

(21)申請案號：100130523

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 25 日

(51)Int. Cl. : G01B5/20 (2006.01)

G01B21/20 (2006.01)

(30)優先權：2010/08/27 美國

12/870,134

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

美國

(72)發明人：艾伯特約翰史提勒三世 ABBOTT III, JOHN STEELE (US)；哈維丹尼爾 R HARVEY,

DANIEL R. (US)；烏斯坦尼克柯瑞羅伯特 USTANIK, CORREY ROBERT (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：13 共 49 頁

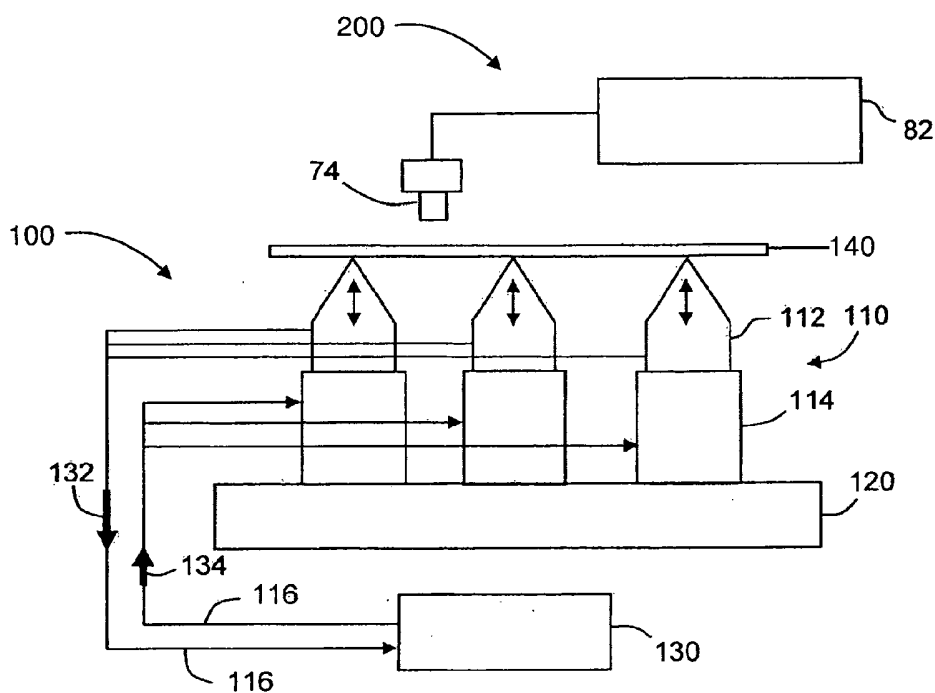
(54)名稱

用以估計無重力外形的方法及裝置

METHODS AND APPARATUS FOR ESTIMATING GRAVITY-FREE SHAPES

(57)摘要

茲提供用以估計彈性物體(140)的無重力外形的方法及裝置(100、200)，彈性物體例如係玻璃薄片。在一些實施例中，利用釘床(BONs)錶(100)，產生無重力外形估計值，且接著利用第二錶(200)，以較高空間解析度測量外形，及從第二錶測量的外形，減去 BON 錶的銷(110)間理論凹陷。在其他實施例中，外形測量係在物體(140)的兩側進行，且外形測量並用於估計無重力外形估計值的可靠度。在進一步的實施例中，釘床錶(100)採用最小平方極小化程序來調整銷(110)的高度。



74：感測頭

82：控制器

100：BON 測量系統/
錶

110：銷

112：荷重元

114：高度調整器

116：電路

120：錶基底

130：處理器

132：訊號

134：訊號

140：測量對象/基板

200：測量系統/錶

(21)申請案號：100130523

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 25 日

(51)Int. Cl. : **G01B5/20 (2006.01)**

G01B21/20 (2006.01)

(30)優先權：2010/08/27 美國

12/870,134

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

美國

(72)發明人：艾伯特約翰史提勒三世 ABBOTT III, JOHN STEELE (US)；哈維丹尼爾 R HARVEY,

DANIEL R. (US)；烏斯坦尼克柯瑞羅伯特 USTANIK, CORREY ROBERT (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：13 共 49 頁

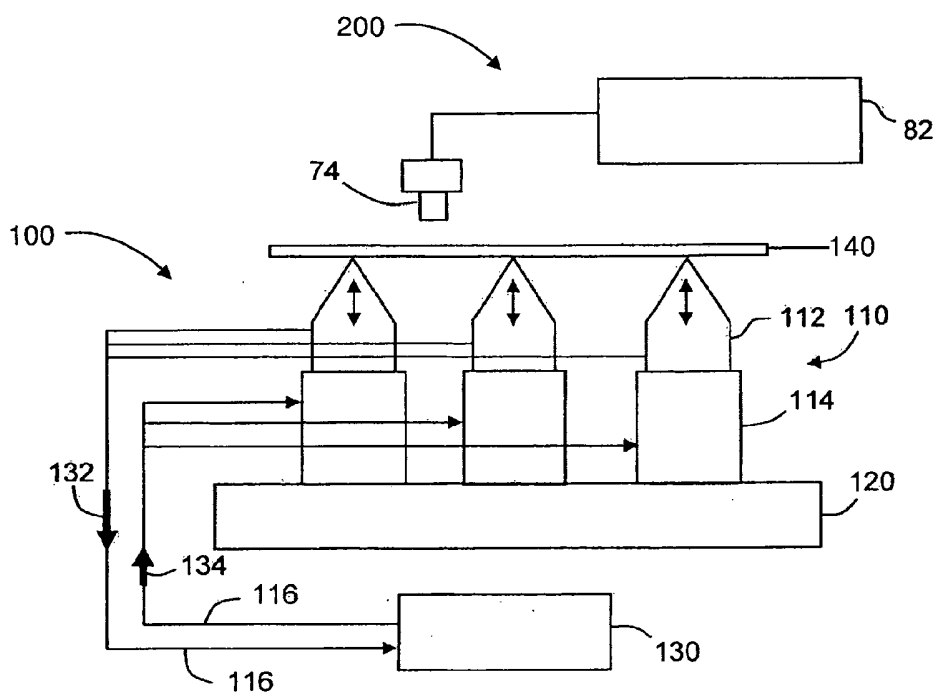
(54)名稱

用以估計無重力外形的方法及裝置

METHODS AND APPARATUS FOR ESTIMATING GRAVITY-FREE SHAPES

(57)摘要

茲提供用以估計彈性物體(140)的無重力外形的方法及裝置(100、200)，彈性物體例如係玻璃薄片。在一些實施例中，利用釘床(BONs)錶(100)，產生無重力外形估計值，且接著利用第二錶(200)，以較高空間解析度測量外形，及從第二錶測量的外形，減去 BON 錶的銷(110)間理論凹陷。在其他實施例中，外形測量係在物體(140)的兩側進行，且外形測量並用於估計無重力外形估計值的可靠度。在進一步的實施例中，釘床錶(100)採用最小平方極小化程序來調整銷(110)的高度。



74：感測頭

82：控制器

100：BON 測量系統/
錶

110：銷

112：荷重元

114：高度調整器

116：電路

120：錶基底

130：處理器

132：訊號

134：訊號

140：測量對象/基板

200：測量系統/錶

六、發明說明：

本申請案主張西元 2010 年 8 月 27 日申請的美國專利申請案第 12/870134 號的優先權權益。

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用以估計彈性物體的無重力外形的方法及裝置，彈性物體例如係用於顯示設備（如液晶顯示器（LCDs））的玻璃薄片。

【先前技術】

知道彈性物體（如玻璃片）的無重力外形有益於理解及控制(1)物體製造製程，例如製造玻璃片的下拉融合製程和(2)物體使用時的行為，例如玻璃片真空夾持平面的行為。該等例如可參見共同讓渡的美國專利案第 7,509,218 號和 PCT 專利公開案第 WO 2009/108302 號，該兩個專利案的全文以引用方式併入本文中。

玻璃片做為顯示設備基板時，由於玻璃片變得較大、較薄，因此測定玻璃片的無重力外形特別具有挑戰性。例如，液晶顯示器的第 10 代基板的面積大於 9 平方公尺（2880 毫米（mm）×3130mm）、且厚度為 0.7mm，且更薄的玻璃片益發普及。雖然美國專利案第 7,509,218 號的「釘床（BONs）」技術可偕同更大、更薄的玻璃片使用，但達高解析度所需的測量組件數量（即可調銷與荷重元

組合數量) 會隨玻璃片變大而增多。如此將提高裝備成本。又, 組件數量越多, 不良測量組件造成誤差也越頻繁。另外, 美國專利案第 7,509,218 號用以調整可調銷高度的較佳演算法係固定三個銷的位置。實際上, 固定高度會導致外形誤差集中在固定高度銷所支撐的玻璃片位置, 因而降低外形測定的準確度。

本發明提供(1)就特定測量組件數量而言, 可達更高解析度的方法及裝置、(2)確認外形測定可靠度的方法及裝置和(3)將外形誤差分散於整組可調銷/荷重元組件的方法及裝置。該等特徵結構可單獨或結合使用, 並從而可用來解決上述利用 BON 技術測定無重力外形相關的一些或所有問題。

【發明內容】

根據第一態樣, 揭露估計彈性物體(140)的無重力外形的方法, 方法包括:

(I) 使彈性物體(140)支撐在複數個高度可調銷(110)上;

(II) 反覆下列步驟, 以調整可調銷(110)的高度:

(A) 測量彈性物體(140)於各銷(110)的重量(112); 以及

(B) 依據測量重量, 調整銷(110)的高度(114);

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或

更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

(IV) 在不自銷(110)上移開彈性物體(140)的情況下，於步驟(III)後，利用測量系統(200)，測量彈性物體的外形，測量系統(200)具有比任兩個銷(110)間的最小間距還精細的空間解析度；以及

(V) 從步驟(IV)的測量外形，減去銷所支撐的扁平物體的計算外形，扁平物體具有和彈性物體(140)一樣的尺寸和機械性質，且所得差異為彈性物體(140)的無重力外形的估計值。

根據第二態樣，揭露估計彈性物體(140)的無重力外形的的方法，彈性物體(140)具有相對的第一和第二表面，方法包括：

(I) 使彈性物體(140)的第一表面支撐在複數個高度可調銷(110)上；

(II) 反覆下列步驟，以調整可調銷(110)的高度(114)：

(A) 測量彈性物體(140)於各銷(110)的重量(112)；以及

(B) 依據測量重量，調整銷(110)的高度(114)；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

(IV) 在不自銷(110)上移開彈性物體(140)的情況下，於步驟(III)後，利用測量系統(200)，測量彈性物體的外形，測量系統(200)具有比任兩個銷(110)間的最小間距還精細的空間解析度；

