具有 MgF_2 裂紋緩和層或 Cr 膜之玻璃基板(比較實例 9A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有 MgF_2 裂紋緩和層之物件展現比僅具有 Cr 膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 9B)大的平均撓曲強度及特徵強度值(σ_o)，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度及特徵強度之顯著降低。

【0197】 實例 17:具有電子束沉積 CaF_2 裂紋緩和層及 ITO 膜之玻璃基板之環對環強度。

【0198】 實例 10A、10B 及 10C 係藉由提供與實例 14 相同的基板而製成。

【0199】 實例 10A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各裂紋緩和層或膜。實例 10B 之玻璃基板經製備具有 1000 Å 銦錫氧化物(「ITO」)膜，但無裂紋緩和層。藉由在 10 mT 之壓力下，自 10:90 (以重量計) SnO_2:In_2O_3 氧化物靶 DC 濺鍍來沉積 ITO 膜。實例 10C 之玻璃基板各自包括藉由電子束蒸發技術安置於玻璃基板之表面上的 CaF_2 裂紋緩和層。實例 10C 中

CaF_2裂紋緩和層之厚度爲 500 Å。另外，實例 10C 之基板亦包括 1000 Å ITO 膜。

【0200】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 10A、10B 及 10C 之平均撓曲強度之留存，如第 17 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。根據 ASTM C1499 執行試驗程序。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0201】 如第 17 圖所例示，500 Å 厚 CaF_2裂紋緩和層之添加所產生的物件(實例 10C)留存與不具有 CaF_2裂紋緩和層或 ITO 膜之玻璃基板(比較實例 10A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有 CaF_2裂紋緩和層之物件展現比僅具有 ITO 膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 10B)大的平均撓曲強度及特徵強度值(σ_o)，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度及特徵強度之顯著降低。

【0202】 實例 18：具有電子束沉積 BaF_2裂紋緩和層及 ITO 膜之玻璃基板之環對環強度。

【0203】 實例 11A、11B 及 11C1 至 11C2 係藉由提供與實例 17 所使用者相同的基板而製成。實例 11A 之玻璃基板保持裸露，其上未安置各裂紋緩和層或膜。實例 11B 之玻璃基板經製備具有 1000 Å 銦錫氧化物(「ITO」)膜，但無裂紋緩和層。藉由在 10 mT 之壓力下，自 10:90 (以重量計) SnO_2:In_2O_3氧化物靶 DC 濺鍍來沉積 ITO 膜。實例 11C1 至 11C2 之玻璃基板

各自包括藉由電子束蒸發技術安置於玻璃基板之表面上的BaF_2裂紋緩和層。實例 11C1 至 11C2 中 BaF2 裂紋緩和層之厚度分別爲 1000 Å 及 2000 Å。另外，實例 11C1 至 11C2 之基板亦包括 1000 Å ITO 膜。

【0204】 環對環斷裂負載測試係用於證明實例 11A、11B 及 11C 之平均撓曲強度之留存，如第 18 圖所示。對環對環斷裂負載測試而言，具有膜及/或裂紋緩和層之側面處於張力狀態。環對環斷裂負載測試參數包括：1.6 mm 之接觸半徑、0.5 吋之負載環直徑，及 1 吋之支撐環直徑。根據 ASTM C1499 執行試驗程序。測試之前，將黏著膜置放於所測試樣本之兩側上以容納破碎玻璃刺。

【0205】 如第 18 圖所例示，BaF_2裂紋緩和層之添加所產生的物件(實例 11C1 至 11C2)留存與不具有BaF_2裂紋緩和層或 ITO 膜之玻璃基板(比較實例 11A)約相同的平均撓曲強度。此外，具有 BaF2 裂紋緩和層之物件展現比僅具有 ITO 膜且無裂紋緩和層之強化及非強化玻璃基板(亦即比較實例 11B)大的平均撓曲強度及特徵強度值(σ_0)，該等強化及非強化玻璃基板展現平均撓曲強度及特徵強度之顯著降低。

【0206】 雖然本揭示內容已就有限數量的實施例來描述以達說明之目的，但是獲益於本揭示內容之熟習此項技術者將瞭解的是：可設想不脫離如本文揭示的揭示內容之範疇的其他實施例。因此，熟習此項技術者可思及不脫離本揭示內容之精神及範疇的各種修改、改編及替代。

【符號說明】

【0207】

10 玻璃基板

11 穿透裂紋

12 膜

13 單側偏轉紋

14 雙側偏轉紋

15 零軸

16 阻滯紋

17 張力對壓縮

18 扭折紋

100 積層物件

110 膜

120 玻璃基板

122 相反主表面

124 相反主表面

130 裂紋緩和層

132 暴露區域

140 有效界面

150 第一界面/界面

160 第二界面/界面

180 內聚失效

190 黏著失效

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

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

公告本

發明摘要

※ 申請案號：103135392

※ 申請日：103 年 10 月 13 日　　※IPC 分類：*B32B 17/06* (2006.01)
B32B 7/02 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

