



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201813081 A

(43)公開日：中華民國 107 (2018) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：106128352

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H01L27/32 (2006.01)*

G02F1/061 (2006.01)

G06F3/041 (2006.01)

(30)優先權：2016/08/23 美國

15/244,146

(71)申請人：美商 3 M 新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國

(72)發明人：布利德勒 伊凡 路易斯 BREEDLOVE, EVAN LOUIS (US)；皮庫羅維斯奇 呂蜜拉 安娜托維納 PEKUROVSKY, LYUDMILA ANATOLYEVNA (US)；立瑟黛兒 凱瑟琳 安 LEATHERDALE, CATHERINE ANNE (CA)；張培慧 ZHANG, PEIHUI (CN)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：8 共 30 頁

(54)名稱

具有通用化層機械相容性的可折疊顯示器設計

FOLDABLE DISPLAY DESIGN WITH GENERALIZED LAYER MECHANICAL COMPATIBILITY

(57)摘要

一種可撓 OLED 顯示裝置，其包括具有一覆蓋窗膜的一上模組、一下模組、及在該上模組與該下模組之間的一顯示模組。該顯示模組包括一 OLED 及一 OLED 基材。該顯示裝置中之組件的該等剛性經控制以滿足一特定關係，使得該上模組與該下模組的該等彎曲剛性經調整以使該中性彎曲平面位於該顯示模組之下，其使該顯示器處於與零應變相反之壓縮應變的狀態。此設計適用於雙向折疊可撓顯示器，其中該上模組可經折疊成面對自身。

A flexible OLED display device that includes an upper module having a cover window film, a lower module, and a display module between the upper and lower modules. The display module includes an OLED and an OLED substrate. The stiffnesses of components in the display device are controlled to satisfy a particular relationship such that the bending stiffnesses of the upper and lower modules are tuned in order to position the neutral bending plane below the display module, which places the display into a state of compressive strain as opposed to zero strain. This design is suitable for a bifold flexible display in which the upper module can be folded to face itself.

指定代表圖：



圖5

符號簡單說明：

- 60 . . . 上模組
- 61 . . . 頂表面
- 62 . . . 顯示模組
- 63 . . . 端
- 64 . . . 下模組
- 65 . . . 耦接層
- 67 . . . 耦接層

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：*H01L 27/32* (2006.01)
G02F 1/061 (2006.01)
G06F 3/041 (2006.01)

【發明名稱】 具有通用化層機械相容性的可折疊顯示器設計

FOLDABLE DISPLAY DESIGN WITH
GENERALIZED LAYER MECHANICAL
COMPATIBILITY

【中文】

一種可撓 OLED 顯示裝置，其包括具有一覆蓋窗膜的一上模組、一下模組、及在該上模組與該下模組之間的一顯示模組。該顯示模組包括一 OLED 及一 OLED 基材。該顯示裝置中之組件的該等剛性經控制以滿足一特定關係，使得該上模組與該下模組的該等彎曲剛性經調整以使該中性彎曲平面位於該顯示模組之下，其使該顯示器處於與零應變相反之壓縮應變的狀態。此設計適用於雙向折疊可撓顯示器，其中該上模組可經折疊成面對自身。

【英文】

A flexible OLED display device that includes an upper module having a cover window film, a lower module, and a display module between the upper and lower modules. The display module includes an OLED and an OLED substrate. The stiffnesses of components in the display device are controlled to satisfy a particular relationship such that the

bending stiffnesses of the upper and lower modules are tuned in order to position the neutral bending plane below the display module, which places the display into a state of compressive strain as opposed to zero strain. This design is suitable for a bifold flexible display in which the upper module can be folded to face itself.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 5

【本代表圖之符號簡單說明】：

60...上模組

61...頂表面

62...顯示模組

63...端

64...下模組

65...耦接層

67...耦接層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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】 具有通用化層機械相容性的可折疊顯示器設計

FOLDABLE DISPLAY DESIGN WITH
GENERALIZED LAYER MECHANICAL
COMPATIBILITY

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 顯示器及電子裝置已發展為曲形的、彎曲的、或折疊的，且提供新的使用者體驗。這些裝置架構可包括例如可撓性有機發光二極體(OLED)、塑膠液晶顯示器(LCD)、及類似者。

【0002】 一般的電子顯示器包括一下模組、一顯示模組、及一上模組。該下模組可含有散熱器及緩衝材料。該上模組可含有觸控感測器、環境光拒絕層（諸如圓偏光器）、且常含有保護膜或蓋。此三組件常使用黏附形式接合在一起。當該接合結構被撓曲時，應變遍及該結構形成。應變在厚度上係不均勻的，並以複雜方式取決於該顯示器的設計。若應變超過該顯示模組中的臨界值，該顯示模組將機械地失效，導致顯示缺陷、一般故障、或二者。

【0003】 在任何彎曲結構中，在厚度上具有零應變之一位置，稱為中性彎曲平面。在一些情形中，可控制中性平面的位置，使得應變及應力在該顯示模組中係最小化。若該顯示器之上與之下的層的模數相似，且該顯示器之上與之下的總厚度幾乎相等，則藉由該堆疊的對稱性，該中性平面接近中間（亦即，接近該顯示模組）。而且，可選

擇位於鄰近該顯示模組且將該顯示模組機械地耦接至該上模組或下模組的黏著劑的模數及厚度，以調整該中性平面的位置。若該黏著劑實質上比該等鄰接的層更順應，該等層在彎曲時可變成部分機械地解耦，導致多個中性平面。接著可將多個中性平面定位在脆弱的顯示器組件中或定位成接近該等組件以將彼等經受的應力及應變最小化。在相同方法的替代方案中，選擇該順應層使得剪力解耦在該顯示模組與其上的層之間的介面發生，使得顯示模組中之應力的狀態（壓縮或拉伸）與該上模組中之應力的狀態（亦即，拉伸或壓縮）相反。然而，控制中性平面位置或引入多個中性平面以庇護該顯示模組的策略係技術性的挑戰，且材料性質或厚度上的輕微變化可使該中性平面偏移至其企圖位置之上或之下。

【0004】 因此，存在對可被折疊或圍繞狹窄半徑彎曲的電子顯示器的需求（例如，在廣泛的應變率範圍上或考慮其他因素）。

【發明內容】

【0005】 與本發明一致的一種第一可撓 OLED 顯示裝置，其包括具有一覆蓋窗膜的一上模組，一下模組，在該上模組與該下模組之間的一顯示模組，及在該顯示模組與該上模組之間的一觸控感測器。所有模組及該觸控感測器可具有不同的楊氏模數與厚度。該顯示模組包括一 OLED 及在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材。在此第一裝置中， $(LS / TW) > 0.001$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，T 係該觸控感測器的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