(V) 使彈性物體(140)的第二表面支撐在複數個高度可調銷(110)上；

(VI) 反覆下列步驟，以調整可調銷(110)的高度(114)：

(A) 測量彈性物體(140)於各銷(110)的重量(112)；以及

(B) 依據測量重量，調整銷(110)的高度(114)；

(VII) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(VI)；

(VIII) 在不自銷(110)上移開彈性物體(140)的情況下，於步驟(VII)後，利用測量系統(200)，測量彈性物體的外形，測量系統(200)具有比任兩個銷間的最小間距還精細的空間解析度；

(IX) 依據彈性物體(140)上的物理位置，校準步驟(IV)與步驟(VIII)的測量資料；以及

(X) 利用步驟(IX)的校準資料，計算彈性物體(140)的無重力外形的估計值。

根據第三態樣，揭露估計彈性物體(140)的無重力外形的方法，方法包括：

(I) 使彈性物體(140)支撐在複數個高度可調銷(110)上；

(II) 反覆下列步驟，以調整可調銷(110)的高度(114)：

(A) 測量彈性物體(140)於各銷(110)的重量(112)；以及

(B) 依據測量重量，調整銷(110)的高度(114)；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

其中：

(i) 銷(110)的高度(114)為彈性物體(140)的無重力外形的估計值；以及

(ii) 最小平方極小化程序用來將步驟(II)(A)的測量重量轉換成步驟(II)(B)的高度調整值。

以上發明內容所述各種態樣中的元件符號僅為便於讓讀者理解，而不宜、也不應解釋成限定本發明的保護範圍。更廣泛地說，應理解以上概要說明和下述詳細說明僅為示例本發明及擬提供概觀或架構，以對本發明的本質和特性有所了解。

本發明的附加特徵和優點將詳述於後，且熟諳此技術者在參閱或實行本發明所述示例實施方式後，在某種程度上將變得更清楚易懂。附圖提供對本發明的進一步了解，故當併入及構成說明書的一部分。應理解說明書和圖式所述各種特徵結構可以任何或全部組合的方式使用。

【實施方式】

如上所述，本發明係關於用以測定彈性物體的無重力外形的釘床(BON)技術。為便於描述，以下討論通常特別提及玻璃片(或玻璃基板)，然應理解本發明不限於

玻璃片/基板，而是可偕同期望知道物體無重力外形的任何彈性物體使用。

第 1 圖為 BON 測量系統 100（在此亦稱為「BON 錶」）的實施例示意圖，BON 測量系統 100 可用於實行本發明。在此系統中，一組銷從底下支撐片材。銷能垂直移動且可測量來自片材的支撐力。也可測量各銷的可移動範圍。

更特別地，BON 錶 100 可包括複數個銷 110、錶基底 120 和處理器 130。彈性物體當作測量對象 140，在第 1 圖中，測量對象 140 為玻璃基板 140。基板 140 安置在複數個銷 110 的頂部，且當測量對象 140 在重力下撓曲時，各銷 110 將承受特定重量。每一銷 110 包括荷重元 112，以測量銷 110 所支撐的特定重量。荷重元 112 可裝設在高度調整器 114 的頂部，高度調整器 114 係以已知方式（較佳為機動）調整銷 110 的高度的設備。也可採取其他配置方式，例如將荷重元 112 設於下方並核算高度調整器 114 的重量。

每一荷重元 112 可經由電路 116 將測量銷力量相關的測量訊號 132 傳送到處理器 130，且處理器 130 接著可進行演算法（參見以下說明）來計算各銷 110 所需的高度調整值。處理器 130 可經由電路 116 將調整訊號 134 傳送到各高度調整器 114，以執行計算而得的高度調整值。

如第 1 圖所示，在一些實施例中，整體測量系統可包

括第二測量系統 200 (在此亦稱為「第二錶」)，測量系統 200 的空間解析度比 BON 錶還精細。特別地，第二錶 200 可具有比任兩個銷 110 間的最小間距還精細的空間解析度。錶 200 可包括相對基板 140 掃描的感測頭 74 和控制器 82，控制器 82 控制感測頭的移動及接收來自感測器有關基板外形的測量資料。通常，特別是對大基板而言，掃描將涉及移動感測頭 74，同時使基板 140 固定不動，然若有需要，基板可相對感測頭移動，或者基板與感測頭均可移動。錶 200 例如可包含雷射位移感測器，但也可視需求使用此技術領域已知用於測量距離的其他設備。雷射設備可包括簡易雷射測距設備或更精巧的設備，例如邁克生 (Michelson) 干涉儀。適合的感測器例如係美國 Keyence 公司 (位於美國新澤西州 Woodcliff Lake) 販售的 LT8110 共焦雷射位移感測器。適合感測器的其他製造業者包括位於美國北卡羅來納州 Raleigh 的 Micro-Epsilon (如第二錶可包含由 Aerotech 公司 (位於美國賓州 Pittsburg) 的起重架支撐的 Micro-Epsilon 色像共焦位移感測器)。

概要而論，BON 測量系統係藉由調整銷高度操作，直到各銷支撐特定目標重量為止。目標重量係藉由對支撐在銷上的玻璃片做應力分析而決定，例如使用如 ANSYS 公司 (位於美國賓州 Canonsburg) 販售的市售軟體進行有限元素應力分析。當所有銷處於其特定重量時，所有銷正支撐呈無重力外形的特定基板。銷此時的垂直高度

提供基板的無重力外形的估計值，估計值的空間解析度由各銷間距決定。若期望估計值有更精細的空間解析度，則可利用第二錶來掃描基板表面及於銷處和銷間測量整個表面的高度，以測量由可調銷保持呈無重力構造的基板外形。接著可減去對完全平面片材而言存於銷間的四陷圖案，以修正由第二錶測得的測量值，完全平面片材具有實質相同的銷位置（如標稱位置）且具有和測量片材實質相同的尺寸與機械性質。

更特別地，在一實施例中，彈性物體的無重力外形例如可由以下流程估計，此流程例如可結合第 2 圖及第 3 圖流程的通稱元件和美國專利案第 7,509,218 號第 4 圖的電腦系統實行：

1.0 預先計算已知尺寸與機械性質的片材；

1.1 如利用有限元素分析，預先計算目標重量，以產生片材突出；通常，分析係假設片材有正確尺寸、均勻厚度和均一機械性質，且片材放在銷上使所有側（片材的標稱位置）的突出相同；若有需要，可放寬一或更多假設，例如可就依據片材於銷上的實際校準情形測量的各片材，計算預先計算的目標重量。

1.2 如利用有限元素分析，預先計算完全平面片材的四陷圖案，完全平面片材具有標稱尺寸、待測片材的機械性質和銷上的標稱位置。

1.3 預先計算「順」矩陣 E_{kj} ，矩陣 E_{kj} 連接第 k 個銷的重量變化 ΔW_k 和第 j 個銷的高度變化 Δh_j 。

1.4 利用最小平方極小化技術，預先計算「逆」矩陣 G_{jk}^{-1} ，矩陣 G_{jk}^{-1} 估計最平順的銷移動 Δh_j ，以最小化目標重量誤差的平方和。

2.0 反覆調整銷高度，直到銷重量與目標重量相差一預定量及/或銷高度的最大變化小於一預定量（如一玻璃基板差 1 微米），及/或直到完成預定反覆次數。

2.1 在 i 次反覆時， $h_j(i) = h_j(i-1) + \Delta h_j(i) = h_j(i-1) - g \times G_{jk}^{-1} \Delta W_k$ ，其中「 g 」為增益參數，增益參數一般小於 1.0；使用小於 1.0 的增益參數可增進測量值對片材內熱應力的靈敏度；增益等於 1.0 時，系統最初可能無法發現熱應力；若有需要，當可採用等於 1.0（或大於 1.0）的增益參數。

3.0 利用第二錶來掃描片材外形，以在比銷間距更精細的空間等級下，得到片材外形的測量資料。

3.1 從步驟 3.0 的錶測量值，減去由步驟 1.2 計算的凹陷圖案，以獲得估計外形。

步驟 1.1 中的預先計算目標重量可以類似美國專利案第 7,509,218 號的方式進行。由於已知片材尺寸（寬度/長度/厚度），且已知 BON 銷陣列的位置（ $N-x \times N-y$ 和銷間距），故可利用如上述商業 ANSYS® 有限元素軟體，計算已知尺寸的完全平面片材的理論重量。如此可獲得 k 個銷各自的目標重量 F_k 。

如上所述，在一些實施例中，整體外形測量系統可併入第二錶（如雷射錶），以測量所有銷處於最終位置後的

片材外形，並進而提供更詳細的片材外形測量。此測量不僅含有片材的無重力外形，此測量還包含銷間凹陷。

步驟 1.2 中的預先計算凹陷圖案提供機制來分離兩種促成第二錶測量外形的因素。特定言之，步驟 1.2 中的預先計算凹陷圖案提供特定銷間距和待測彈性物體的中間銷外形，並可從整體測量減去中間銷外形而留下預定無重力外形。應注意為避免與減去兩個大小相似的數字相關的問題，銷應足夠靠近，以緩和計算的中間銷凹陷圖案，即相較於第二錶測量物體的凹陷圖案不會太大。以玻璃基板為例，就特定銷間距而言，中間銷凹陷量主要取決於玻璃厚度，玻璃剛性（楊氏模數）則扮演次要角色。

步驟 1.2 中的預先計算凹陷圖案（ $S_{mn} = S(x_m, y_n)$ ）係針對完全平面片材。此凹陷解例如可在步驟 1.1 進行分析的同時獲得（如利用和步驟 1.1 一樣的套裝軟體）。步驟 1.2 預先計算的凹陷圖案可用於步驟 3.1，以「消除」平面片材會有的銷間凹陷。特別地，可從第二錶測量的凹陷圖案減去平面片材的預先計算凹陷圖案。若銷高度係唯一的外形資訊，則正對銷處沒有凹陷，故不需要上述減法。為讓減法生效，需以第二錶測量的網格精細度計算（或內插）凹陷解。故在一些實施例中，步驟 1.2 可具有兩個部分：獲得凹陷解的步驟 1.2a 和將解內插到預定測量網格的步驟 1.2b。

