



(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 I550142 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：100107128

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 03 日

(51)Int. Cl. : C30B11/00 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2010/05/06 美國

61/332,073

2011/03/01 美國

13/037,789

(71)申請人：瓦里安半導體設備公司 (美國) VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC. (US)

美國

(72)發明人：凱勒曼 彼德 L KELLERMAN, PETER L. (US)；斯羅森 葛列格里 D THRONSON, GREGORY D. (US)；孫大為 SUN, DA WEI (CN)

(74)代理人：詹銘文

(56)參考文獻：

TW 200940752A1

US 4221754

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：11 共 36 頁

(54)名稱

使用氣體噴嘴從熔化物表面移離板材

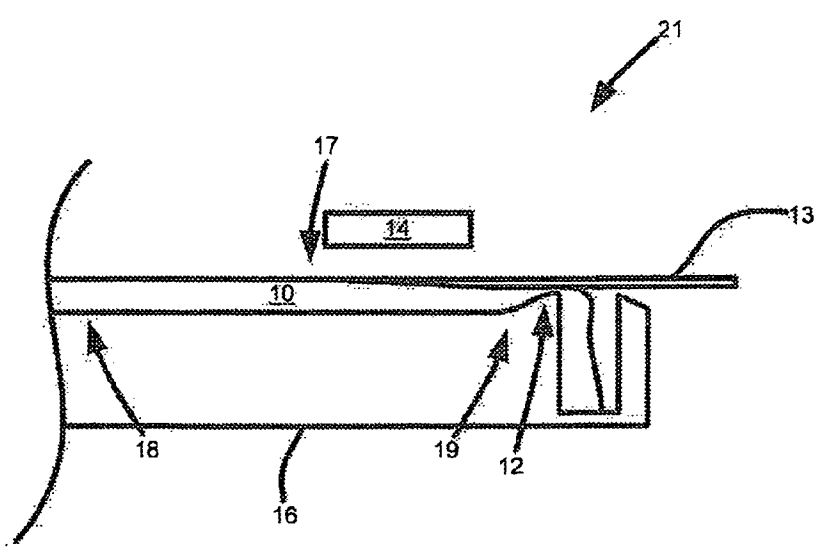
REMOVING A SHEET FROM THE SURFACE OF A MELT USING GAS JETS

(57)摘要

在一個實施例中，一種板材製造裝置包括經組態可容納一種材料之熔化物的容器。冷卻板緊鄰熔化物安置且經組態可在熔化物上形成所述材料之板材。第一氣體噴嘴經組態可將氣體導向容器邊緣。水平移動位於熔化物表面上的材料板材且自熔化物移離板材。第一氣體噴嘴可導向彎液面且可穩定所述彎液面或提高彎液面內之局部壓力。

In one embodiment, a sheet production apparatus comprises a vessel configured to hold a melt of a material. A cooling plate is disposed proximate the melt and is configured to form a sheet of the material on the melt. A first gas jet is configured to direct a gas toward an edge of the vessel. A sheet of a material is translated horizontally on a surface of the melt and the sheet is removed from the melt. The first gas jet may be directed at the meniscus and may stabilize this meniscus or increase local pressure within the meniscus.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 10 . . . 熔化物
 - 12 . . . 溢道
 - 13 . . . 板材
 - 14 . . . 冷卻板
 - 16 . . . 容器
 - 17 . . . 通道
 - 18 . . . 第一點
 - 19 . . . 第二點
 - 21 . . . 板材形成裝置

圖 1

公告本**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)

※申請案號：100107128

※申請日：100.3.3 ※IPC 分類：C30B 11/00, 29/06

一、發明名稱：(中文/英文)

使用氣體噴嘴從熔化物表面移離板材

REMOVING A SHEET FROM THE SURFACE OF A
MELT USING GAS JETS

二、中文發明摘要：

在一個實施例中，一種板材製造裝置包括經組態可容納一種材料之熔化物的容器。冷卻板緊鄰熔化物安置且經組態可在熔化物上形成所述材料之板材。第一氣體噴嘴經組態可將氣體導向容器邊緣。水平移動位於熔化物表面上的材料板材且自熔化物移離板材。第一氣體噴嘴可導向彎液面且可穩定所述彎液面或提高彎液面內之局部壓力。

三、英文發明摘要：

In one embodiment, a sheet production apparatus comprises a vessel configured to hold a melt of a material. A cooling plate is disposed proximate the melt and is configured to form a sheet of the material on the melt. A first gas jet is configured to direct a gas toward an edge of the vessel. A sheet of a material is translated horizontally on a

surface of the melt and the sheet is removed from the melt. The first gas jet may be directed at the meniscus and may stabilize this meniscus or increase local pressure within the meniscus.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

10：熔化物

12：溢道

13：板材

14：冷卻板

16：容器

17：通道

18：第一點

19：第二點

21：板材形成裝置

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

六、發明說明：

【相關申請案之交叉參考】

本申請案主張 2010 年 5 月 6 日提出申請的名稱為「Removing a Horizontal Crystal Sheet from the Surface of a Melt Using Gas Jets」之臨時專利申請案及讓渡之美國申請案第 61/332,073 號的優先權，其揭露內容併入本案供參考。