【0006】 與本發明一致的一種第二可撓 OLED 顯示裝置，其包括具有一覆蓋窗膜的一上模組，一下模組，在該上模組與該下模組之間的一顯示模組，及在該顯示模組與該上模組之間的一圓偏光器。所有模組及該圓形偏光器可具有不同的楊氏模數與厚度。該顯示模組包括一 OLED 及在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材。在此第二裝置中， $(LS / (CP)W) > 0.004$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，CP 係該圓偏光器的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

【0007】 與本發明一致的一種第三可撓 OLED 顯示裝置，其包括具有一覆蓋窗膜的一上模組，一下模組，及在該上模組與該下模組之間的一顯示模組。所有模組可具有不同的楊氏模數，且該顯示模組包括一 OLED 與在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材。在此第三裝置中， $(LS / W^2) > 4 \times 10^{-6}$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

【圖式簡單說明】

【0008】 隨附圖式併入並構成本說明書之一部分，且與詳細說明一起釋明本發明之優勢與理論。在圖式中：

圖 1 係可折疊 OLED 顯示器結構之第一實施例的側視圖；

圖 2 係可折疊 OLED 顯示器結構之第二實施例的側視圖；

圖 3 係可折疊 OLED 顯示器結構之第三實施例的側視圖；

圖 4 係用於搭配可折疊 OLED 顯示器使用之窗膜物品的側視圖；

圖 5 係在折疊或彎曲組態中之可折疊 OLED 顯示器的側視圖；

圖 6 係圖 1 的可折疊 OLED 顯示器結構之應變對 z-軸位置的曲線；

圖 7 係圖 2 的可折疊 OLED 顯示器結構之應變對 z-軸位置的曲線；

及

圖 8 係圖 3 的可折疊 OLED 顯示器結構之應變對 z-軸位置的曲線。

【實施方式】

【0009】 下文實施方式將參考構成本說明書之一部分的隨附圖式，而且在其中以圖解說明的方式呈現數個具體實施例。要理解的是，其他實施例係經設想並可加以實現而不偏離本揭露的範疇或精神。因此，以下之詳細敘述並非作為限定之用。

【0010】 除非另有具體說明，本文中所用之所有科學及技術用語具有所屬技術領域中所通用的意義。本文所提出的定義是要增進對於本文常用之某些用語的理解，並不是要限制本揭露的範疇。

【0011】 除非另有所指，本說明書及申請專利範圍中用以表達特徵之尺寸、數量、以及物理特性的所有數字，皆應理解為在所有情況下以用語「約(about)」修飾之。因此，除非另有相反指示，否則在前面說明書以及隨附申請專利範圍中所提出的數值參數為近似值，其可依據所屬技術領域中具有通常知識者運用在本文中所揭示之教示而獲得的所要特性而變。

【0012】 由端點表述的數值範圍包括在該範圍之內包含的所有數字（例如，1 至 5 包括 1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、及 5）以及該範圍內的任何範圍。

【0013】 如本說明書以及隨附申請專利範圍中所使用，除非內文明確地另有所指，單數形「一(a/an)」以及「該(the)」涵蓋具有複數個指稱物(referents)的實施例。

【0014】 如本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，用語「或(or)」通常係以包括「及/或(and/or)」之含義採用，除非內文明確另有所指。

【0015】 如本文中所使用，「具有(have, having)」、「包括(include, including)」、「包含(comprise, comprising)」或諸如此類係以其開放式意義使用，且一般意指「包括但不限於(including, but not limited to)」。應理解，「基本上由…組成(consisting essentially of)」、「由…組成(consisting of)」、以及類似用語係歸於「包含(comprising)」以及類似用語中。

【0016】 在如圖 1 所示的一實施例中，可撓 OLED 顯示器結構包括以所示次序配置的下列元件或層：具有覆蓋窗膜的一上模組 10；一耦接層 12；一觸控感測器面板及/或圓偏光器 14；一耦接層 16；一 OLED 18；一 OLED 基材 20；一耦接層 22；及一下模組 24。也在圖 1 的結構中，下模組具有第一楊氏模數，OLED 基材具有第二楊氏模數，觸控感測器/圓偏光器具有第三楊氏模數，上模組具有第四楊氏模數，且所有四個模數可彼此不同。為最大化圖 1 之裝置在彎曲時的耐用性，下模組的機械剛性(L)及 OLED 基材之剛性(S)除以觸控感測器/圓偏光器的剛性(T)及覆蓋窗膜之剛性(W)大於 0.001 或 0.07 或 1.2，如方程式(1)所示：

$$Z = (LS / TW) > 0.001 \text{ 或 } 0.07 \text{ 或 } 1.2 \quad (1)$$

【0017】 只要維持方程式(1)，相對寬範圍的顯示器設計及耦接層組合係可接受的。圖 6 顯示圖 1 之實施例在 Z 等於一小於基準之值時應變對 z -軸位置的圖表。圖 6 中之圖表的性質列於表 1 中。OLED 層位於距底部 110 與 115 微米之間。

【0018】 有限元素分析已顯示此需求在向內折疊期間保持 OLED 平面受輕微壓縮，保護敏感的 OLED 驅動器層及薄膜封裝免於應變相關損壞。高於 1.2 的 Z 值在顯示模組中產生比較小 Z 值小的應變率，且該應變率隨漸增之 Z 值而穩定。此觀察的優點係設若該值保持足夠大，歸因於其他設計修改的 Z 值改變將不會顯著地修改顯示模組中的應變率。不希望受理論約束，據信藉由將可撓顯示器置於壓縮中，破裂的形成及傳播被減輕。而且，據信 OLED 故障主要歸因於拉伸負載而發生；因此，壓縮預負載增加顯示器在故障前可承受的拉伸負載。此方法實質地不同於聚焦在中性平面在顯示器中之位置的方法。此發明的進一步優點係可使用相對剛性耦接層黏著劑，且仍經由其他組件的修改實現中性平面的控制。此外，此發明的無因次方法允許數層的厚度、模數、及帕松比(Poisson's ratio)的同時優化以提供所欲的彎曲行為。因此，設若適當地調整進入 Z 之另一層的模數或厚度，可增厚一層。

【0019】 在如圖 2 所示的另一實施例中，該顯示器結構包括以所示次序配置的下列元件或層：具有覆蓋窗膜的一上模組 30；一耦接層

32；一圓偏光器 35；一 OLED 34；一 OLED 基材 36；一耦接層 38；及一下模組 40。在圖 2 所示的結構中，觸控感測器能可選地係 OLED 的一部分或併入該 OLED，且圓偏光器可以濾色器層取代。也在圖 2 的結構中，下模組具有第一楊氏模數，OLED 基材具有第二楊氏模數，觸控感測器/圓偏光器具有第三楊氏模數，上模組具有第四楊氏模數，且所有四個模數可彼此不同。為最大化圖 2 之裝置在彎曲時的耐用性，下模組的機械剛性(L)及 OLED 基材之剛性(S)除以圓偏光器的剛性(CP)及覆蓋窗膜之剛性(W)大於 0.004 或 0.02 或 0.25，如方程式(2)所示。

$$Z' = (LS / (CP)W) > 0.004 \text{ 或 } 0.02 \text{ 或 } 0.25 \quad (2)$$

【0020】 圖 7 顯示圖 2 之實施例在 Z'等於一小於基準之值時應變對 z-軸位置的圖表。圖 7 中之圖表的性質列於表 2 中。OLED 層位於距底部 130 與 135 微米之間。