在類似美國專利案第 7,509,218 號的方式中，步驟 1.3

預先計算「順」矩陣 E_{kj} ，矩陣 E_{kj} 連接第 k 個銷的重量變化 ΔW_k 和第 j 個銷的高度變化 Δh_j ：

$$\Delta W_k = \sum_j E_{kj} \Delta h_j。$$

有了目標重量 F_k 、「銷矩陣」 E_{kj} 和凹陷矩陣 S_{mn} ，下一步驟涉及往上或往下移動 k 個銷，使所有銷承受實質正確的目標重量。此係反覆進行，以得到盡可能準確的銷位置和最終重量。採行反覆程序係基於一些理由，包括：
(a) 每次反覆時，測量的銷上重量和銷高度有小誤差；(b) 調整銷高度時，若移動太多，銷可能未接觸到片材，導致大幅增加達到最終「正確」結果的困難度；以及 (c) E_{kj} 矩陣係依據平面片材響應使用「線性」模型，「實際」作用可取決於特定片材外形和特定反覆時的銷位置；利用反覆方法， E_{kj} 只需大致正確即可。

在任一次反覆中，銷具有高度 h_j 和重量 W_k 。重量誤差為 $\Delta W_k = W_k - F_k$ 。若誤差為負，表示第 k 個銷上的重量小，且若誤差為正，表示重量大。大致來說，若銷重量小，則需提高高度，但改變某一銷的高度會影響鄰近的銷。

為一次測定所有銷的高度變化，即一次修正所有重量，期利用已知的重量誤差 ΔW_k 和 E_{kj} 矩陣來解未知的 Δh_j ，即從下列方程式解 Δh_j ：

$$\Delta W_k = \sum_j E_{kj} \Delta h_j。$$

雖然矩陣 E_{kj} 係二次冪，但不能單純把矩陣 E_{kj} 反轉而簡

化解法：

$$\Delta h_j = \sum_k (E_{kj})^{-1} \Delta W_k。$$

此乃因儘管有 k 個銷，然實際上 E_{kj} 中只有 $k-3$ 個獨立行，或者矩陣方程式中只有 $k-3$ 個獨立方程式。與銷上保持固定不動的片材相關的自由度有 3 個（類似「3 點決定一平面」）。 k 個銷全可以相同的小高度變化往上移動，且重量分布不變。同樣地，水平方向些微傾斜或垂直方向些微傾斜將改變銷高度，但不改變重量變化（因調整值小）。此另一說法為「無損普遍性」，平均平面可擬合銷所決定的整個片材外形，且銷經調整使平均平面在預定高度呈平坦。

前述有 k 個銷、但只有 $k-3$ 個方程式的問題的處理方法為挑選 3 個銷做為「固定銷」，並且不調整該三個銷的高度（因「無損普遍性」，上述平均平面可傾斜使任三個銷達預定高度，又不改變該組 k 個銷上的重量）。可從矩陣方程式消除該等銷和對應方程式，如此矩陣方程式變成針對 $k-3$ 個重量誤差和 $k-3$ 個銷高度調整值的方程式且帶有可反轉的 $(k-3) \times (k-3)$ 平方矩陣。

先前實施方式忽略 3 個固定銷上的重量誤差。先前假定其他 $k-3$ 個銷上的重量誤差若可排除，則 3 個固定銷上的重量誤差亦可排除。實際上並非總是如此，且 3 個固定銷上的剩餘誤差可能比其他銷上的誤差大。例如，若片材尺寸不全然正確，或者片材不全然呈矩形，或者片材不全然在銷陣列上，則不可能移動銷而完全達到目

標重量。特別地，在片材不全然置中的情況下，先前的程序可收斂成可動銷上有小重量誤差，且 3 個固定銷則有與片材重心不全然置中在銷陣列上相關的大誤差。

重要的是，此問題對大片材而言會變得更嚴重。在 3×3 的銷陣列上， $3/9$ 的銷係固定的，且「均勻的」重量誤差集中在 $1/3$ 的銷，故差異因數約 3 倍。然在 9×9 的陣列上， $3/81$ 的銷係固定的，故重量誤差的集中程度變成 27 倍。此足以影響片材形狀，並且在一些情況下會影響反覆方案收斂。3 倍至 27 倍的分析結果近似，且確切影響取決於什麼造成固有重量誤差。

如以上步驟 1.4 所述，不利用固定銷方法，而是利用最小平方極小化方法得到逆矩陣 G_{jk}^{-1} 。利用此方法，銷能更準確地達到目標重量。應注意雖非首選，但若有需要，固定銷方法（或其他方法）可配合本發明的其他態樣使用。

相較於固定銷方法，最小平方技術有較佳結果，因為最小平方技術可最小化所有銷上的重量誤差。熟諳此技術者當可從本發明得知各種方式來建立容易實行的最小平方技術。在一實例中，該程序可最小化函數：

$$X^2 = \sum_k (\Delta W_k - \sum_j E_{kj} \Delta h_j)^2 + \lambda_a \sum_{x,y} (0 - \frac{d^2 \Delta h_j}{dx^2})^2 + \sum_j \lambda_b(j) (0 - \Delta h_j)^2。$$

在此表式中，第一項迫使銷高度變化為「零」銷重量誤差。第二項迫使銷高度變化平緩。特別地，第二項包括對 x 與 y 的二階導數。參數 λ_a 係可調參數，用以決定

擬合資料（第一項）與達到平緩（第二項）間的相對重要性。此可看成類似「張力仿樣」的 Powell 標準（參見 Dierckx, P., *Curve and Surface Fitting with Splines*, Oxford Univ. Press 1995, p.49 equation (3.10)）。第三項容許選擇 3 個「幾乎固定」點，且第三項為類似固定銷方法的最小平方數。在第三項中，參數 $\lambda_b(j)$ 對 3 個銷以外的所有銷而言為零。若第三項為零，則無任何作用；若第三項不為零，則第三項亦為決定擬合資料（第一項）與迫使 3 點固定（最後一項）間的相對重要性的可調參數。由於第一項實際只有 $k-3$ 個「自由度」，故加入最後一項將使系統變成有 k 個自由度，並加入中間項將進一步穩定數值解。 λ_a 和 $\lambda_b(j)$ 的典型值為： $\lambda_a = 0.00001$ ，而 $\lambda_b(j \text{ 「固定」}) = 8$ ($\lambda_b(j)$ 不為零)。

在最終反轉的矩陣方程式中，第一項與矩陣 E_{kj} 有關，第二項與對應 x -和 y -導數的兩個矩陣 $D1_{kk}$ 和 $D2_{kk}$ 有關，且最後一項與矩陣 D_{kk} 有關（所有矩陣為二次冪）。接著可將所有矩陣結合成單一 $k \times 4k$ 矩陣而產生擴充矩陣：

$$G_{k+k+k+k,j} = [E_{kj} \ D_{kk} \ D1_{kk} \ D2_{kk}]。$$

是以「資料」現看起來像 $z_{k+k+k+k} = [\Delta W_k \ 0_k \ 0_k \ 0_k]$ ，其中 0_k 為零的向量。

可以奇異值分解法來解方程式 $z_{k+k+k+k} = G_{k+k+k+k,j} \Delta h_j$ （參見 Press 等人，*Numerical Recipes: The Art of Scientific Programming*, Cambridge Univ. Press 1986 [Chapter 2.9

Singular Value Decomposition])，而只保留第 k 個較大分量。計算擬逆矩陣 G_{jk}^{-1} （如同上述預先計算步驟 1.0 的一部分），以得下列方程式表示的預定銷高度變化：

$$\Delta h_j = \sum_k G_{jk}^{-1} \Delta W_k。$$

雖然此方程式的形式和先前方法一樣，但因 G_{jk}^{-1} 係依據最小平方極小化，故利用此方程式的銷調整過程會收斂成減少所有銷上的重量誤差的解。

就一些應用而言，僅測量物體一側即足以估計彈性物體（如彈性片材）的無重力外形。然其他情況則期望把物體翻轉，並在另一側進行另一組測量。例如，藉由測量兩側（在此稱為「A 側」和「B 側」）及確認兩種無重力外形相符，可使錶變成自行驗證。在一實例中，利用 9×11 的網格上的 99 個銷（節距為 175mm），測量 $1500\text{mm} \times 1850\text{mm} \times 0.70\text{mm}$ 的片材。A 側和 B 側結果與 27 微米的標準差一致。相較之下，片材外形的最大值與最小值相差 7.6mm。

兩側測量方法例如可利用以下流程付諸實行，其中步驟編號係接續上述流程。

4.0 就 A 側和 B 側進行步驟 2.0、2.1 和 3.0（但不進行步驟 3.1）。

4.1 校準 B 側外形，使 B 側外形與 A 側外形逐點相符後，按下列步驟，比較 A 側外形和 B 側外形：

4.1.1 平均外形定義為 $(A+B)/2$ 。

4.1.2 平均估計凹陷定義為 $(A-B)/2$ 。

4.1.3 平均剩餘值定義為 $(A-B)/2$ - 步驟 1.2 計算的凹陷。注意剩餘值和下列一樣：

$$1/2\{(A-\text{計算凹陷}) - (B-\text{計算凹陷})\}。$$

4.1.4 計算均方偏差 (SIGMA) = 標準差(剩餘值)，以及

範圍_剩餘值 = |最大值-最小值|(剩餘值)，以及

$$\text{範圍_外形} = |\text{最大值}-\text{最小值}|(\text{外形})。$$

4.1.5 訊噪比 (SNR) 度規則為：

$$\text{SNR} = \text{範圍_外形} / \text{範圍_剩餘值}。$$

以上流程係假定不進行步驟 3.1。若有需要，步驟 3.1 可偕同校準步驟 4.1 進行，及/或步驟 4.1.1 至步驟 4.1.5 的比較參數可考量使用此步驟而依需求調整。

檢視 SNR 和 SIGMA 可評估錶的準確度。若 $\text{SNR} > 10$ ，則不易從視覺上分辨 A 側外形和 B 側外形；若 $\text{SNR} > 40$ ，則是非常困難，此通常需剩餘值的等高線圖才能看出有何不同。若 SNR 不夠大，則可重複進行 A 側或 B 側測量，以確認錶重複性本身係足夠的。

在步驟 4.1 中，校準 A 側和 B 側測量，以比較片材上的相同物理點，其中片材外形有相同垂直位向。例如，A 側視為參考點，且 B 側相當於沿著平行 BON 的 y 軸且穿透片材中央的軸翻轉片材時，校準可以數學式表示為：校準_凹陷 $B(x, y) = -\text{測量_凹陷 } B(-x, y)$ 。亦可就片材的 A 側與 B 側間的其他關係，取得對應表式，其他關係例

如為沿著平行 BON 的 x 軸的軸翻轉、翻轉結合片材平移等。

應注意可監測估計凹陷以確定已以預期方式完成翻轉。更應注意由於翻轉所致，在 A 側和 B 側測量期間，特定片材部分係由不同的銷支撐。故整體程序涉及兩組獨立的外形測量，因而提高測量可靠度的可信度。相較之下，每次測量時使用相同的銷對相同片材部分進行多重測量並不會提供同樣的測量可靠度可信度，因為故障銷每次將提供相同的誤差，此難以從資料中察覺。