【關於聯邦資助研究或開發的聲明】

美國政府已繳清本發明之權利金且在有限的情形下有權要求專利權人許可他人以合理的條件，如美國能源部（U.S. Department of Energy）所授予之合同號 DE-EE0000595 的條款所規定。

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於自熔化物形成板材，更特定地說，是有關於自熔化物移離板材。

【先前技術】

矽晶圓或板材可用於例如積體電路或太陽能電池行業中。隨著對再生性能源之需求提高，對太陽能電池之需求持續提高。大部分太陽能電池是利用矽晶圓（諸如單晶矽晶圓）製得。目前，晶態矽太陽能電池之主要成本在於製造太陽能電池可用之晶圓。太陽能電池之效率或在標準照明下所產生之功率量部分地受到所述晶圓之品質限制。隨著對太陽能電池之需求提高，太陽能電池行業的一個目標在於降低成本/功率比。在不降低品質的情況下晶圓製造成本的任何降低均將降低成本/功率比，且能夠使所述清潔

能源技術得到更廣泛的使用。

最高效率矽太陽能電池可具有大於 20%之效率。這些太陽能電池是使用電子級單晶矽晶圓製造。所述晶圓可藉由將使用柴氏方法 (Czochralski method) 生長之單晶矽圓柱形晶塊切割成薄片來製造。這些薄片之厚度可小於 200 μm 。為維持單晶生長，晶塊必須自含有熔化物之坩鍋緩慢生長，諸如小於 10 $\mu\text{m/s}$ 。隨後之切割過程引起每個晶圓約 200 μm 切割口損失，或因切割刀寬度所致之損失。圓柱形晶塊或晶圓亦可能需要劃分為方形以製造方形太陽能電池。劃分方形與切割口損失均引起材料浪費及材料成本提高。因為太陽能電池變得較薄，所以每次切割之矽廢料百分比提高。切錠技術 (ingot slicing technology) 之限制可能阻礙獲得較薄太陽能電池之能力。

其他太陽能電池是使用自多晶矽錠所切割成之晶圓來製造。多晶矽錠可比單晶矽生長得更快。然而，所得晶圓之品質因存在較多缺陷及晶界而降低，且所述較低品質引起太陽能電池效率降低。多晶矽錠之切割過程同單晶矽錠或晶塊一樣效率低。

又一解決方案為自熔化物垂直拉起薄矽帶，接著使拉起之矽冷卻且固化成板材。所述方法之拉速可限於小於約 18 毫米/分鐘。在矽冷卻及固化期間所移離之潛熱必須沿垂直矽帶移離。由此沿矽帶產生較大溫度梯度。所述溫度梯度對晶態矽帶產生應力，且會產生不良品質的多晶粒矽。矽帶的寬度及厚度亦可能因所述溫度梯度而受限制。

舉例而言，寬度可能限於小於 80 mm，且厚度可能限於 180 μm 。

自熔化物水平製造板材之成本可小於自晶錠所切之矽，且可消除切割口損失或因劃分方形所致之損失。自熔化物水平製得之板材的成本亦可小於自熔化物垂直拉起之矽帶。此外，與自熔化物垂直拉起或以一定角度拉起之矽帶相比，自熔化物水平製得之板材可改良板材的晶體品質。晶體生長方法，諸如可降低材料成本的所述方法，為降低矽太陽能電池成本之主要可行步驟。

已測試自熔化物物理拉出之水平矽帶。在一種方法中，將附著於棒之晶種插入熔化物中且在坩鍋邊緣上方以低角度拉起棒及所得板材。對角度、表面張力及熔化高度進行平衡，以防止熔化物溢出坩鍋。然而，難以啟動及控制所述拉出過程。第一，使坩鍋邊緣所形成之彎液面 (meniscus) 的重力與表面張力平衡的傾角可能難以調節。第二，若冷卻板靠近板材與熔化物之間的分離點，則沿矽帶的溫度梯度可能在所述分離點引起晶體錯位。第三，熔化物上方的板材傾斜可能在凝固端產生應力。所述凝固端可能為板材最薄且最脆而因此會出現板材錯位或斷裂之處。第四，可能需要複雜拉出裝置以獲得低角度。

板材必須在不使熔化物溢出的情況下自熔化物表面移離。因此，板材下側與熔化物之間的彎液面必須保持穩定或附著於容器。先前，已降低位於彎液面熔化物一側的壓力，以維持彎液面穩定性。在一個實例中，低角度矽板

材 (low angle silicon sheet, LASS) 方法是使板材以小角度傾斜且在熔化物上拉起。由此在熔化物中產生負壓 (相對於大氣壓) 且提供橫越彎液面的壓力。在另一實例中, 熔化物會溢出溢道 (spillway) 邊緣。溢道頸部中之流體降落可在熔化物中提供負壓以穩定彎液面。然而, 此項技術中需要一種自熔化物移離板材的方法, 更特定地說, 以局部壓力自熔化物移離板材的改良方法。