【0021】 在如圖 3 所示的另一實施例中，該顯示器結構包括以所示次序配置的下列元件或層：具有覆蓋窗膜的一上模組 42；一耦接層 44；一 OLED 46；一 OLED 基材 48；一耦接層 50；及一下模組 52。在圖 3 所示的構造中，觸控感測器能可選地係 OLED 的一部分或併入該 OLED。也在圖 3 的結構中，下模組具有第一楊氏模數，OLED 基材具有第二楊氏模數，且該上模組具有第三楊氏模數，且所有三個模數可彼此不同。為最大化圖 3 之裝置在彎曲時的耐用性，下模組的機械剛性(L)及 OLED 基材之剛性(S)除以覆蓋窗膜之剛性(W)的平方大於

4×10^{-6} ，更佳的是大於 4×10^{-5} ，最佳的是大於 0.002，如方程式(3)所示。

$$Z'' = (LS / W^2) > 4 \times 10^{-6} \text{ 或 } 4 \times 10^{-5} \text{ 或 } 0.002 \quad (3)$$

【0022】 圖 8 顯示圖 3 之實施例在 Z'' 等於一小於基準之值時應變對 z -軸位置的圖表。圖 8 中之圖表的性質列於表 3 中。OLED 層位於距底部 80 與 85 微米之間。

【0023】 在實行方程式(1)-(3)時，該等層的厚度以微米為單位測量，且楊氏模數以百萬帕斯卡為單位測量。均質材料之抗撓剛度(k)可使用方程式(4)計算。

$$k = \frac{EI}{1-\nu^2} \quad (4)$$

其中 E 係楊氏模數， I 係面積二次矩，且 ν 係帕松比。 E 與 ν 係固有的材料性質，且 I 隨該結構之幾何而變動。參數 I 與寬度及厚度的立方成比例。若所有層均具有相同寬度，可使用正規化的面積二次矩 $I=t^3/12$ ，其中 t 係厚度，且

$$k = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

【0024】 在本文中描述的模組或層可包含不同厚度與模數的數個子層。包含數個層之組件的有效抗撓剛度可計算如下，其中通常要被視為複合物，其最低模數子層對最高模數子層材料的比率必須大於 1% 或大於 5% 或大於 10%。

【0025】 將抗撓剛度 k_i 界定為藉由下列式給定之第 i 層的剛性

$$k_i = \frac{E_i I_i}{1 - \nu_i^2} = E'_i I_i$$

其中 I_i 係第 i 層相關於形心（亦即，假設組件具有一個中性平面，若該組件在其自有中性平面上撓曲，該中性軸的位置）的面積二次矩且 E'_i 係平面應變彈性模數。

【0026】 多層化組件的總抗撓剛度係

$$k = \sum k_i$$

【0027】 為計算 I_i ，將最底層編號為層 1，並連續地編號其上的所有層。令 t_i 係各層的厚度。然後界定

$$d_i = \sum_{j=1}^{i-1} t_j + \frac{t_i}{2}$$

使得 d_i 係從層 1 的底部至層 i 之中心的距離。藉由以下式給定第 i 層相關於層 1 之底部的面積二次矩

$$I'_i = \frac{t_i^3}{12} + t_i d_i^2$$

然後藉由以下給定 I_i

$$I_i = I'_i - t_i y_c^2$$

其中形心位置 y_c 係計算為

$$y_c = \frac{\sum d_i E'_i t_i}{\sum E'_i t_i}$$

最後，藉由以下給定有效抗撓剛度

$$k = \sum \frac{E_i I'_i}{1 - \nu_i^2} - \left(\sum \frac{E_i t_i}{1 - \nu_i^2} \right) y_c^2$$

【0028】 此程序可考慮層 1、層 2、及層 3 的三層結構，其中層 1 係最底層、層 3 係最頂層、且層 2 在層 1 與層 3 之間。各層具有模數 (E)、厚度(t)、及帕松比(ν)。從層 1 的基底至層 1 之中間的距離（亦即，x 軸）係

$$d_1 = \frac{t_1}{2}$$

且層 1 的偏移抗撓剛度係

$$I'_1 = \frac{t_1^3}{12} + t_1 d_1^2$$

針對層 2，從層 1 的基底至層 2 之中間的距離係

$$d_2 = t_1 + \frac{t_2}{2}$$

且層 2 的偏移抗撓剛度係

$$I_2' = \frac{t_2^3}{12} + t_2 d_2^2$$

最後，從層 1 的基底至層 3 之中間的距離係

$$d_3 = t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2}$$

且偏移抗撓剛度係

$$I_3' = \frac{t_3^3}{12} + t_3 d_3^2$$

及

$$y_c = \frac{d_1 E_1' t_1 + d_2 E_2' t_2 + d_3 E_3' t_3}{E_1' t_1 + E_2' t_2 + E_3' t_3}$$

【0029】 圖 4 係用於搭配可折疊 OLED 顯示器（諸如在本文中描述之可折疊 OLED 顯示器）使用之窗膜物品的側視圖。如圖 4 所示的物品包括以所示次序配置的下列元件或層：覆蓋窗膜 54；一耦接層 56；及一襯墊 58。襯墊為耦接層 56 提供保護。在使用時，將襯墊 58 移除，並經由耦接層 56 將覆蓋窗膜 54 施用並黏附至 OLED 顯示器。例如，耦接層 56 可直接施用至圖 1 之實施例的觸控感測器面板 14、圖 2 之實施例的圓偏光器 35、或圖 3 之實施例的 OLED 46。

【0030】 圖 5 係在折疊或彎曲組態中之可折疊 OLED 顯示器（諸如在本文中描述的該等顯示器結構）的側視圖。具體地，OLED 顯示

器包括如所示地配置的上模組 60、耦接層 65、顯示模組 62、耦接層 67、及下模組 64。如所示地，OLED 可折疊或彎曲，使得上模組 60 的頂表面 61（觀看者側）面對自身，且上模組 60 的端 63 彼此實體接觸。