就大片材而言，片材在片材的高側上可能傾斜超過銷的最大可移動範圍。為避免此問題，每次反覆後，可將片材的平均平面調整成實質水平且例如定位到銷的可移動範圍中間。視銷的最大可移動範圍而定，小片材不一定要做此調整。

上述數學程序很容易利用各種電腦裝備和各種程式語言或數學運算封包實行，例如利用 MATHEMATICA（位於美國伊利諾州 Champaign 的 Wolfram Research）、MATLAB（位於美國麻薩諸塞州 Natick 的 MathWorks）等。程序的輸出可為電子及/或紙本形式，且可以各種格式顯示輸出，包括表格和圖形形式。例如，可利用市售資料表達軟體（如 MICROSOFT 的 EXCEL 程式或類似程式）來製圖（包括地形圖）。所述程序的軟體實施例可以在如硬碟、磁片、光碟、快閃驅動裝置等各種形式上儲存及/或分配。軟體可在包括個人電腦、工作站、主機等

各種計算平台上操作。

在無意圖以任何方式限定本發明的情況下，本發明將進一步以下列實例說明。

實例 1

此實例說明採用第二錶且以比銷間距還高的解析度進行掃描的效用，及調整測量資料以產生銷間凹陷的益處。在此實例中，測量資料係藉由減去理論凹陷而調整。

第 2 圖顯示利用具 9 個銷的 BON 系統，測量 600mm×600mm×0.7mm 的玻璃片外形的結果，9 個銷排成 3×3 的陣列且間距為 250mm。圖顯示 9 個銷已移動來調整測量重量以符合目標值後的實際高度，圖並顯示在 20mm 的網格間距上進行雷射掃描而得的外形資料。單獨出自銷資料的唯一資訊係銷的高度。應注意第 2 圖（和第 3 圖、第 4 圖及第 9 圖）的垂直刻度比水平刻度精細，如此可更適當地視覺化片材外形。

就具有和樣品一樣的尺寸與同樣材料性質（密度、楊氏模數、帕松比（Poisson's Ratio））的平面片材而言，銷間的理論凹陷係以 ANSYS 計算且內插到和第 2 圖掃描測量一樣的網目。第 3 圖顯示依此計算的凹陷，圖中包括 9 個銷的理論位置供作參考。

接著從第 2 圖的測量資料，減去第 3 圖理論凹陷。結果顯示於第 4 圖。去除凹陷影響後所見為整片的詳細掃描，且掃描解析度比單獨從銷的 9 個資料點獲得的解析度高。

實際上，利用第二錶得到的外形資料可擬合如對 x 與 y 的 21-參數之五階多項式（包括從 x^5 至 y^5 項和所有混合項，例如 $x \times y^4$ 等）。特定言之，可針對測量網格為 30×30 的第二錶進行擬合，故有 900 個點可用於最小平方擬合 21-參數之五階多項式。對照之下，單獨從銷取得的 9 個資料點將完全擬合對 x 與 y 的三階多項式。由此清楚可知，五階擬合提供比三階擬合更好的片材外形特性描述。

實例 2

此實例說明用以修正銷間凹陷的另一理論凹陷方式。

第 5 圖為第 2 圖繪製測量外形資料的 2D 等高線圖，即像第 2 圖資料一樣，第 5 圖資料不包括凹陷修正。此資料將稱為「A 側」資料供作參考。第 6 圖為把片材翻轉及測量倒置側後所得測量資料（「B 側」資料）的 2D 等高線圖。第 7 圖顯示第 6 圖經「鏡面倒置」後的資料，故 x - y 網格對應和用於 A 側測量一樣的空間點。

第 8 圖顯示下列結果：(1)反轉第 7 圖資料（所得鏡面倒置及反轉資料為此實例的「校準資料」）；(2)將校準資料加到第 5 圖資料；以及(3)除以二，即第 8 圖顯示 $(A+B)/2$ ，其中 B 側資料在結合 A 側資料前已經鏡面倒置及反轉（即校準）。此過程計算出 A 側外形與 B 側外形（反射及反轉成類似 A 側）的平均數及抵消凹陷，因而不需減去如實例 1 的理論凹陷，即可得到外形估計值。

第 9 圖顯示第 8 圖（2D 等高線圖）資料以如實例 1 格式般繪製的 3D 圖。從圖可知，依據 $(A+B)/2$ 計算的第 9 圖十分類似藉由減去理論凹陷產生的對應第 4 圖。故有兩種不同方式來取得預定無重力外形，兩種方式均受惠於第二錶的較高掃描解析度。若有需要，可由兩種方式的差異定義剩餘值（參見以下說明）。

可單獨從測量資料計算 $(A-B)/2$ 而得重力凹陷估計值，其中 B 側資料亦經鏡面反射及反轉。第 10 圖顯示此計算結果。對照之下，第 11 圖為第 3 圖理論凹陷的 2D 等高線圖。從圖可知，第 10 圖及第 11 圖與預期相仿。

可在減去凹陷後，比較 A 側與 B 側測量彼此相符程度，以建立估計測量技術準確度的度規。剩餘值可定義為彼此相符程度差異，或 $(A-B)/2$ 凹陷估計值與理論凹陷的差異（在此，「B」係與 A 相符的鏡面反射及反轉 B 側外形，故外形估計值為 $B+\text{凹陷}_{\text{理論}}$ ）。例如，剩餘值可定義為：

$$R = \frac{(A-B)}{2} - \text{凹陷}_{\text{理論}} = \frac{(A - \text{凹陷}_{\text{理論}}) - (B + \text{凹陷}_{\text{理論}})}{2}。$$

訊噪比（SNR）度規可定義為 $(A+B)/2$ 外形的 |最大值 - 最小值| 與剩餘值 R 的 |最大值 - 最小值| 的比率：

$$SNR = \frac{|最大值 - 最小值| \{ (A+B)/2 \}}{|最大值 - 最小值| (R)}。$$

此度規容許在除理論凹陷計算外沒有任何外在參考的情況下，驗證測量值。

實例 3

此實例說明相較於使 3 個銷保持固定不動及「反轉」矩陣而在 $N-3$ 個銷上達目標重量的方法，利用最小平方極小化程序來最佳化銷高度以達目標重量的好處。

利用排成 9×9 陣列且間距為 175mm 的 81 個銷，測量 $1440\text{mm} \times 1565\text{mm} \times 0.70\text{mm}$ 的片材。第 12 圖提供以固定銷方式進行測量時，所有 81 個銷上的重量誤差（單位為克）。3 個固定銷以灰色標示。

除了 3 個固定銷外，所有銷上的誤差非常小。3 個固定銷有大誤差的最可能解釋為，片材不全然對準於銷上及/或片材尺寸非確切為 $1400\text{mm} \times 1565\text{mm}$ 。此意味著由於固定銷的重量誤差總和約為零，且是以「左-右」與「上-下」總和大致相稱。以固定銷方法進行的所有測量通常如是，甚至使用實例 1 與 2 所用的 3×3 小型陣列亦是如此。

第 13 圖提供利用所述最小平方極小化程序，測量相同尺寸片材的重量誤差（單位為克）。具最大與最小重量誤差值的銷以灰色標示。第 13 圖誤差比第 12 圖誤差小約 10 倍；此乃因校準及/或片材尺寸引起的誤差並非集中在 3 個銷，而是分散到 99 個銷上。

第 12 圖及第 13 圖資料展現了最小平方極小化程序所能達成的改善效果，圖並顯示相較於固定銷方式，轉換成此程序將提供階躍變化下降的重量誤差量級。

從前述可知，本發明提供用以估計彈性物體的無重力外形的方法及裝置，彈性物體例如係做為顯示設備製造

基板的玻璃片。方法及裝置特別適於測量大片材，然方法及裝置也可依需求配合小片材使用。重要的是，方法及裝置可配置以提供定量估計的無重力測定準確度。

除此之外，所述方法及裝置提供的無重力外形還可做為模型輸入，以預測其他測量，例如整片翹曲或 2D 應力。依此可進一步了解特定片材為何產生特定整片翹曲或 2D 應力分布。可沿著相同線條，比較測量的無重力外形和模型輸出而預測特定玻璃生產線設定引起的片材外形。藉由比較實際外形和預測外形，可確認某些外形特徵結構的起因，並改變製程以處理該等外形特徵結構。或者，若期望有特定片材外形，則改變製程以達成所期片材外形。

至於其他可能的應用，所述方法及裝置可做為模型輸入，以預測玻璃片在下游製程的「夾持力 (chuckability)」或強健度，下游製程例如係在製造如液晶顯示器等產品期間，將塗層及/或電子元件鋪設於片材的製程。例如，上述 PCT 專利公開案第 WO 2009/108302 號提及使用從無重力外形計算而得的高斯 (Gaussian) 曲率做為玻璃片在此製程中的「夾持力」測量。曲率 (包括平均曲率和高斯曲率) 涉及計算片材外形的二階導數。由第二錶提供的片材外形相關的詳細資訊特別有利於計算導數，以獲得可靠的曲率資訊。導數例如可利用多項式擬合第二錶資料而得。

因此，本發明尤其包括下列非限定態樣和實施例。

C1. 一種估計彈性物體的無重力外形的方法，該方法包含：

(I) 使彈性物體支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整可調銷的高度：

(A) 測量彈性物體於各銷的重量；以及

(B) 依據測量重量，調整銷的高度；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

(IV) 在不自銷上移開彈性物體的情況下，於步驟(III)後，利用測量系統，測量彈性物體的外形，測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的空間解析度；以及

(V) 從步驟(IV)的測量外形，減去銷所支撐的扁平物體的計算外形，扁平物體具有和彈性物體一樣的尺寸和機械性質，所得差異為彈性物體的無重力外形的估計值。

C2. 如 C1 之方法，進一步包含：

(a) 翻轉彈性物體，及在翻轉的彈性物體上，進行步驟(I)至(V)；以及

(b) 比較就原來位向和翻轉位向估計的彈性物體的無重力外形。

C3. 如 C1 或 C2 之方法，其中步驟(II)係利用最小平方極小化程序來進行。

C4. 如 C1 至 C3 中任一項之方法，其中具較精細空間解析度的測量系統係光學系統。

C5. 如 C1 至 C4 中任一項之方法，其中彈性物體係玻

璃片。

C6. 一種估計彈性物體的無重力外形的方法，彈性物體具有相對的第一和第二表面，該方法包含：

(I) 使彈性物體的第一表面支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整可調銷的高度：

(A) 測量彈性物體於各銷的重量；以及

(B) 依據測量重量，調整銷的高度；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

(IV) 在不自銷上移開彈性物體的情況下，於步驟(III)後，利用測量系統，測量彈性物體的外形，測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的空間解析度；