【發明內容】

根據本發明之第一態樣, 提供一種板材製造裝置。此裝置包括經組態可容納一種材料之熔化物的容器。冷卻板緊鄰熔化物安置, 且經組態可形成水平臥於緊鄰冷卻板之熔化物上的所述材料之板材。第一氣體噴嘴經組態可將氣體導向容器邊緣。

根據本發明之第二態樣, 提供一種板材製造方法。此方法包括水平移動一種材料之熔化物表面上的所述材料之板材。自第一氣體噴嘴將氣體導向熔化物之彎液面, 且自熔化物移離板材。

根據本發明之第三態樣, 提供一種形成板材之方法。此方法包含將晶種施加於一種材料之熔化物中。自第一氣體噴嘴將氣體導向針對晶種所形成之熔化物的彎液面。凝固熔化物之一部分, 以形成水平臥於熔化物表面上的所述材料之板材。自熔化物移離板材。

【實施方式】

為更好地瞭解本發明, 參考隨附圖式, 隨附圖式併入

本案供參考。

配合太陽能電池來描述本文中之裝置及方法的實施例。然而，這些實施例亦可用以製造例如積體電路、平面面板（flat panel）、LED 或熟習此項技術者已知之其他基板。此外，儘管熔化物在本文中經描述為矽，但熔化物可含有鍺、矽及鍺、鎳、氮化鎳、其他半導體材料或熟習此項技術者已知之其他材料。因此，本發明不限於下述特定實施例。

圖 1 為將板材與熔化物分離之裝置之實施例的橫截面側視圖。板材形成裝置 21 具有容器 16。容器 16 可為例如鎢、氮化硼、氮化鋁、鈿、石墨、碳化矽或石英。容器 16 經組態可含有熔化物 10。所述熔化物 10 可為矽。板材 13 將在熔化物 10 上形成。在一種情況下，板材 13 將至少部分浮動於熔化物 10 內。儘管板材 13 在圖 1 中說明為浮於熔化物 10 中，但板材 13 可至少部分地浸沒於熔化物 10 中或可浮在熔化物 10 頂部上。板材 13 定位之深度部分地依據板材 13 與熔化物 10 之相對密度。在一種情況下，板材 13 中僅 10% 自熔化物 10 頂部上方突出。熔化物 10 可在板材形成裝置 21 內循環。

所述容器 16 界定至少一個通道 17。所述通道 17 經組態可容納熔化物 10，且熔化物 10 自通道 17 之第一點 18 流至第二點 19。熔化物 10 可因例如壓差、重力、泵或其他傳輸方法而流動。接著，熔化物 10 溢出溢道 12。所述溢道 12 可為坡道、堰、凸緣、小擋板或拐角，且不限於圖

1 中所說明之實施例。溢道 12 可為容許板材 13 與熔化物 10 分離之任何形狀。

在一個特定實施例中，容器 16 可維持在稍高於約 1685 K 之溫度下。對於矽，1685 K 表示凝固溫度或界面溫度。藉由維持容器 16 之溫度稍高於熔化物 10 之凝固溫度，冷卻板 14 可使用輻射冷卻來發揮功能，以獲得熔化物 10 之上或之中的板材 13 之所需凝固速率。所述特定實施例中之冷卻板 14 是由單一節段或區段構成，但亦可包含多個節段或區段。可加熱通道 17 之底部高於熔化物 10 之熔融溫度，以使位於界面處的熔化物 10 中產生小的垂直溫度梯度，以防止在板材 13 上發生組成過冷(constitutional supercooling)或形成樹枝狀結晶或分支性突出。然而，容器 16 可具有高於熔化物 10 之熔融溫度的任何溫度。此舉防止熔化物 10 在容器 16 上固化。

可藉由將板材形成裝置 21 至少部分或完全封閉於外殼內，以使板材形成裝置 21 維持在稍高於熔化物 10 之凝固溫度的溫度下。若外殼將板材形成裝置 21 維持在高於熔化物 10 之凝固溫度的溫度下，則可避免或降低加熱板材形成裝置 21 之需要，且外殼中或外殼周圍之加熱器可補償任何熱損失。此外殼可因各向異性傳導率而為等溫的。在另一特定實施例中，加熱器不安置於外殼上或外殼中，而是安置於板材形成裝置 21 中。在一種情況下，可藉由將加熱器插入容器 16 內及使用多區溫度控制，將容器 16 之不同區域加熱至不同溫度。

外殼可控制板材形成裝置 21 所安置之環境。在一個特定實施例中，外殼含有惰性氣體。所述惰性氣體可維持在熔化物 10 之凝固溫度以上。惰性氣體可減少溶質添加至熔化物 10 中，向熔化物 10 中添加溶質會在板材 13 形成期間引起組成不穩定。