【0031】 下文係在本文中使用的用語的定義及描述，包括在顯示器設計內的層。

【0032】 「覆蓋窗膜(cover window film)」係在可能為顯示器提供劃傷、磨損、及衝擊抗性的同時維持顯示器膜之光學性質的保護顯示器膜結構。覆蓋窗膜可使用薄可撓玻璃、聚合物膜、或聚合物及玻璃層壓體實作。用語「薄玻璃(thin glass)」意指 10-100 微米厚且最佳的是 25-50 微米厚的玻璃。覆蓋窗膜可包含多個子層及塗層。子層可係聚合物或玻璃。總窗膜結構的最小有效模數係 300 MPa。若覆蓋窗膜包括玻璃，有效模數可高達 100 GPa。若覆蓋窗膜包括玻璃，玻璃層的厚度一般係 10-100 微米，更佳的是 25-50 微米。取決於材料及結構，窗膜的總厚度一般係 20-250 微米。若窗膜中之子層的任一者包含黏著劑，該黏著劑的室溫剪切模數大於圍繞該黏著劑之膜層的楊氏模數的 3.3%或大於該楊氏模數的 1.7%或大於該楊氏模數的 1%。

【0033】 「耦接層(coupling layer)」係軟黏著劑或油脂狀材料，其室溫剪切模數小於圍繞該耦接層之層的 1%。在一些情形中，室溫剪切模數可少於 30 MPa，更佳的是少於 1 MPa，最佳的是少於 70 kPa。若耦接層係光學清透黏著劑，則此種耦接層的剪切模數在室溫下大於 150 kPa。當可撓顯示器彎曲時，耦接層不抗濕。耦接層的一般厚度範

圍係 25-100 微米。若（多個）耦接層在發射光的光徑上，可見光範圍中的光學透射率一般將大於 90%且霧度小於 2%。光徑中的耦接層必須維持較硬層之間的光學接觸（亦即，無空氣間隙或抗濕）。不在光徑內的耦接層可係，但不必係，清透或透明的。耦接層的實例包括光學清透黏著劑(OCA)。光學黏著劑層可包括基於丙烯酸酯、聚矽氧、聚烯烴、聚酯、聚胺甲酸酯、或聚異丁烯之光學黏著劑。OCA 可係壓敏黏著劑。

【0034】 「上模組(upper module)」包括覆蓋窗膜。上模組也能可選地包括觸控感測器面板層、環境光拒絕層（諸如，圓偏光器或濾色器層）、或分開的濕氣及氧障壁層。

【0035】 「顯示模組(display module)」包括 OLED 及用於該 OLED 的基材（一般係聚醯亞胺，但也可係玻璃）、緩衝層、電晶體層、發射器，及薄膜封裝障壁層（若存在）。在一些情形中，可將環境光拒絕層（諸如圓偏光器或濾色器層）直接接合或塗佈在 OLED 上。顯示模組的一般厚度係 20 至 50 微米。顯示模組可藉由，例如，塗佈聚醯亞胺在玻璃上，沉積 OLED 的層，且接著移除該玻璃而製造。致能觸控感測器能力的電路系統也可在顯示模組內。若顯示模組中之子層的任一者包含黏著劑，該黏著劑的室溫剪切模數大於圍繞該黏著劑之層的楊氏模數的 3.3%。若覆蓋窗膜中之子層的任一者包含黏著劑，該黏著劑的室溫剪切模數大於圍繞該黏著劑之膜層的楊氏模數的 3.3%。

【0036】 「下模組(lower module)」包括至少一個基材。下模組也能可選地包括導熱層（諸如銅或石墨）、將顯示模組與驅動器電路系統之間的電磁干擾最小化的層、障壁層、及緩衝材料（諸如發泡體）以改善面板的衝擊抗性。

【0037】 曲率 - 所關注的彎曲半徑 $\leq 10\text{ mm}$ 、 $\leq 5\text{ mm}$ 、 $\leq 3\text{ mm}$ 、 $\leq 2\text{ mm}$ 、或 $\leq 1\text{ mm}$ 。當裝置閉合時，曲率等於向內折疊裝置的下模組外表面之間的最大距離的一半。當裝置閉合時，曲率等於向外折疊裝置的窗膜表面之間的最大距離的一半。針對向外折疊裝置，用於 Z 、 Z' 、及 Z'' 的參數方程式係經反轉，使得方程式(1)、(2)、及(3)的反方程式施用至具有與此等方程式對應之結構的向外折疊裝置。針對靜態（非折疊顯示器），曲率等於下模組或窗之外表面的其中一者之曲率的最小半徑。

【0038】 此處描述的設計係基於用於圖 1、2、3 所示之示意結構的有限元素模型。此結構的雙向折疊彎曲使得面對自身的覆蓋窗膜圍繞著 1 mm 、 2 mm 、 3 mm 、及 5 mm 的曲率模型化。OLED 基材、下模組、覆蓋窗膜、及觸控面板的厚度及模數全部允許改變。遍及整個 OLED 層的最大拉伸應變及最大壓縮應變係被注意的。基於實驗，覆蓋窗膜、下模組、及 OLED 基材之間的關係被導出，使得在 OLED 層中的應變保持在可接受的程度。將代表性的結果連同設計參數列於表 1-3 中。表 1 的結果係基於用於圖 1 所示之示意結構的有限元素模型；表 2 係圖 2 所示的設計，且表 3 係圖 3 所示的設計。

【0039】 使用商用有限元素分析軟體，ANSYS Mechanical APDL 14.0 (Ansys Inc., Pittsburgh PA, USA)及 DOE 分析軟體 Isight 5.8 (Dassault Systèmes Simulia Corp., Providence, RI, USA)建立折疊顯示裝置之數學模型，並針對不同設計參數計算 OLED 層中的主要拉伸應變及壓縮應變。彎曲係藉由二硬鉸鏈致能，該二鉸鏈旋轉至多 90° 並以二倍曲率相距且允許外表面在二鉸鏈上滑動。100 mm 的寬度及 180 mm 之長度的一般可折疊裝置允許使用對稱性考慮及平面應變元素以將模型簡化至 90 mm 長的固定長度及可變厚度的二維截面。

【0040】 藉由黏著劑耦接之各向同性均勻材料的層所表示之顯示器的簡化模型證明充分地取得彎曲力學的主要態樣而無需包括來自機械觀點的非必要性細節。將顯示模組的 OLED 組件模型化為接合至該顯示器基材之具有 80 GPa 的彈性模數之 5 微米厚的膜。將耦接層模型化為藉由瞬間剪切模數 G 特徵化的不可壓縮超彈性材料。將其他組件模型化為藉由楊氏彈性模數 E、帕松比、及降伏應力特徵化的均勻各向同性熱塑性塑膠。