具有具中等黏附性與留存強度之膜的玻璃物件

GLASS ARTICLES HAVING FILMS WITH MODERATE ADHESION AND RETAINED STRENGTH

【中文】

本揭示內容之一或多個態樣係關於一種物件，其包括一膜，該膜安置於可經強化的一玻璃基板上，其中該膜與該玻璃基板之間的界面經改質以使得該物件具有一改良平均撓曲強度，且該膜留存用於其應用的關鍵功能性質。該膜之一些關鍵功能性質包括光學性質、電氣性質及/或機械性質。在一或多個實施例中，該界面展現約小於約 4 J/m^2 之一有效黏附能量。在一些實施例中，該界面藉由於該玻璃基板與該膜之間納入含有一無機材料之一裂紋緩和層得以改質。

【英文】

One or more aspects of the disclosure pertain to an article including a film disposed on a glass substrate, which may be strengthened, where the interface between the film and the glass substrate is modified, such that the article has an improved average flexural strength, and the film retains

key functional properties for its application. Some key functional properties of the film include optical, electrical and/or mechanical properties. In one or more embodiments, the interface exhibits an effective adhesion energy of about less than about 4 J/m2. In some embodiments, the interface is modified by the inclusion of a crack mitigating layer containing an inorganic material between the glass substrate and the film.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（6）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

key functional properties for its application. Some key functional properties of the film include optical, electrical and/or mechanical properties. In one or more embodiments, the interface exhibits an effective adhesion energy of about less than about 4 J/m2. In some embodiments, the interface is modified by the inclusion of a crack mitigating layer containing an inorganic material between the glass substrate and the film.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（6）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種物件，包含：

一玻璃基板，具有相反主表面與一第一平均斷裂應變；

一裂紋緩和層，安置於一第一主表面上以形成一第一界面；以及

一膜，包含鉻或氧化銦錫，安置於該裂紋緩和層上以形成一第二界面，該膜具有一第二平均斷裂應變，該第二平均斷裂應變小於該第一平均斷裂應變，

其中該第一界面與該第二界面之至少一者展現一中等黏附力，以使得當該物件受應變至介於該第一平均斷裂應變與該第二平均斷裂應變之間的一應變位準時，該裂紋緩和層之至少一部分經歷以下一或多者：一內聚失效、於該第一界面處之一黏著失效及於該第二界面處之一黏著失效，以及

其中該裂紋緩和層包含一離散金屬氟化物膜，具有 200 埃至 2000 埃之厚度。

2. 如請求項 1 所述之物件，其中該裂紋緩和層具有 500 埃至 1000 埃之厚度。

3. 如請求項 1 所述之物件，其中該金屬氟化物膜源自於一真空沉積製程。

4. 如請求項 1 所述之物件，其中該玻璃基板經化學強化，且具有大於約 500 MPa 之一壓縮應力及大於約 15 μm 之一壓

縮層深度。

5. 如請求項1所述之物件，其中該裂紋緩和層包含氟化鋇、氟化鈣或氟化鎂。

6. 一種物件，包含：

一玻璃基板，具有相反主表面且具有一第一平均斷裂應變；

一裂紋緩和層，安置於一第一主表面上以形成一第一界面；以及

一膜，包含鉻或氧化銦錫，安置於該裂紋緩和層上以形成一第二界面，該膜具有一第二平均斷裂應變，該第二平均斷裂應變低於該第一平均斷裂應變，

其中該物件於該第一界面與該第二界面之一或多者處展現小於約4 J/m^2之有效黏附能量，以及

其中該裂紋緩和層包含一離散金屬氟化物膜，具有介於200埃至2000埃之間的厚度。

7. 如請求項6所述之物件，其中該有效黏附能量為或小於約0.85 J/m^2。

8. 如請求項6所述之物件，其中該金屬氟化物膜源自於一真空沉積製程。

9. 如請求項6所述之物件，其中該玻璃基板經強化，且具有大於約500 MPa之一壓縮應力及大於約15 μm之一壓縮層深度。

10. 如請求項6所述之物件，其中該裂紋緩和層包含氟化鋇、氟化鈣或氟化鎂。

11. 一種物件，包含：

一玻璃基板，具有相反主表面且具有一第一平均斷裂應變；

一裂紋緩和層，安置於一第一主表面上；以及

一膜，包含鉻或氧化銦錫，安置於該裂紋緩和層上，該膜具有一第二平均斷裂應變，該第二平均斷裂應變低於該第一平均斷裂應變，

其中該裂紋緩和層使起源於該膜及該玻璃基板之一且進入該裂紋緩和層中的一裂紋大體上保留在該裂紋緩和層內，以及

其中該裂紋緩和層包含一離散金屬氟化物膜，具有介於200埃至2000埃之間的厚度。

12. 如請求項11所述之物件，其中該裂紋緩和層包含氟化鋇、氟化鈣或氟化鎂。