冷卻板 14 可除去熱，使板材 13 能夠在熔化物 10 上形成。當冷卻板 14 之溫度降低至熔化物 10 之凝固溫度以下時，冷卻板 14 可使板材 13 凝固於熔化物 10 之上或之中。所述冷卻板 14 可使用輻射冷卻，且可由例如石墨、石英或碳化矽製造。在板材 13 形成的同時可減少對熔化物 10 之干擾，以防止在板材 13 中產生瑕疵。冷卻熔化物 10 表面上之板材 13 或浮在熔化物 10 上之板材 13 可緩慢且大面積地移離熔融潛熱，同時具有相對較大之板材 13 萃取速率 (extraction rate)。

在熔化物 10 上形成板材 13 之後，使用溢道 12 將板材 13 與熔化物 10 分離。熔化物 10 自通道 17 之第一點 18 流至第二點 19。板材 13 將隨熔化物 10 一起流動。板材 13 之所述傳輸可為連續動作。在一種情況下，板材 13 的流速可與熔化物 10 的流速大約相同。因此，板材 13 可以相對於熔化物 10 的靜止狀態形成及傳輸。可改變溢道 12 之形狀或溢道 12 之取向 (orientation)，以改變熔化物 10 或板材 13 之速度分佈。

熔化物 10 在溢道 12 處與板材 13 分離。在一個實施例中，熔化物 10 之流動使熔化物 10 傳輸越過溢道 12，且

可使板材 13 至少部分地傳輸越過溢道 12。因為無外部應力施加於板材 13，所以此舉可將板材 13 斷裂減到最小或防止板材 13 斷裂。當然，亦可拉出板材 13 或對其施加一些外力。在所述特定實施例中，熔化物 10 將溢出溢道 12 而遠離板材 13。冷卻可不應用於溢道 12，以防止對板材 13 產生熱震 (thermal shock)。在一個實施例中，溢道 12 處之分離是在近似等溫 (near-isothermal) 的條件下發生。在一個實施例中，板材 13 可能傾向於直行越過溢道 12。在一些情況下，所述板材 13 可能在越過溢道 12 之後得到支撐以防止斷裂。

當然，可利用冷卻板 14 之整個長度上的不同冷卻溫度、熔化物 10 的不同流動速率或板材 13 之拉速、板材形成裝置 21 之各種區段之長度或板材形成裝置 21 內之時序進行過程控制。若熔化物 10 為矽，則板材 13 可為使用板材形成裝置 21 所形成的多晶或單晶板材。圖 1 僅為可利用熔化物 10 形成板材 13 之板材形成裝置的一個實例。可存在水平板材 13 生長的其他裝置或方法。本文所述之實施例可應用於任何水平板材 13 生長方法或裝置。因此，本文所述之實施例不僅僅限於圖 1 之特定實施例。舉例而言，圖 2 為將板材與熔化物分離之裝置的第二實施例之橫截面側視圖。在板材形成裝置 31 中，容器 16 含有熔化物 10。板材 13 在藉由冷卻板 14 形成之後自熔化物 10 拉出。儘管在圖 2 中呈水平狀態，但板材 13 亦可相對於熔化物 10 呈一定角度。在圖 1 至圖 2 之實施例中，熔化物 10 可圍繞板材

形成裝置 21 或板材形成裝置 31 (諸如圍繞板材形成裝置 21 或板材形成裝置 31 之各側) 循環。當然, 在部分或所有的板材 13 形成過程中, 熔化物 10 亦可為不動的。

當液體與氣體接觸時, 形成彎液面界面。所述界面遵循楊-拉普拉斯方程 (Young-Laplace Equation)。在二維中, 其採取以下形式:

$$\Delta P = \frac{\sigma}{R}$$

$$\frac{1}{R(x)} = \frac{\left| \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right|}{\left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{3/2}}$$

其中 ΔP 為橫越界面之壓差, σ 為液體表面張力, 且 R 為表面曲率半徑。

圖 3 為 LASS 之穩定彎液面的橫截面側視圖。就圖 3 之座標系而言, 曲率半徑可以描述彎液面之直線的一階及二階導數表示。圖 3 中橫越彎液面 27 之壓差是由重力所致的熔化物 10 液體中之液體靜壓力 ($\rho g y$) 引起。因此, 楊-拉普拉斯方程變成二階微分方程:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -\frac{1}{\sigma} (\rho g y(x)) \left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{3/2}$$

圖 3 中所說明之彎液面 27 的凹面形狀是由相對於大

氣壓 (P_{atmos}) 之負壓 (P_1) 提供。所述凹面形狀如下形成：提起板材 13 且使其相對於 X 軸呈斜角，以使板材 13 在容器 16 之壁緣處的高度提昇，同時板材 13 之凍結鋒面 (freezing front) 降低至熔化物 10 高度。在圖 3 中， α 表示彎液面 27 中之熔化物 10 與板材 13 之間的接觸角，且 θ 表示彎液面 27 中之熔化物 10 與容器 16 之間的接觸角。熔化物 10 由矽構成且容器 16 由石英構成時， θ 為約 87° 。這些角可基於材料而變。儘管熔化物 10 液面可位於圖 3 中之 x 軸，但熔化物 10 液面可位於相對於容器 16 之其他處。