表 1

	曲率		ϵ_1	下硬層 厚度	CL1 模數	CL1 厚度	ϵ_2	OLED 基材厚度	CL2 模數	CL2 厚度	ϵ_3	鋼拉面 板厚度	CL4 模數	CL4 厚度	ϵ_4	上硬層 厚度	L	S	T	W	LS/TW	OLED 壓縮	OLED 拉伸
	μm	MPa		μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa $\cdot\mu\text{m}^3$	MPa $\cdot\mu\text{m}^3$	MPa $\cdot\mu\text{m}^3$	MPa $\cdot\mu\text{m}^3$		%	%
案例1	5000	5000	120	0.1	25	5000	50	0.07	25	1900	100	0.5	25	72300	100	8.42E+03	6.09E+07	1.83E+08	6.28E+09	4.35E-03	-0.0093	0.117	OK
案例2	3000	2700	60	1	25	3200	25	1	50	3200	25	0.1	25	4850	50	5.68E+07	4.67E+06	4.87E+05	5.90E+07	9.62E-03	-0.033	0.1026	OK
案例3	5000	2700	60	1	30	3200	25	0.1	25	3200	25	1	25	4850	50	5.68E+07	4.87E+06	4.87E+05	5.90E+07	9.62E-03	-0.3773	-0.1693	OK
案例4	-5000	2700	60	0.1	25	7000	50	0.1	25	1900	100	0.1	25	4700	100	5.68E+07	8.52E+07	1.85E+08	4.38E+08	1.75E+01	-0.1361	-0.6379	OK
案例5	5000	5000	60	0.1	25	5000	25	0.07	25	1900	100	0.07	25	72300	100	1.05E+08	7.61E+08	1.85E+03	6.38E+09	6.80E-04	0.159	0.2918	OK

表 2

	曲率	E1	下模組厚度	CL1模數	CL1厚度	E2	OLED 基材厚度	E3	觸控面 板厚度	CLA模數	CLA厚度	E4	上模組厚度	L	S	P	W	LS/(CP)W	OLED 應變	OLED 拉伸	
	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa*μm ³	MPa*μm ³	MPa*μm ³	MPa*μm ³		%	%	
實施5	5000	3375	120	0.1	25	5000	50	1900	50	0.07	25	72000	50	5.68E+08	6.09E+07	2.31E+07	7.92E+08	1.69E+00	-0.0714	0.0372	表2
實施7	3000	2700	120	0.1	25	5000	25	1900	50	0.05	50	900	150	4.54E+08	7.61E+06	2.31E+07	3.07E+08	4.86E-01	-0.3151	-0.0300	表2
實施8	2000	2700	80	0.1	25	5000	25	1900	110	0.05	50	5000	150	1.35E+08	7.61E+06	2.48E+08	1.04E+09	2.33E-03	1.8118	2.1561	表2

表 3

	曲率	E1	下模組厚度	CL1模數	CL1厚度	E2	OLED 基材厚度	CLA模數	CLA厚度	E3	上模組厚度	L	S	W	LS/W ²	OLED最小 應變	OLED最大 應變	
	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa	μm	MPa*μm ³	MPa*μm ³	MPa*μm ³		%	%	
實施9	1000	2700	60	0.1	25	5000	25	0.1	25	5000	100	5.68E+07	7.61E+06	4.87E+08	1.82E-03	-0.8039	0.2006	表3
實施10	5000	2700	30	0.1	25	5000	25	0.07	25	5000	200	7.10E+06	7.61E+06	3.90E+09	3.56E-06	0.6363	0.7783	表3

【0041】 另一實施例包括顯示於圖 1、2、及 3 中的結構，其中使用具有發光材料的模組取代該顯示模組。具體地，該模組包括發光材料（諸如 OLED 或其他發光材料），及基材以連同如在本文中及相關於圖 3 描述之具有不同楊氏模數的上模組及下模組支撐該發光材料。此實施例可用於例如固態照明或裝飾性照明的目的。

【0042】 下文進一步敘述本發明的其他實施例。

【0043】 項目 1 係一種可撓發光裝置，其包含：

一上模組，其具有一覆蓋窗膜；

一下模組；及

在該上模組與該下模組之間的一模組，該模組包括一發光材料及在該發光材料與該下模組之間的一基材，

其中該下模組具有一第一楊氏模數，該上模組具有一第二楊氏模數，且該第一楊氏模數與該第二楊氏模數不同，

其中 $(LS / W^2) > 4 \times 10^{-6}$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該基材的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

【0044】 項目 2 係項目 1 之裝置，其中 $(LS / W^2) > 4 \times 10^{-5}$ 。

【0045】 項目 3 係項目 1 之裝置，其中 $(LS / W^2) > 0.002$ 。

【0046】 項目 4 係前述項目 1 至項目 3 中任一項之裝置，其進一步包含在該覆蓋窗膜與該發光材料之間的一第一耦接層，與在該基材與該下模組之間的一第二耦接層。

【0047】 項目 5 係項目 4 之裝置，其中該第一耦接層包含一光學清透黏著劑。

【0048】 項目 6 係一種用於搭配一可撓 OLED 顯示裝置使用的窗膜，其包含：

一覆蓋窗膜；及

在該覆蓋窗膜之一主表面上的一耦接層，

其中當該覆蓋窗膜機械地耦接至該 OLED 顯示裝置（該 OLED 顯示裝置以下列次序具有該覆蓋窗膜、該耦接層、包括一 OLED 及在該 OLED 相對於該覆蓋窗膜之一側上的一 OLDE 基材的一顯示模組，及一下模組）時，則 $(LS / W^2) > 0.001$ 或 0.07 或 1.2 ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，且 W 係該窗膜的一剛性。

【0049】 項目 7 係項目 6 之窗膜，其進一步包括在該耦接層相對於該覆蓋窗膜之一側上的一襯墊。

【0050】 項目 8 係項目 6 或項目 7 之窗膜，其中該耦接層包含一光學清透黏著劑。

【符號說明】

【0051】

10...上模組

12...耦接層

14...觸控感測器面板/圓偏光器

16...耦接層

18...OLED

20...OLED 基材

22...耦接層

24...下模組

30...上模組

32...耦接層

34...OLED

35...圓偏光器

36...OLED 基材

38...耦接層

40...下模組

42...上模組

44...耦接層

46...OLED

48...OLED 基材

50...耦接層

52...下模組

54...覆蓋窗膜

56...耦接層

58...襯墊

60...上模組

61...頂表面

62...顯示模組

63...端

64...下模組

65...耦接層

67...耦接層

申請專利範圍

1. 一種可撓有機發光二極體(OLED)顯示裝置，其包含：
 一上模組，其具有一覆蓋窗膜；
 一下模組；
 在該上模組與該下模組之間的一顯示模組，該顯示模組包括一 OLED 及在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材；及
 在該 OLED 與該上模組之間的一觸控感測器，
 其中該上模組具有一第一楊氏模數，該下模組具有一第二楊氏模數，且該第一楊氏模數與該第二楊氏模數不同，
 其中 $(LS / TW) > 0.001$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，T 係該觸控感測器的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。
2. 如請求項 1 之顯示裝置，其中 $(LS / TW) > 0.07$ 。
3. 如請求項 1 之顯示裝置，其中 $(LS / TW) > 1.2$ 。
4. 如請求項 1 之顯示裝置，其進一步包含在該覆蓋窗膜與該觸控感測器之間的一第一耦接層、在該觸控感測器與該 OLED 之間的一第二耦接層、及在該 OLED 基材與該下模組之間的一第三耦接層。
5. 如請求項 4 之顯示裝置，其中該第一耦接層的一剪切模數在室溫下大於 150 kPa。
6. 如請求項 4 之顯示裝置，其中該第一耦接層及該第二耦接層各自包含一光學清透黏著劑。
7. 如請求項 1 之顯示裝置，其中該覆蓋窗膜包含一薄玻璃。
8. 一種可撓有機發光二極體(OLED)顯示裝置，其包含：
 一上模組，其具有一覆蓋窗膜；
 一下模組；
 在該上模組與該下模組之間的一顯示模組，該顯示模組包括一