(V) 使彈性物體的第二表面支撐在複數個高度可調銷上；

(VI) 反覆下列步驟，以調整可調銷的高度：

(A) 測量彈性物體於各銷的重量；以及

(B) 依據測量重量，調整銷的高度；

(VII) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(VI)；

(VIII) 在不自銷上移開彈性物體的情況下，於步驟(VII)後，利用測量系統，測量彈性物體的外形，測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的空間解析度；

(IX) 依據彈性物體上的物理位置，校準步驟(IV)與步

驟(VIII)的測量資料；以及

(X) 利用步驟(IX)的校準資料，計算彈性物體的無重力外形的估計值。

C7. 如 C6 之方法，其中在步驟(X)中，計算步驟(IV)與步驟(VIII)的校準資料的平均數，該平均數為彈性物體的無重力外形的估計值。

C8. 如 C6 或 C7 之方法，進一步包含利用步驟(IX)的校準資料，計算步驟(I)至(IX)的可靠度的估計值。

C9. 如 C6 至 C8 中任一項之方法，其中計算校準資料的差異，該差異為步驟(I)至(IX)的可靠度的估計值。

C10. 如 C6 至 C9 中任一項之方法，其中從步驟(IV)與步驟(VIII)的測量外形，減去銷所支撐的扁平物體的計算外形，扁平物體具有和彈性物體一樣的標稱尺寸和機械性質。

C11. 如 C6 至 C10 中任一項之方法，其中步驟(II)和步驟(IV)各自利用最小平方極小化程序來進行。

C12. 如 C6 至 C11 中任一項之方法，其中具較精細空間解析度的測量系統係光學系統。

C13. 如 C6 至 C12 中任一項之方法，其中彈性物體係玻璃片。

C14. 一種估計彈性物體的無重力外形的方法，該方法包含：

(I) 使彈性物體支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整可調銷的高度：

(A) 測量彈性物體於各銷的重量；以及

(B) 依據測量重量，調整銷的高度；以及

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆步驟(II)；

其中：

(i) 銷的高度為彈性物體的無重力外形的估計值；以及

(ii) 最小平方極小化程序用來將步驟(II)(A)的測量重量轉換成步驟(II)(B)的高度調整值。

C15. 如 C14 之方法，進一步包含：

(a) 翻轉彈性物體，及在翻轉的彈性物體上，進行步驟(I)至(III)；以及

(b) 比較就原來位向和翻轉位向估計的彈性物體的無重力外形。

C16. 如 C14 或 C15 之方法，其中彈性物體係玻璃片。

C17. 一種包含電腦的裝置，該電腦已經程式化來進行 C14、C15 或 C16 的步驟(II)和步驟(III)。

C18. 一種製造物品，該製造物品包含電腦可讀取儲存媒體，電腦可讀取儲存媒體收錄電腦可讀取編碼，以進行 C14、C15 或 C16 的步驟(II)和步驟(III)。

此領域的一般技術人士將清楚明白，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可對本發明作各種更動與潤飾。例如，儘管本發明採用具均一銷間距的銷陣列，然也可依需求採用非均一間距（如片材邊緣附近的銷密度較高）。

同樣地，第二錶可採用非均一掃描陣列。後附申請專利範圍擬涵蓋在此提及的特定實施例和前述或其他類型實施例的修改例、變化例與均等物。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為測量系統實施例的示意圖，測量系統採用 BON 錶和空間解析度比 BON 錶精細的第二錶。

第 2 圖為利用 BON 錶和解析度更精細的第二錶獲得的測量外形的 3D 圖。

第 3 圖為將平面片材放到相同間距的銷陣列上計算及以第二錶測量和第 2 圖一樣的片材位置而得的理論凹陷圖案的 3D 圖。

第 4 圖為從第 2 圖資料減去第 3 圖所示理論凹陷而計算得到的估計無重力片材外形的 3D 圖。所得外形顯示銷間無明顯凹陷且變化平緩。

第 5 圖為 A 側外形的 2D 等高線圖。

第 6 圖為 B 側外形的 2D 等高線圖。

第 7 圖為第 6 圖 B 側外形經鏡面反射後的 2D 等高線圖。

第 8 圖為 $(A+B)/2$ 經鏡面反射及把 B 側外形反轉後的 2D 等高線圖。

第 9 圖為第 8 圖 $(A+B)/2$ 資料的 3D 圖。

第 10 圖為 $(A-B)/2$ 經鏡面反射及把 B 側外形反轉後的

2D 等高線圖。 $(A-B)/2$ 估計計算而得的凹陷。

第 11 圖為第 3 圖計算（理論）凹陷的 2D 等高線圖。

第 12 圖為顯示就調整銷高度的固定銷程序而言，重量誤差相對銷位置的圖表。

第 13 圖為顯示就調整銷高度的最小平方極小化程序而言，重量誤差相對銷位置的圖表。

第 5 圖至第 8 圖和第 10 圖至第 11 圖的圖例係以毫米為單位。

【主要元件符號說明】

74	感測頭	82	控制器
100	BON 測量系統/錶	110	銷
112	荷重元	114	高度調整器
116	電路	120	錶基底
130	處理器	132、134	訊號
140	測量對象/基板	200	測量系統/錶

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：100130523

※ 申請日期：100 年 8 月 25 日

※IPC 分類：

G01B 5/20 (2006.01)

G01B 21/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用以估計無重力外形的方法及裝置

METHODS AND APPARATUS FOR ESTIMATING GRAVITY-FREE
SHAPES

二、中文發明摘要：

茲提供用以估計彈性物體(140)的無重力外形的方法及裝置(100、200)，彈性物體例如係玻璃薄片。在一些實施例中，利用釘床(BONs)錶(100)，產生無重力外形估計值，且接著利用第二錶(200)，以較高空間解析度測量外形，及從第二錶測量的外形，減去BON錶的銷(110)間理論凹陷。在其他實施例中，外形測量係在物體(140)的兩側進行，且外形測量並用於估計無重力外形估計值的可靠度。在進一步的實施例中，釘床錶(100)採用最小平方極小化程序來調整銷(110)的高度。

三、英文發明摘要：

Methods and apparatus (100,200) for estimating the gravity-free shape of a flexible object (140) such as a thin sheet of glass are provided. In certain embodiments, an estimate of the gravity-free shape is produced using a bed-of-nails (BON) gauge (100) and then the shape is measured at a higher spatial resolution using a second gauge (200), with the theoretical sag between the pins (110) of the

BON gauge being subtracted from the shape measured by the second gauge. In other embodiments, shape measurements are performed on both sides of the object (140) and used to estimate the reliability of the gravity-free shape estimate. In further embodiments, the bed-of-nails gauge (100) uses a least squares minimization procedure in adjusting the heights of the pins (110).

七、申請專利範圍：

1. 一種估計一彈性物體的一無重力外形的的方法，該方法包含：

(I) 使該彈性物體支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整該等可調銷的高度：

(A) 測量該彈性物體於各銷的一重量；以及

(B) 依據該等測量重量，調整該等銷的該等高度；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆該步驟(II)；

(IV) 在不自該等銷上移開該彈性物體的情況下，於步驟(III)後，利用一測量系統，測量該彈性物體的外形，該測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的一空間解析度；以及

(V) 從步驟(IV)的該測量外形，減去該等銷所支撐的一扁平物體的一計算外形，該扁平物體具有和該彈性物體一樣的尺寸和機械性質，且所得差異為該彈性物體的該無重力外形的一估計值。

2. 如請求項 1 之方法，進一步包含：

(a) 翻轉該彈性物體，及在翻轉的該彈性物體上，進行該步驟(I)至該步驟(V)；以及

(b) 比較就一原來位向和一翻轉位向估計的該彈性物體的該等無重力外形。

3. 如請求項 1 或請求項 2 之方法，其中步驟(II)係利用一最小平方極小化程序來進行。

4. 一種估計一彈性物體的一無重力外形的方法，該彈性物體具有相對的第一表面和第二表面，該方法包含：

(I) 使該彈性物體的該第一表面支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整該等可調銷的該等高度：

(A) 測量該彈性物體於各銷的該重量；以及

(B) 依據該等測量重量，調整該等銷的該等高度；

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆該步驟(II)；

(IV) 在不自該等銷上移開該彈性物體的情況下，於步驟(III)後，利用一測量系統，測量該彈性物體的外形，該測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的一空間解析度；

(V) 使該彈性物體的該第二表面支撐在該複數個高度可調銷上；

(VI) 反覆下列步驟，以調整該等可調銷的該等高度：

(A) 測量該彈性物體於各銷的該重量；以及

(B) 依據該等測量重量，調整該等銷的該等高度；

(VII) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆該步驟(VI)；

(VIII) 在不自該等銷上移開該彈性物體的情況下，於步驟(VII)後，利用一測量系統，測量該彈性物體的外形，該測量系統具有比任兩個銷間的最小間距還精細的一空間解析度；

(IX) 依據該彈性物體上的多個物理位置，校準該步驟(IV)與該步驟(VIII)的測量資料；以及

(X) 利用該步驟(IX)的校準資料，計算該彈性物體的該無重力外形的一估計值。

5. 如請求項 4 之方法，其中在步驟(X)中，計算該步驟(IV)與該步驟(VIII)的校準資料的平均數，該平均數為該彈性物體的該無重力外形的一估計值。

6. 如請求項 4 或請求項 5 之方法，進一步包含利用該步驟(IX)的校準資料，計算該步驟(I)至該步驟(IX)的可靠度的一估計值。

7. 如請求項 4 或請求項 5 之方法，其中計算該校準資料的一差異，該差異為該步驟(I)至該步驟(IX)的可靠度的一估計值。

8. 如請求項 4 或請求項 5 之方法，其中從該步驟(IV)與該步驟(VIII)的該等測量外形，減去該等銷所支撐的一扁平物體的一計算外形，該扁平物體具有和該彈性物體一