氣體噴嘴可藉由提高熔化物之局部壓力而用以穩定彎液面。舉例而言，可提高位於彎液面氣體側的局部壓力。使用本文所述之實施例穩定彎液面與任何熔化物流動方式無關，因此晶體預置 (crystal initiation) 可發生於熔化物開始流動之前，從而在使用熔化物流動的系統中簡化種晶。可使用本文所述之實施例使板材水平生長，從而消除生長速率 (亦即移熱) 相對於一定角度下之拉速的複雜平衡。板材生長可位於與熔化物發生分離之容器邊緣的上游。

圖 4 為使用氣體衝擊法穩定彎液面之實施例的橫截面側視圖。在此實施例中，水平拉出板材 13。容器 16 之壁低於熔化物 10 表面高度，在此情況下，其位於 x 軸與 y 軸之相交處或板材 13 所定位處。藉由在板材 13 下形成彎液面 27 防止熔化物 10 溢出。當然，儘管未說明，但熔化物 10 仍可循環越過容器 16 之邊緣 (諸如使用圖 1 中所說明之溢道 12)，且仍形成彎液面 27，如圖 6 中說明。返回

圖 4，維持拱形彎液面 27 之壓差是由彎液面 27 下之氣體噴嘴 22 提供，其向彎液面 27 或容器 16 之邊緣傾斜，如背離氣體噴嘴 22 之箭頭所指示。在此情況下，楊-拉普拉斯方程採取以下形式：

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{\sigma} \left(-\rho_g y(x) - P_{jet}(x, y) \right) \left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{3/2}$$

在此情況下，楊-拉普拉斯方程為需要兩個邊界條件之二階微分方程。在圖 3 至圖 4 之實施例中，彎液面 27 固定於容器 16 之壁，因此其位置固定於 $x=0$ 。在彎液面與板材 13 連接處的彎液面另一端，彎液面 27 未固定且與板材 13 所形成之角是由固體、液體及氣體之間的表面能決定。固體矽板材 13 與其熔化物 10 接觸時，接觸角 α 可在約 0° 與 11° 之間。若指定 y_0 位於 $x=0$ 處，則彎液面 27 與板材 13 之接觸點位置及初始接觸角是由微分方程的解來確定。

氣體噴嘴 22 出口之壓力大小視氣體流速及容許氣體流動之氣體噴嘴 22 中之開孔寬度而定。開孔可為例如狹縫噴嘴。壓力大小可至少部分地使用動量守恆估算。因此，在氣體自彎液面 27 彈回之止流點，壓力將為：

$$P = \frac{1}{2} \rho_g u_g^2 = \frac{1}{2} \rho_g \left(\frac{Q_g}{A} \right)^2$$

其中 ρ_g 、 u_g 及 Q_g 分別為氣體密度、速度及體積流量。

以下實例計算經由 0.5 mm 寬之氣體噴嘴 22 之開孔在彎液面 27 獲得 40 Pa 壓力所需之氬氣流速。氬氣在熔化物 10 之溫度（對於矽為 1412°C）下的密度為 0.32 kg/m³。

$$u_g = \left(\frac{2 \cdot 40 \text{ Pa}}{0.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1/2} = 15.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{Q_g}{L} = u_g \cdot \text{間距} = 15.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ mm} = \frac{7.9 \text{ l}}{\text{m}}$$

帶寬 20 cm 時， $Q_g = 95 \text{ lpm}$

本文中所估算之壓力僅可存在於氣體噴嘴 22 之出口處。壓力可沿軸向及橫向下降。壓力分佈可近似為橢圓形高斯分佈（elliptical Gaussian）。

$$P_{jet}(x, y) = P_0 e^{-\{a(x-x_0)^2 + 2b(y-y_0)(x-x_0) + c(y-y_0)^2\}}$$

$$a = \frac{\cos^2 \theta}{2\sigma_x^2} + \frac{\sin^2 \theta}{2\sigma_y^2}$$

$$b = -\frac{\sin 2\theta}{4\sigma_x^2} + \frac{\sin 2\theta}{4\sigma_y^2}$$

$$c = \frac{\sin^2 \theta}{2\sigma_x^2} + \frac{\cos^2 \theta}{2\sigma_y^2}$$

圖 5 為說明氣體噴嘴所產生之壓力分佈的橫截面圖。由此求解上述方程式。在所有情況下， $P_0 = 40 \text{ Pa}$ ， $x_0 = 6 \text{ mm}$ （氣體噴嘴 22 之出口處）， $y_0 = -4 \text{ mm}$ （氣體噴嘴 22 之出口

處)， $\sigma_x=4\text{ mm}$ ， $\sigma_y=0.8\text{ mm}$ 且 $\psi=45^\circ$ ， σ_x 及 σ_y 表示氣體噴嘴 22 周圍壓力之橢圓形分佈。當彎液面 27 固定於容器 16 時實現彎液面 27 之形狀。當 $\alpha=11^\circ$ 時，彎液面 27 固定於容器 16 之壁、於板材 13 下方 1 mm 處，且 $\theta=17^\circ$ 。當 $\alpha=11^\circ$ 時，彎液面 27 固定於容器 16 之壁、於板材 13 下方 2 mm 處，且 $\theta=15.87^\circ$ 。當 $\alpha=11^\circ$ 時，彎液面 27 固定於容器 16 之壁、於板材 13 下方 2.5 mm 處，且 $\theta=10.58^\circ$ 。當 $\alpha=0^\circ$ 時，彎液面 27 固定於容器 16 之壁、於板材 13 下方 1 mm 處，且 $\theta=7.21^\circ$ 。