OLED 及在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材；及

在該 OLED 與該上模組之間的一圓偏光器，

其中該上模組具有一第一楊氏模數，該下模組具有一第二楊氏模數，且該第一楊氏模數與該第二楊氏模數不同，

其中 $(LS / (CP)W) > 0.004$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該 OLED 基材的一剛性，CP 係該圓偏光器的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

9. 如請求項 8 之顯示裝置，其中 $(LS / (CP)W) > 0.02$ 。

10. 如請求項 8 之顯示裝置，其中 $(LS / (CP)W) > 0.25$ 。

11. 如請求項 8 之顯示裝置，其中該 OLED 包括一觸控感測器。

12. 如請求項 8 之顯示裝置，其進一步包含在該覆蓋窗膜與該圓偏光器之間的一第一耦接層，及在該 OLED 基材與該下模組之間的一第二耦接層。

13. 如請求項 12 之顯示裝置，其中該第一耦接層的一剪切模數在室溫下大於 150 kPa。

14. 如請求項 12 之顯示裝置，其中該第一耦接層包含一光學清透黏著劑。

15. 如請求項 8 之顯示裝置，其中該覆蓋窗膜包含一薄玻璃。

16. 一種可撓有機發光二極體(OLED)顯示裝置，其包含：

一上模組，其具有一覆蓋窗膜；

一下模組；及

在該上模組與該下模組之間的一顯示模組，該顯示模組包括一 OLED 及在該 OLED 與該下模組之間的一 OLED 基材，

其中該上模組具有一第一楊氏模數，該下模組具有一第二楊氏模數，且該第一楊氏模數與該第二楊氏模數不同，

其中 $(LS / W^2) > 4 \times 10^{-6}$ ，其中 L 係該下模組的一剛性，S 係該

OLED 基材的一剛性，且 W 係該覆蓋窗膜的一剛性。

17. 如請求項 16 之顯示裝置，其中 $(LS / W^2) > 4 \times 10^{-5}$ 。
18. 如請求項 16 之顯示裝置，其中 $(LS / W^2) > 0.002$ 。
19. 如請求項 16 之顯示裝置，其中該 OLED 包括一觸控感測器。
20. 如請求項 16 之顯示裝置，其進一步包含在該覆蓋窗膜與該 OLED 之間的一第一耦接層，及在該 OLED 基材與該下模組之間的一第二耦接層。
21. 如請求項 20 之顯示裝置，其中該第一耦接層的一剪切模數在室溫下大於 150 kPa。
22. 如請求項 20 之顯示裝置，其中該第一耦接層包含一光學清透黏著劑。
23. 如請求項 16 之顯示裝置，其中該覆蓋窗膜包含一薄玻璃。