樣的標稱尺寸和機械性質。

9. 如請求項 4 或請求項 5 之方法，其中該步驟(II)和該步驟(IV)各自利用一最小平方極小化程序來進行。

10. 如請求項 4 或請求項 5 之方法，其中具一較精細空間解析度的該測量系統係一光學系統。

11. 一種估計一彈性物體的一無重力外形的方法，該方法包含：

(I) 使該彈性物體支撐在複數個高度可調銷上；

(II) 反覆下列步驟，以調整該等可調銷的該等高度：

(A) 測量該彈性物體於各銷的該重量；以及

(B) 依據該等測量重量，調整該等銷的該等高度；以及

(III) 當反覆次數、測量重量及/或高度變化符合一或更多預定標準時，終止反覆該步驟(II)；

其中：

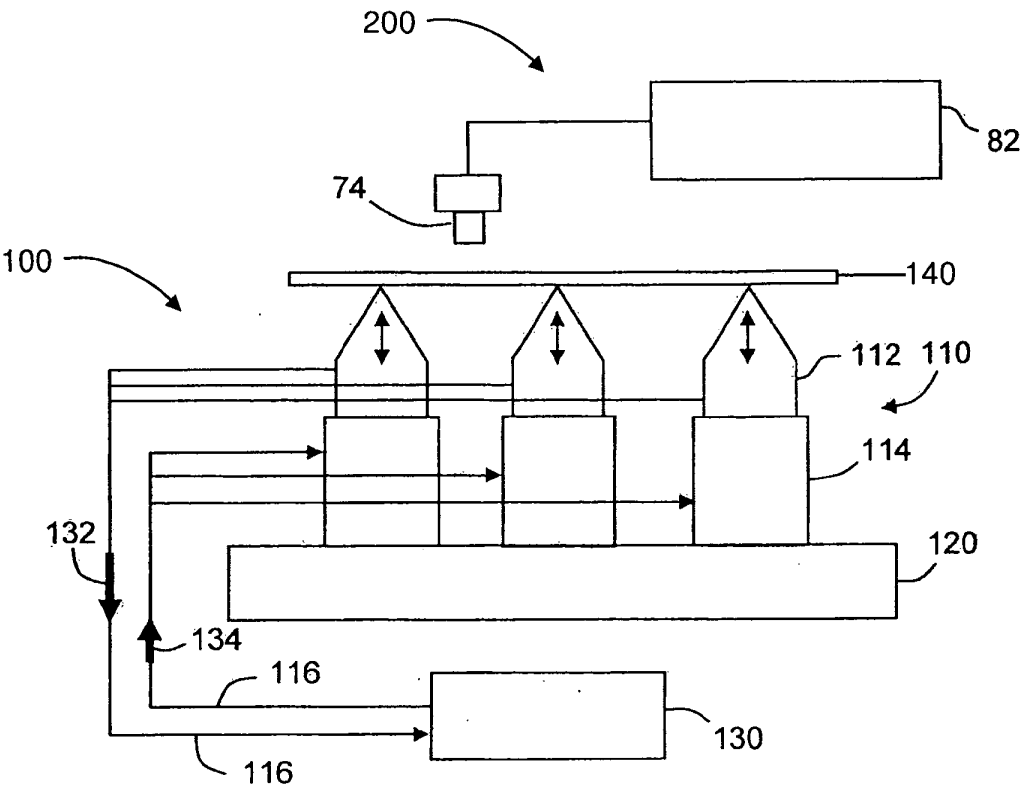
(i) 該等銷的該等高度為該彈性物體的該無重力外形的一估計值；以及

(ii) 一最小平方極小化程序用來將步驟(II)(A)的該等測量重量轉換成步驟(II)(B)的該等高度調整值。

12. 如請求項 11 之方法，進一步包含：

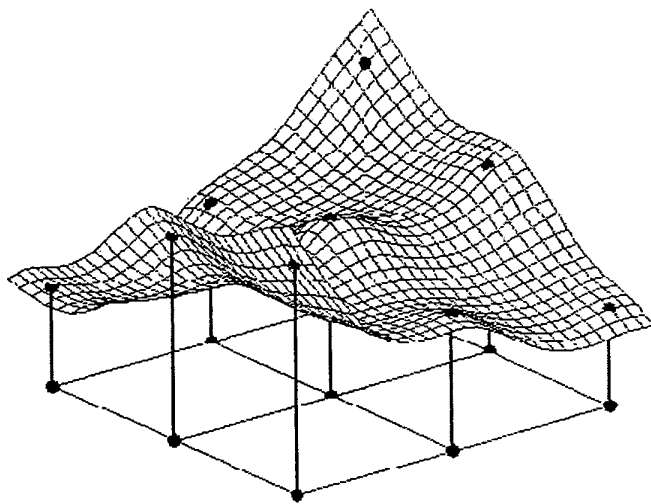
- (a) 翻轉該彈性物體，及在翻轉的該彈性物體上，進行該步驟(I)至該步驟(III)；以及
- (b) 比較就該原來位向和該翻轉位向估計的該彈性物體的該等無重力外形。

13. 一種製造物品，該製造物品包含一電腦可讀取儲存媒體，該電腦可讀取儲存媒體收錄電腦可讀取編碼，以進行如請求項 11 之步驟(II)和步驟(III)。

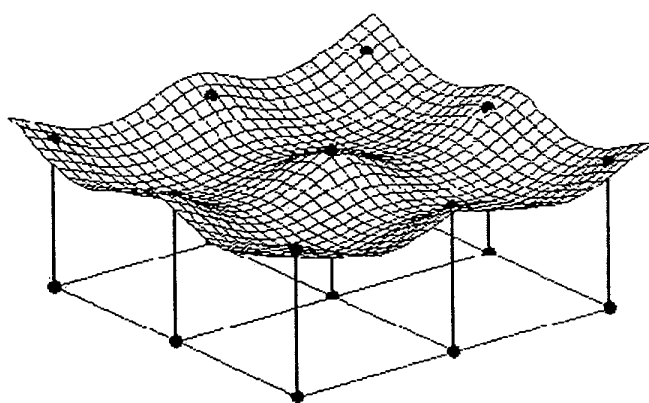


第1圖

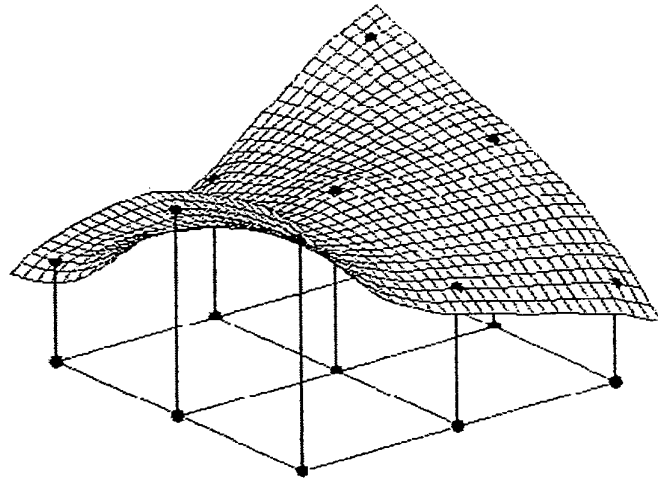
2/11



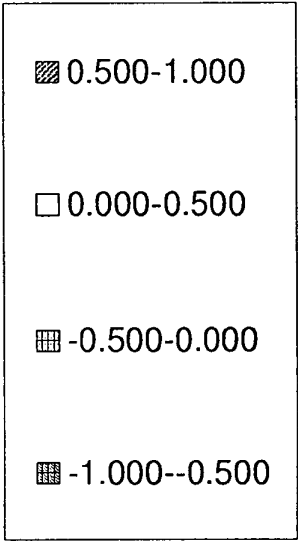
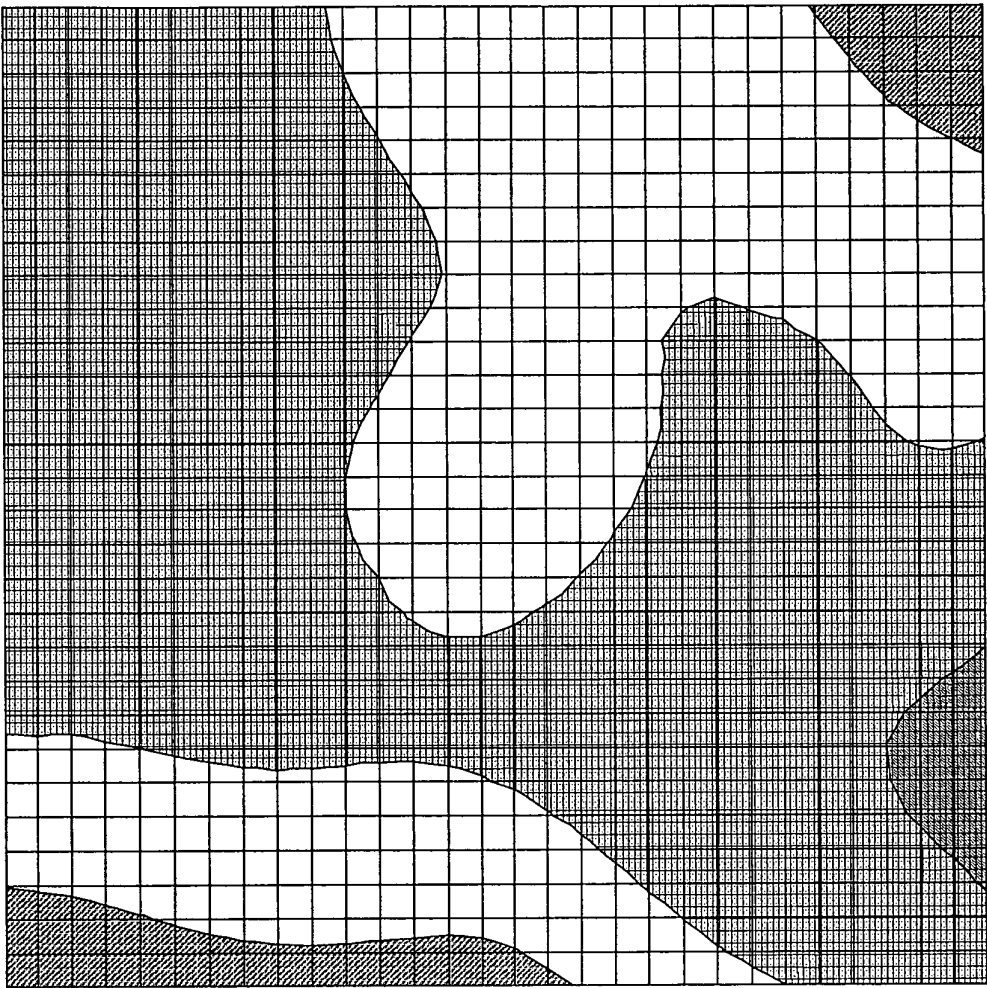
第2圖