因此，藉由使用氣體衝擊，穩定的彎液面 27 可固定於容器 16 之壁、板材 13 下方至少 2.5 mm 處，接觸角為約 11° 。即使接觸角低至 0° ，仍可在容器 16 之壁下方 1 mm 處維持穩定的彎液面 27。氣體噴嘴衝擊亦可補償由黏性力引起之任何拖曳。氣體噴嘴衝擊壓力可經組態以穩定彎液面 27，或有助於維持彎液面 27 固定於容器 16。

圖 6 為使用溢道、使用氣體衝擊法穩定彎液面之實施例的橫截面圖。熔化物 10 溢出溢道 12。彎液面 27 在熔化物 10 通過溢道 12 時形成。當然，可存在其他實施例。

圖 7 為板材形成中之氣體噴嘴的第一實施例之橫截面側視圖。所述系統具有與支撐台 23 分開的氣體噴嘴 22。支撐台 23 不僅可使用空氣或一些其他流體之噴嘴支撐板材 13，而且可使用滾筒或一些其他機構。在此特定實施例中，使用兩個氣體噴嘴 22、25，但可提供更多或更少氣體噴嘴。板材 13 下之氣體噴嘴 22 穩定彎液面 27，且可調節

位置及角度。板材 13 上方之氣體噴嘴 25 平衡氣體噴嘴 22 所產生之衝擊力的任何垂向分量。在一種情況下，氣體噴嘴 22 與氣體噴嘴 25 之流速可近似相等，但可存在其他流速。氣體噴嘴 22 或氣體噴嘴 25 可使用氫氣、另一種稀有氣體、另一種惰性氣體或熟習此項技術者已知之其他物質。容器 16 可含有特徵或槽 24，其固定熔化物 10 之彎液面 27，且容許接觸角存在較大變化而無滴流。儘管無特徵或槽 24 之容器 16 的表面可讓彎液面 27 固定於其，但在出現滴流之前限制彎液面 27 之角度。舉例而言，此角度可為約 87° 。添加特徵或槽 24 使彎液面 27 能夠在出現滴流之前凹陷 (sag) 或與容器 16 表面呈約 177° 之角度。

圖 8 為板材形成中之氣體噴嘴的第二實施例之橫截面側視圖。在此實施例中，將氣體噴嘴 22 併入支撐台 23 中。在一個替代性實施例中，如圖 7 中說明，可在板材 13 上方提供氣體噴嘴來平衡垂直衝擊力。

圖 9 為板材形成中之氣體噴嘴的第三實施例之橫截面側視圖。氣體噴嘴 22 為壓力單元 26 之一部分。由於在邊緣或密封處傳導受限，因此在壓力單元 26 內存在較高壓力 (P_2)。壓力單元 26 中之氣體如箭頭所示流動。在此情況下， P_2 大於大氣壓 (P_{atmos})。壓力單元 26 之頂部浮於底部上方之氣體軸承上。底部高度可經組態以與熔化物 10 之高度匹配。在一種情況下，壓力單元 26 與板材 13 之間的間隙或密封之尺度可小於 0.5 mm。因為氣體噴嘴 22 為壓力單元 26 底部之一部分，所以彎液面 27 至少部分地含於此

壓力單元 26 內。

圖 10A 至圖 10D 說明氣體噴嘴之穩定作用使種晶可行。本文所揭露之實施例對彎液面的穩定作用與容器 16 內之流動無關。因此，晶體預置可始於熔化物 10 開始流動之前，且簡化板材製造過程。在圖 10A 中，插入晶種晶圓 (seed wafer) 28。晶種晶圓 28 可為例如厚約 0.7 mm、具有所需晶體取向之電子級矽晶圓。晶種晶圓 28 之高度是藉由使其搭載於支撐台 23 上來控制，支撐台 23 是依據熔化物 10 之高度來控制晶種晶圓 28 之高度。熔化物 10 可利用例如熔化物 10 中矽之表面張力形成台面 29 或高於容器 16 之壁緣。因此，在晶種晶圓 28 接觸熔化物 10 之前，熔化物 10 形成凸形彎液面，如圖 10A 中說明。在晶種晶圓 28 接觸熔化物 10 之前，可使用氣體噴嘴 22、25 穩定所述彎液面。當然，可存在更多或更少氣體噴嘴。

在圖 10B 中，晶種晶圓 28 沿箭頭方向移動之後接觸熔化物 10。在晶種晶圓 28 下方形成彎液面 27。所述彎液面 27 (其可為凹面) 彌合了容器 16 之壁與晶種晶圓 28 之間的間隙。在晶種晶圓 28 之寬度以外，凸形彎液面 27 仍附著於容器 16 之壁。在台面 29 彎液面與晶種晶圓 28 下方之凹液面 27 之間的過渡處可存在非均一性彎液面。因為過程發生於近似等溫的環境中，所以所述非均一性可能將不會影響板材 13 之厚度均一性或品質。