圖式

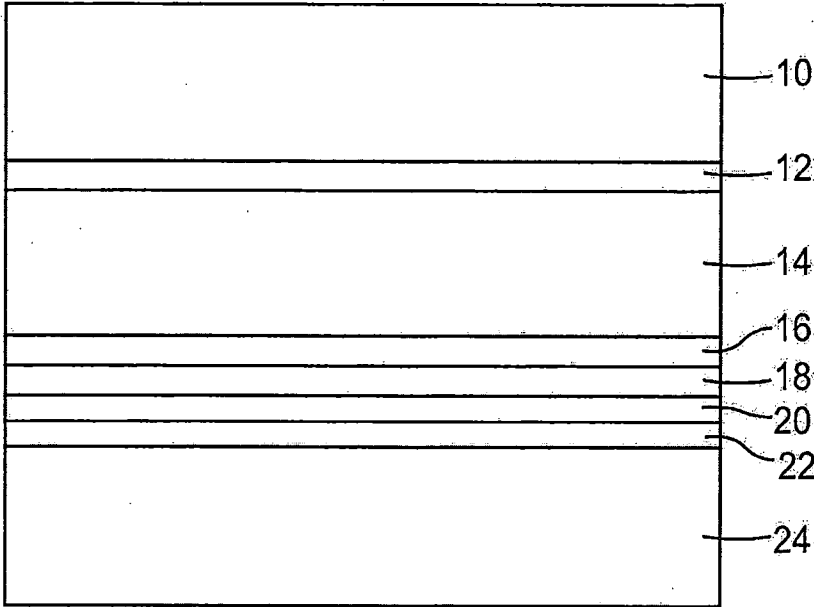


圖1

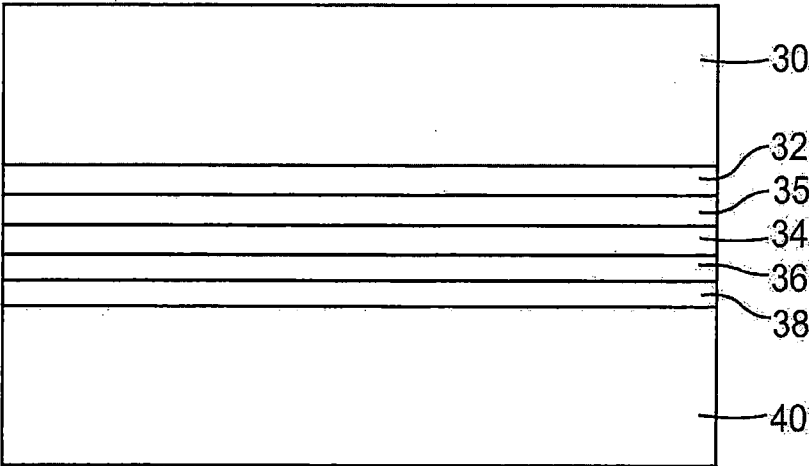


圖2

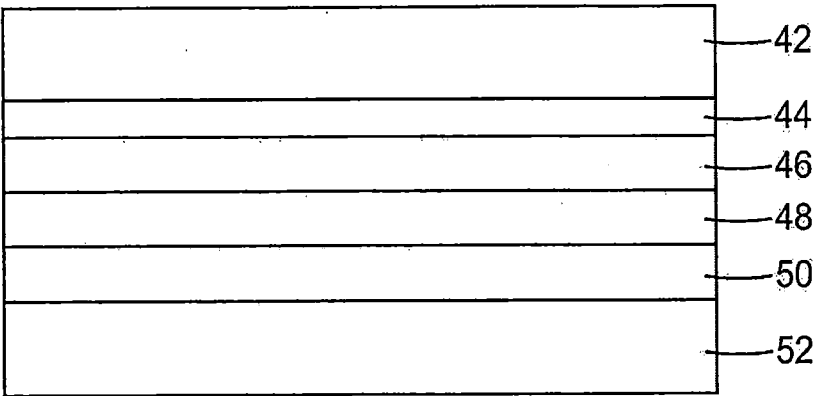


圖3

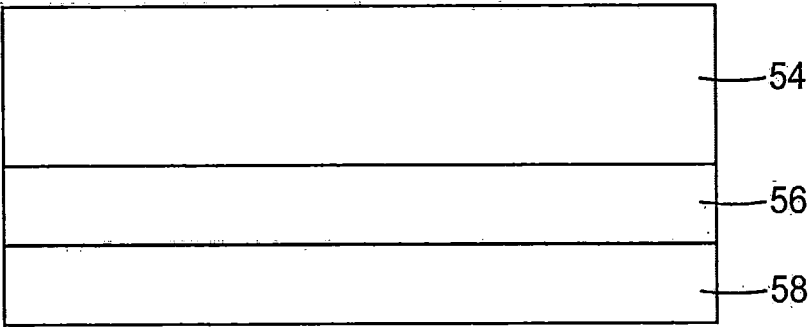