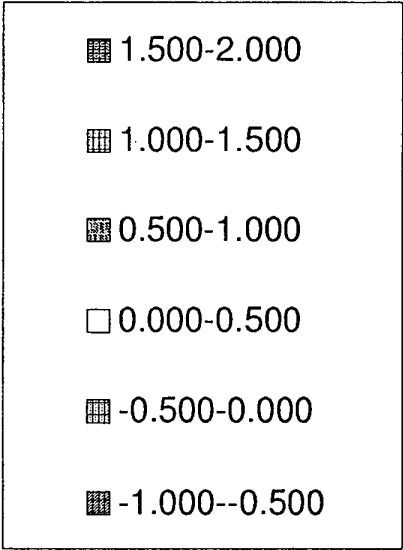
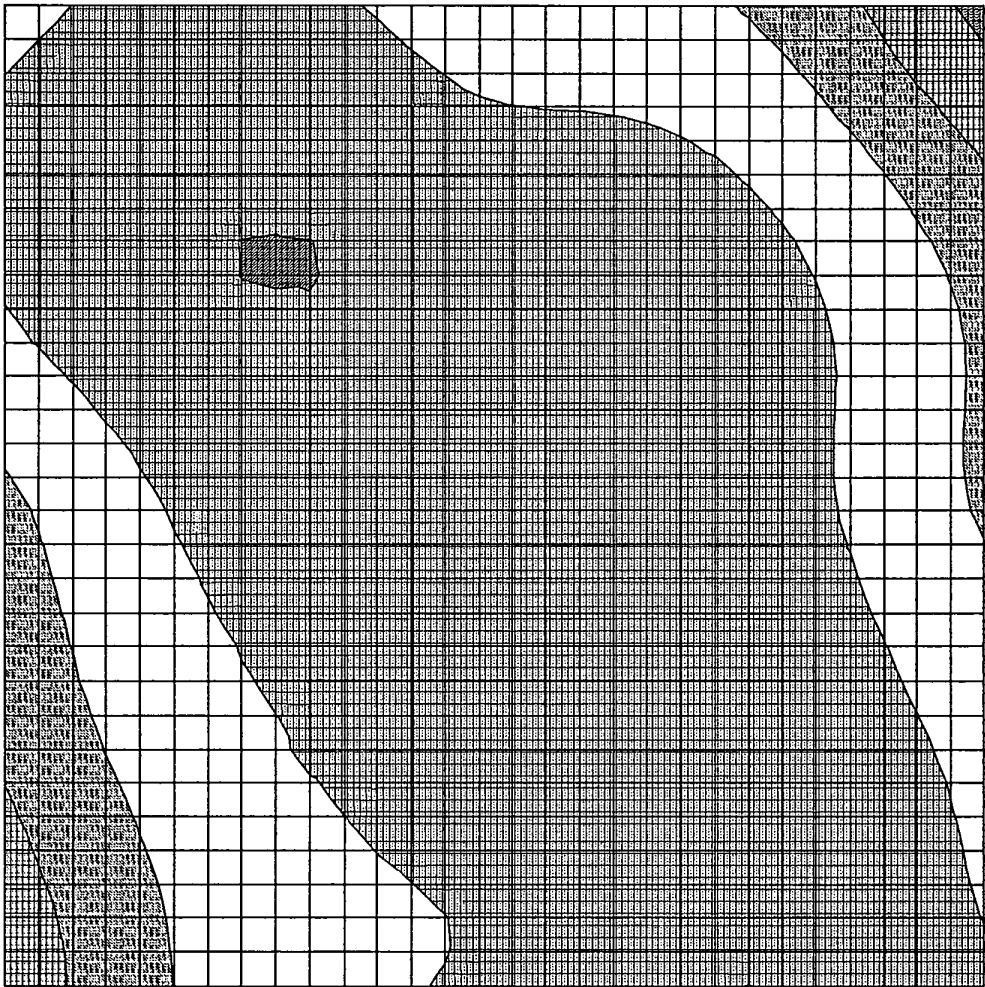
第3圖



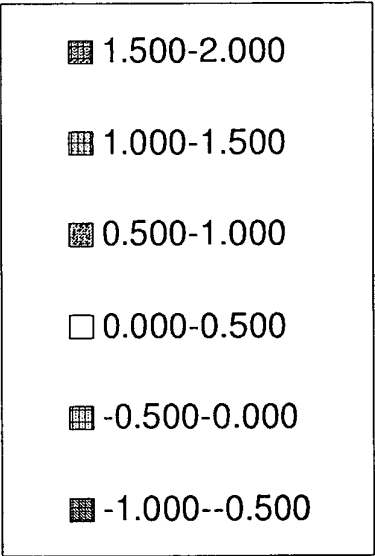
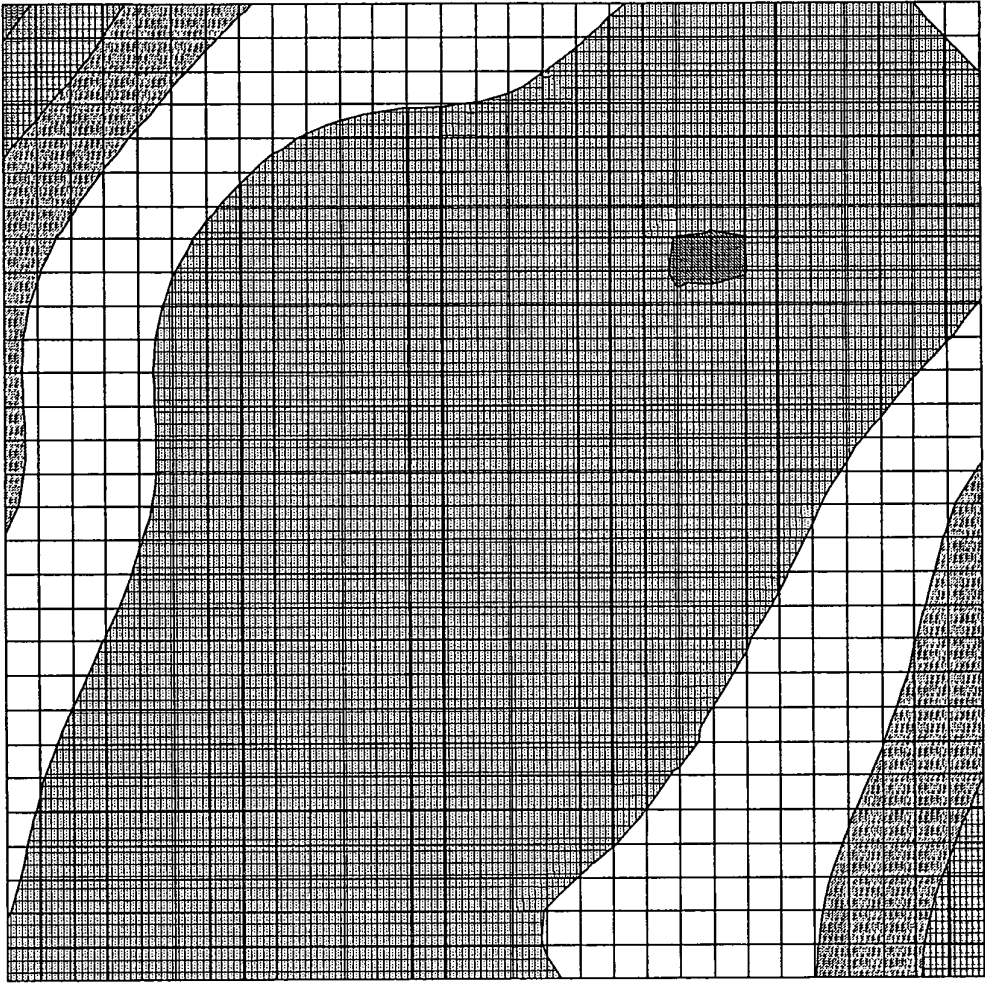
第4圖



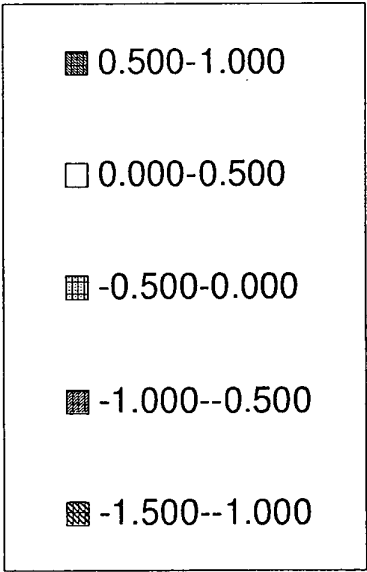
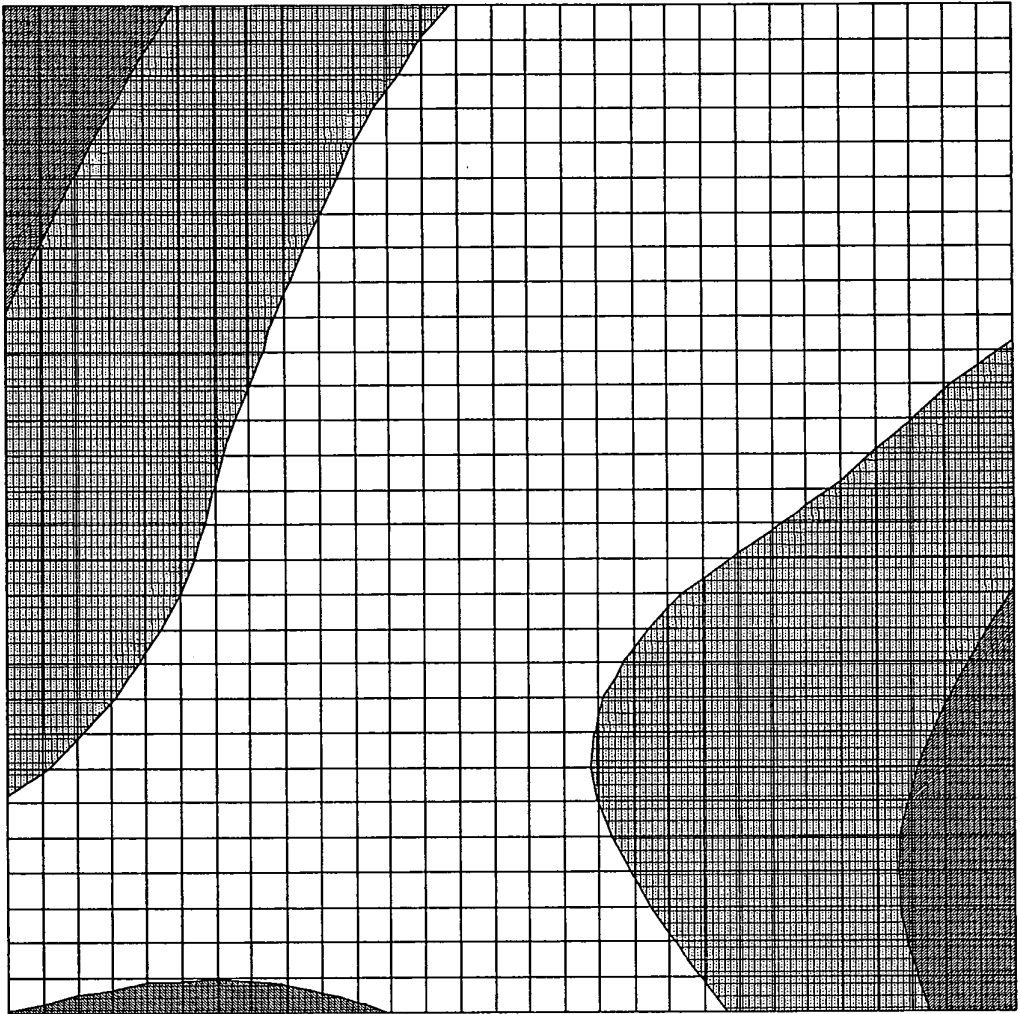
第5圖