圖 10C 中，沿箭頭方向平移晶種晶圓 28。所述平移可利用位於晶種晶圓 28 一端之滾筒或一些其他機構產

生。晶種晶圓 28 是在冷卻板 14 下逆著晶種晶圓 28 插入的方向移動。冷卻板 14 最初可關閉或處於熔化物 10 之溫度下或處於高於熔化物 10 溫度之溫度下。若冷卻板 14 位於彎液面 27 所附著之容器 16 之壁上游某一距離處，則可將彎液面 27 之作用減到最小。當打開冷卻板 14 時，靠近晶種晶圓 28 開始凝固。晶種晶圓 28 拉出動作開始，且拉出板材 13。

在圖 10D 中，使用例如泵使熔化物 10 開始流動。在一個替代性實施例中，熔化物 10 可越過溢道。當熔化物 10 開始流動時，板材 13 之寬度可增大。可調節冷卻板 14 之溫度及熔化物 10 之流速或板材 13 之移動速度，以獲得板材 13 之所需厚度。因此，可獲得穩態過程。

使用氣體噴嘴穩定彎液面具有多種優勢。在一種情況下，其可應用於水平板材形成或水平帶材生長（horizontal ribbon growth, HRG）系統，且可用以避免 LASS。在一個實施例中，可水平拉出板材 13，藉此使晶體形成區域處於彎液面 27 之上游。此舉將拉出機構所引起之擾動減到最少，以免在板材 13 形成時影響板材 13。可獨立於板材 13 之速度控制熔化物 10 之流速。此舉能夠簡化種晶過程。此外，可減少或防止熔化物 10 溢出。

圖 11 為氣體噴嘴之實施例的橫截面圖。氣體噴嘴 22 具有充氣室 32 及開孔 30。氣體沿箭頭方向流動。充氣室 32 大於開孔 30 可確保開孔 30 之整個尺寸上的壓力及流速均一。在一個實施例中，開孔 30 寬度大約等於板材（諸如

圖 4 中之板材 13) 寬度。當然，可存在其他尺寸。

在本文所揭露之實施例中，氣體噴嘴 22 可在特定溫度下引導氣體。可加熱氣體以防止彎液面凝固。亦可冷卻氣體以防止板材熔化或另外用以冷卻板材。

本發明之範疇不限於本文所述之特定實施例。實際上，除本文所述者外，一般技術者根據前述說明及隨附圖式將顯而易知本發明之其他各種實施例及對本發明的修改。因此，所述其他實施例及修改意欲屬於本發明之範疇。此外，儘管本發明已在本文中、在針對特定目的之特定環境中、在特定實施例的情形中加以描述，但一般技術者將認識到其效用並不限於此且本發明可在針對任何數目之目的之任何數目之環境中有利地實施。因此，應根據如本文所述之本發明的全部外延及精神來解釋下述申請專利範圍。