圖4

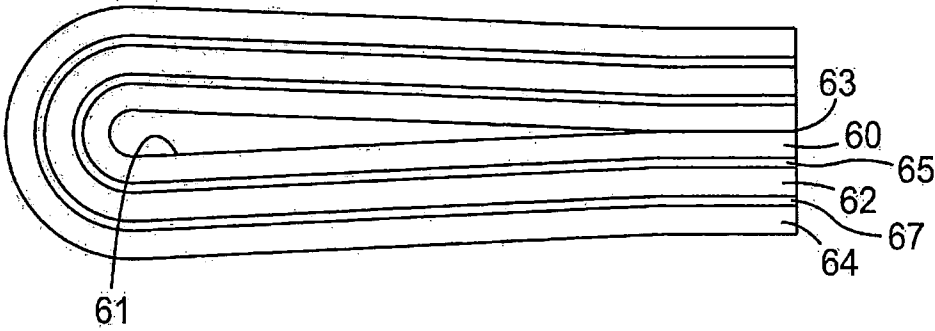


圖5

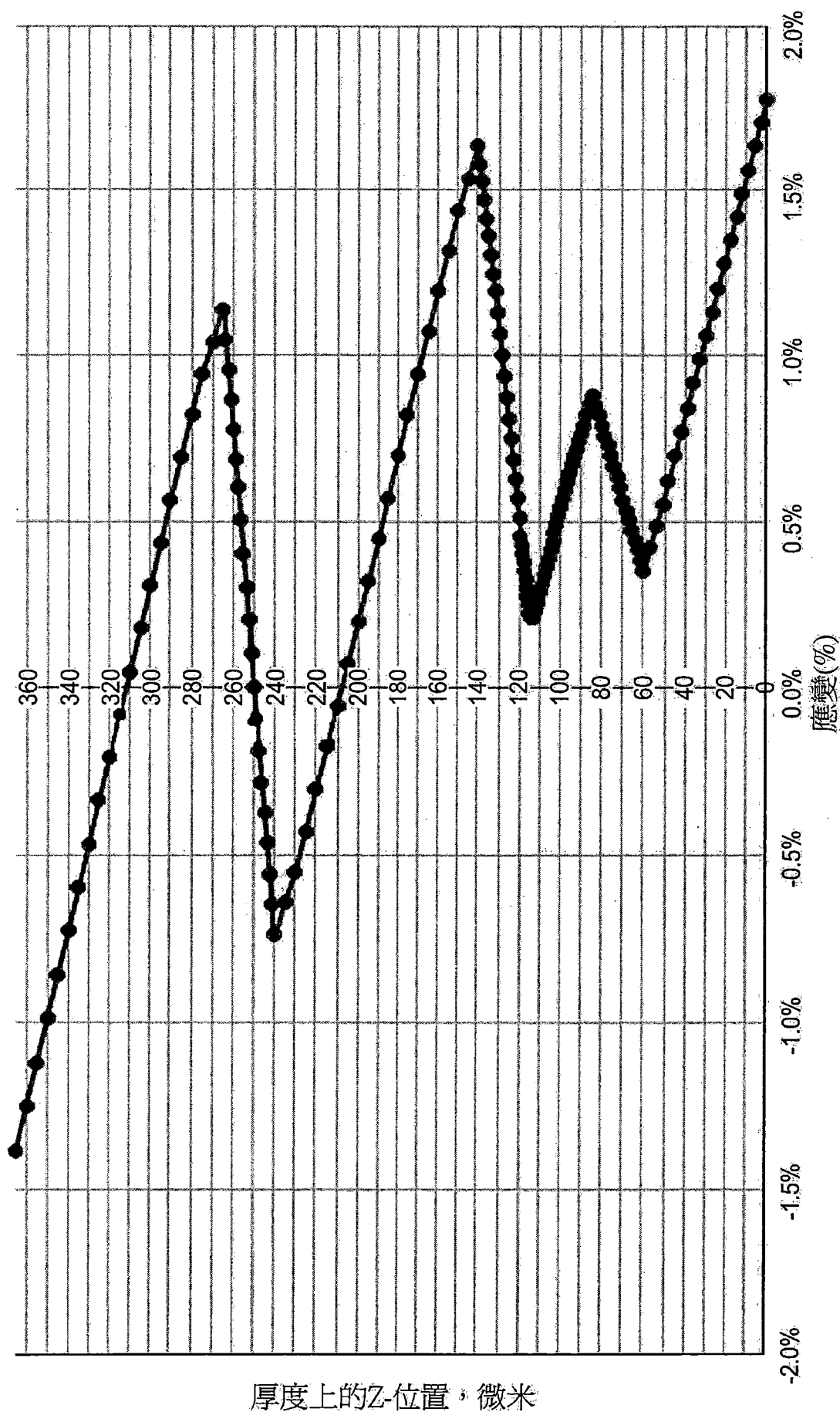


圖6

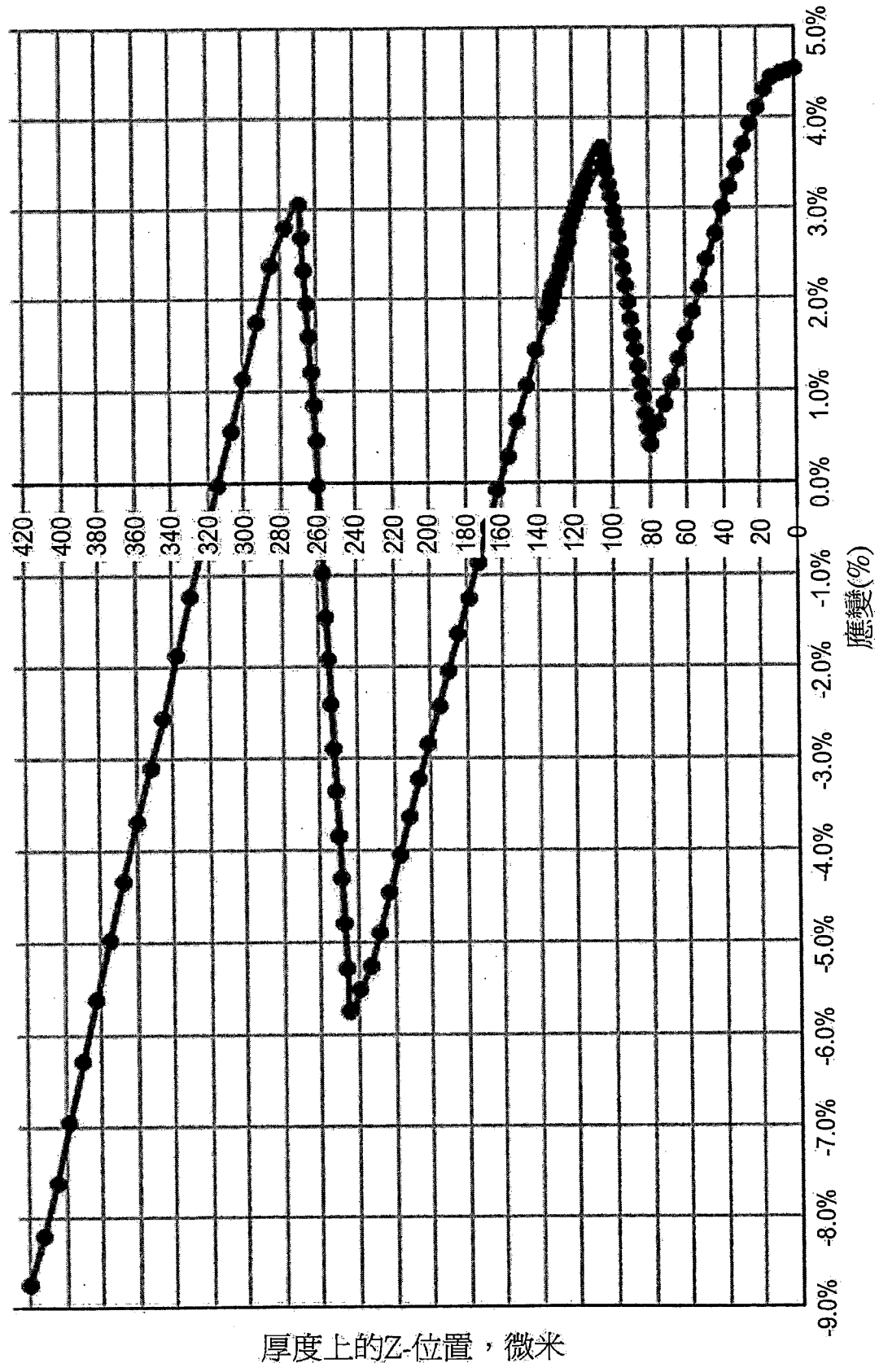


圖7

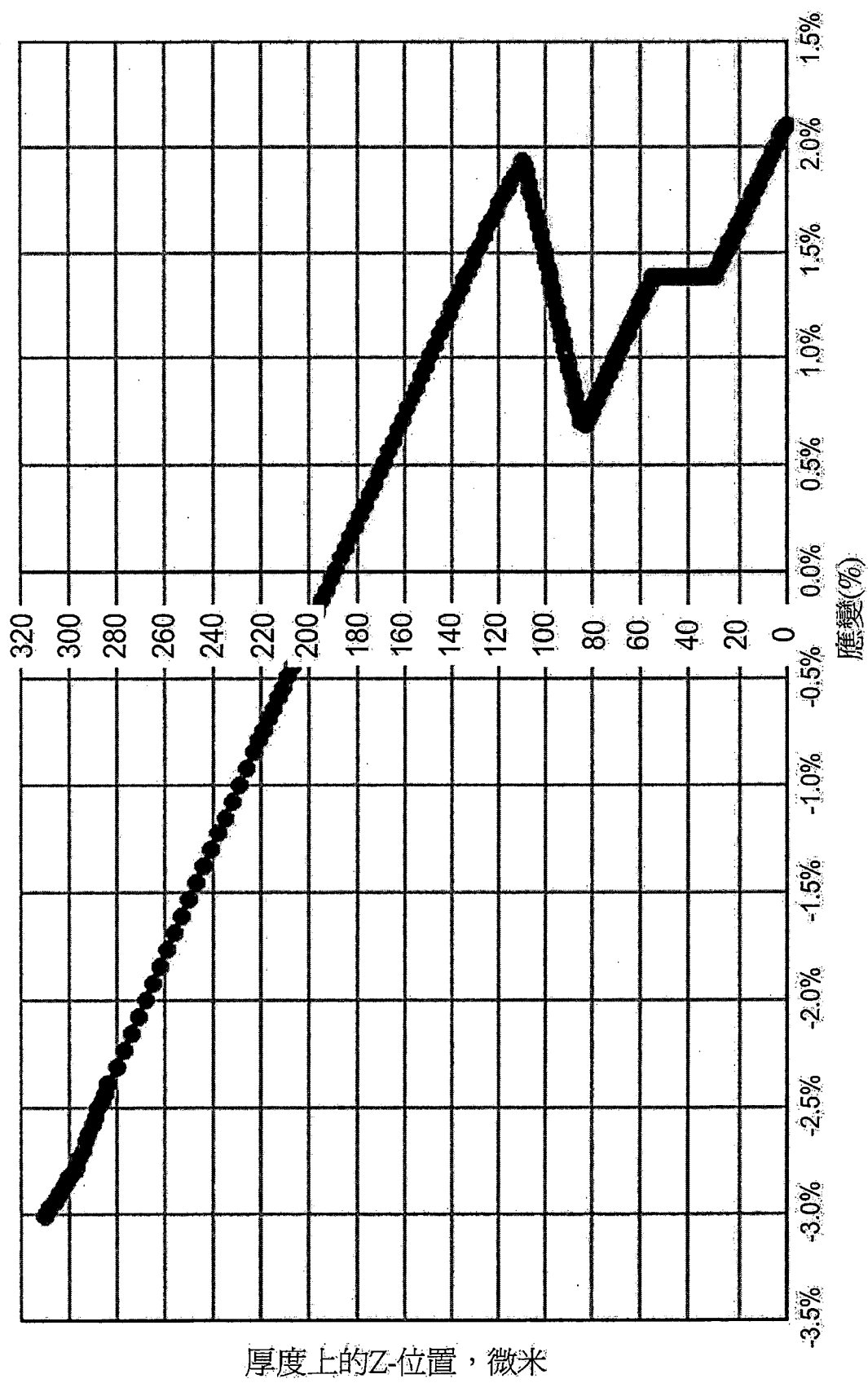


圖8