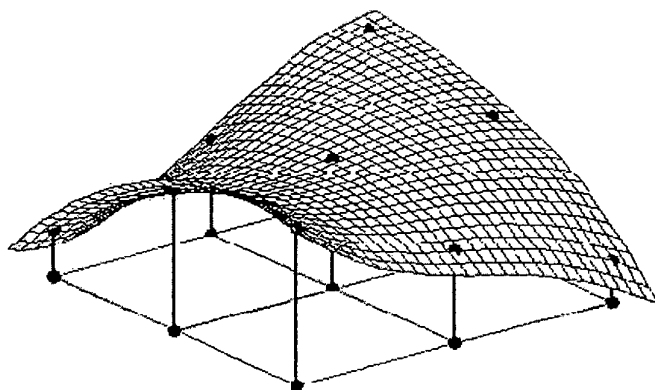
第6圖



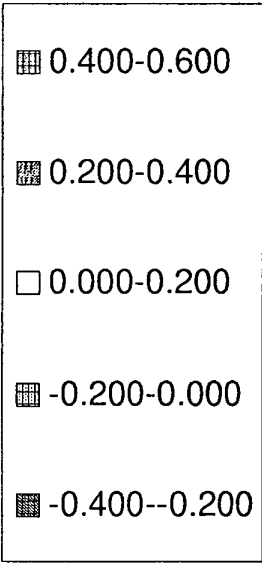
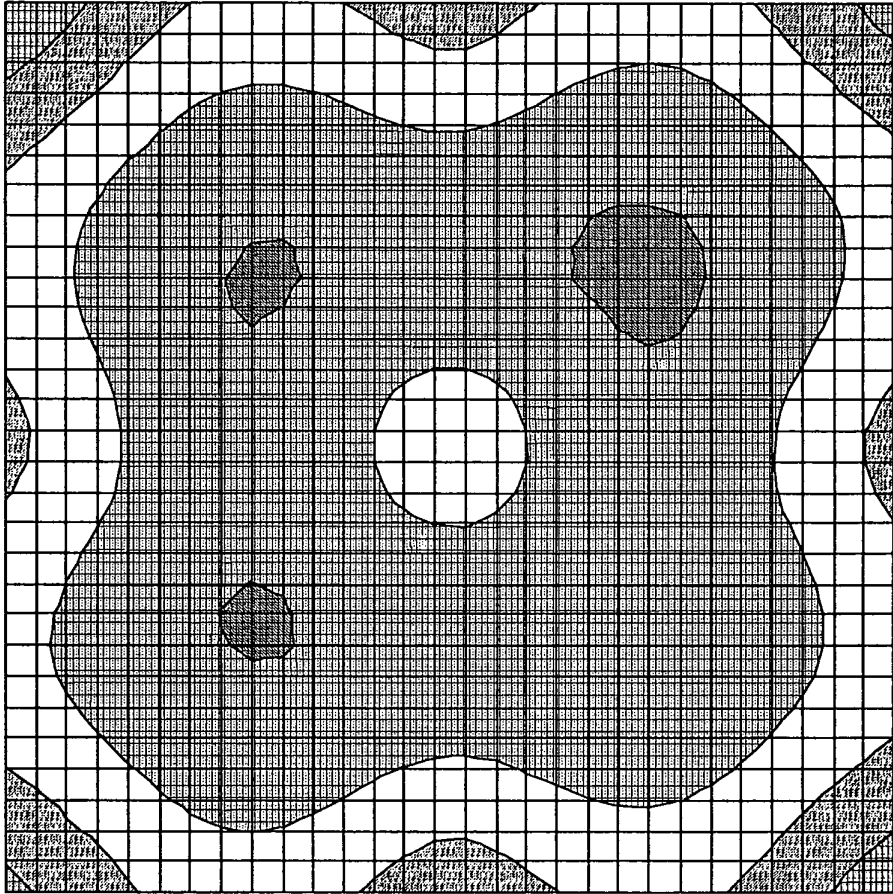
第7圖



第8圖

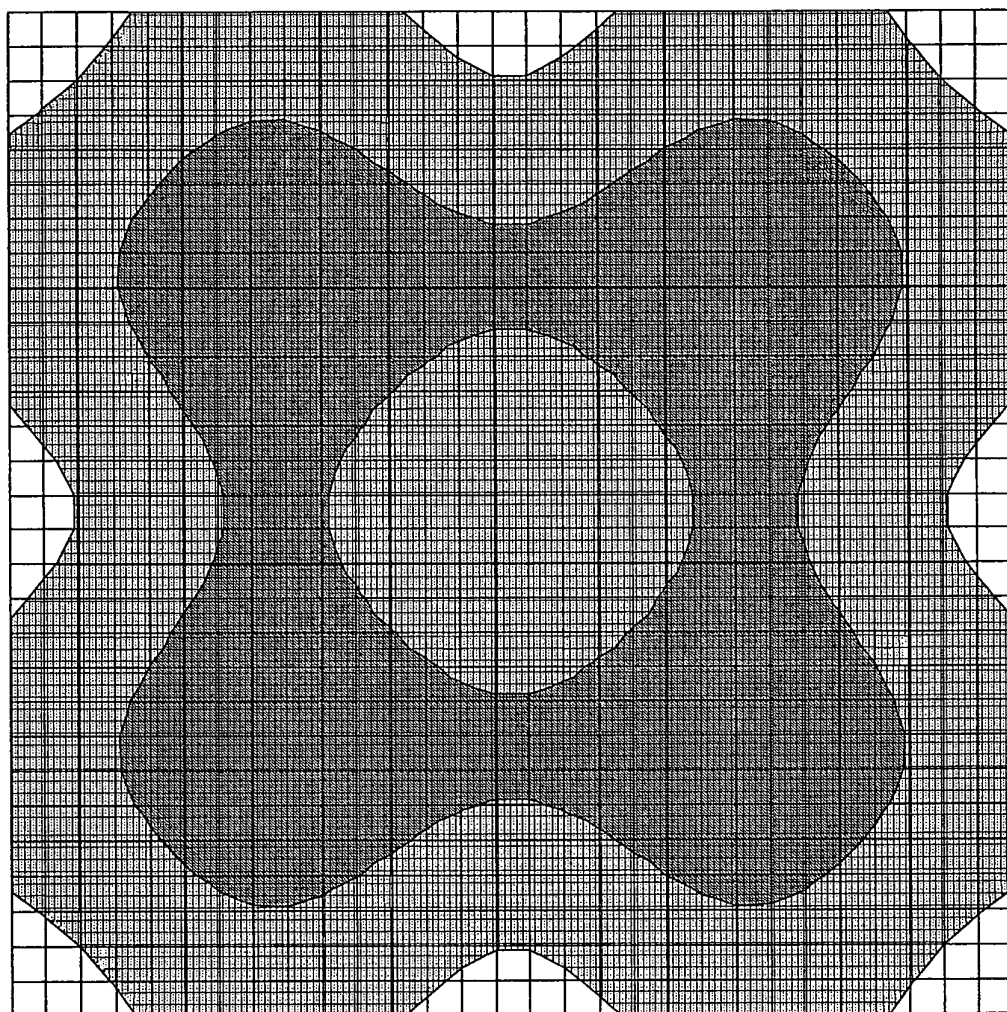


第9圖



第10圖

10/11



▨ 0.4-0.6

▧ 0.2-0.4

□ 0-0.2

▩ -0.2-0

▤ -0.4--0.2

第11圖

-0.14	-0.24	-0.48	-0.22	0.1	-0.27	0.5	-0.35	0.26
-0.32	0.82	0.39	0.6	-0.07	1.99	-0.02	-0.52	-0.1
-0.4	0.99	-0.85	0.28	-0.45	0.29	-0.1	-0.28	0.3
-0.32	0.65	0.07	0.06	0.26	0.1	0.75	-0.14	0.08
0.04	0.01	-0.05	-0.5	-0.14	-0.57	-0.03	-0.09	0.12
0.2	-0.58	0.55	-0.25	-0.13	0.2	0.21	4.87	-0.18
0.47	-1.79	-6.51	0.11	0.5	-0.5	0.34	0.24	0.02
0.11	0.13	0.52	-0.48	0.3	-0.51	0.38	-0.41	0.11
0.11	0.01	0.07	-0.1	-0.15	0.33	-0.39	0.32	-0.09

第12圖

-0.25	-0.11	-0.24	0.11	0.05	0.17	0.2	0.31	0.42
-0.2	-0.18	0.03	0.01	0.1	0.16	0.23	0.34	0.34
-0.34	-0.06	-0.13	-0.16	0.07	0.08	0.27	0.19	0.38
-0.32	-0.21	-0.19	0.02	0.1	0	0.14	0.31	0.31
-0.3	-0.17	-0.11	-0.05	-0.14	0.38	0.14	0.18	0.35
-0.33	-0.31	-0.15	-0.19	0.02	-0.06	0.03	0.19	0.27
-0.32	-0.34	-0.2	-0.07	0	-0.05	0.21	0.2	0.26
-0.41	-0.22	-0.32	-0.19	0.08	0.01	0.1	0.12	0.27
-0.37	-0.37	-0.2	-0.12	-0.2	0.05	-0.08	0.25	0.19

第13圖

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

74	感測頭	82	控制器
100	BON 測量系統/錶	110	銷
112	荷重元	114	高度調整器
116	電路	120	錶基底
130	處理器	132、134	訊號
140	測量對象/基板	200	測量系統/錶

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：
無