【圖式簡單說明】

圖 1 為將板材與熔化物分離之裝置之實施例的橫截面側視圖。

圖 2 為將板材與熔化物分離之裝置之第二實施例的截面側視圖。

圖 3 為 LASS 之穩定彎液面的橫截面側視圖。

圖 4 為使用氣體衝擊法穩定彎液面之實施例的橫截面側視圖。

圖 5 為說明氣體噴嘴所產生之壓力分佈的橫截面圖。

圖 6 為使用溢道、使用氣體衝擊法穩定彎液面之實施

例的橫截面圖。

圖 7 為板材形成中之氣體噴嘴的第一實施例之橫截面側視圖。

圖 8 為板材形成中之氣體噴嘴的第二實施例之橫截面側視圖。

圖 9 為板材形成中之氣體噴嘴的第三實施例之橫截面側視圖。

圖 10A 至圖 10D 說明氣體噴嘴之穩定作用使種晶可行。

圖 11 為氣體噴嘴之實施例的橫截面圖。

【主要元件符號說明】

10：熔化物

12：溢道

13：板材

14：冷卻板

16：容器

17：通道

18：第一點

19：第二點

21：板材形成裝置

22：氣體噴嘴

23：支撐台

24：特徵/槽

25：氣體噴嘴

26：壓力單元

27：彎液面

28：晶種晶圓

29：台面

30：開孔

31：板材形成裝置

32：充氣室

P_1 ：負壓

P_2 ：壓力單元內之壓力

P_{atoms} ：大氣壓

Q_g ：體積流量

X、Y：軸

α 、 θ ：接觸角

σ_x 、 σ_y ：氣體噴嘴周圍壓力之橢圓形分佈

七、申請專利範圍：

1. 一種板材製造裝置，包括：

容器，經組態以容納材料的熔化物；

冷卻板，緊鄰所述熔化物安置，所述冷卻板經組態以形成所述材料之板材，所述板材水平臥於緊鄰所述冷卻板的所述熔化物上；以及

一壓力單元，包含第一氣體噴嘴，經組態以將氣體導向所述熔化物的彎液面，其中所述熔化物的所述彎液面含於所述壓力單元中，所述熔化物的所述彎液面形成於所述容器之邊緣與所述板材的較低表面，且所述壓力單元內的壓力大於大氣壓力。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，更包括經組態以使所述熔化物流動之泵。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之板材製造裝置，其中所述熔化物經組態以在所述容器內循環。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，更包括經組態以將所述氣體導向所述容器之所述邊緣的第二氣體噴嘴，所述第二氣體噴嘴安置於所述第一氣體噴嘴之對面。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，更包括鄰接所述第一氣體噴嘴所安置之支撐台，所述支撐台經組態以支撐所述板材。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，其中所述壓力單元環繞所述板材，且具有高於所述壓力單元外

部之壓力。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，其中所述材料為矽或矽與鍺。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之板材製造裝置，其中所述板材與所述熔化物在所述容器之所述邊緣分離且在所述熔化物中形成所述彎液面。

9. 一種製造板材之方法，包括：

水平移動一種在容納於容器內的材料之熔化物表面上的所述材料之板材；

將所述熔化物的彎液面包含於壓力單元中，所述彎液面形成於所述容器的邊緣與所述板材的較低表面之間；

於所述熔化物之所述彎液面處，自包含於所述壓力單元的第一氣體噴嘴引導氣體；以及

自所述熔化物移離所述板材，

其中，所述壓力單元內的壓力大於大氣壓力。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，其中所述引導經組態以提高所述彎液面之所述熔化物內的局部壓力。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，其中所述板材與所述熔化物以相等速度移動。

12. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，更包括自第二氣體噴嘴引導所述氣體，藉此平衡自所述第一氣體噴嘴引導所述氣體所引起的力。

13. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，

其中所述材料為矽或矽與鍺。

14. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，其中所述氣體具有經組態以穩定所述彎液面之壓力。

15. 如申請專利範圍第 9 項所述之製造板材之方法，其中所述移離包括在溢道將所述板材與所述熔化物分離。

16. 一種形成板材之方法，包括：

將晶種施加於在容納於容器內的一種材料之熔化物；

將所述熔化物的彎液面包含於壓力單元中，所述彎液面形成於所述容器的邊緣抵靠所述晶種與所述熔化物；

於針對所述晶種形成之所述熔化物的所述彎液面處，自包含於所述壓力單元的第一氣體噴嘴引導氣體；

凝固所述熔化物之一部分以形成所述材料之板材，所述板材水平臥於所述熔化物之表面上；以及

自所述熔化物移離所述板材，

其中，所述壓力單元內的壓力大於大氣壓力。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之形成板材之方法，更包括使所述板材與所述熔化物以相等速度流動。

18. 如申請專利範圍第 16 項所述之形成板材之方法，其中所述材料為矽或矽與鍺。

19. 如申請專利範圍第 16 項所述之形成板材之方法，其中所述氣體具有經組態以穩定所述彎液面之壓力。

20. 如申請專利範圍第 16 項所述之形成板材之方法，其中所述移離包含在溢道將所述板材與所述熔化物分離。

為第 100107128 號中文專利範圍無劃線修正本

修正日期:104年 10月 30日

21. 如申請專利範圍第 16 項所述之形成板材之方法，其中所述引導經組態以提高所述彎液面之所述熔化物內的局部壓力。

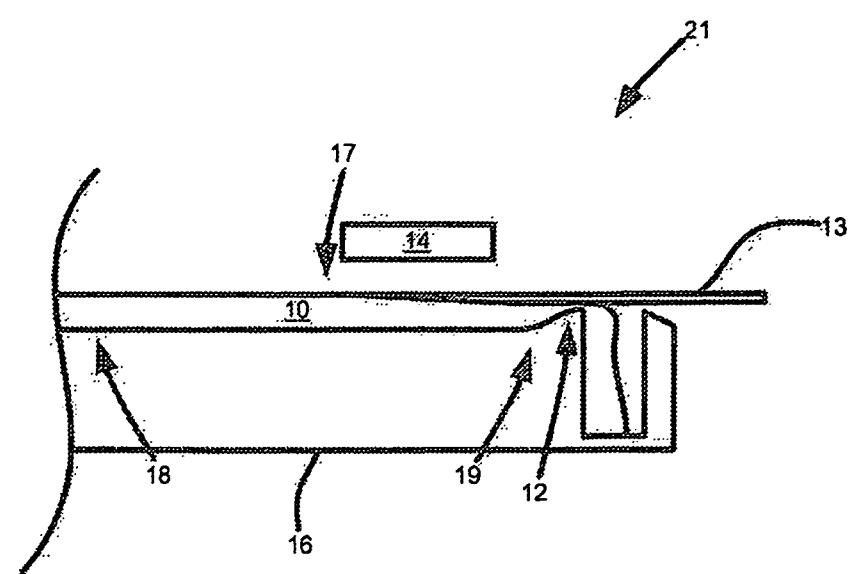


圖 1

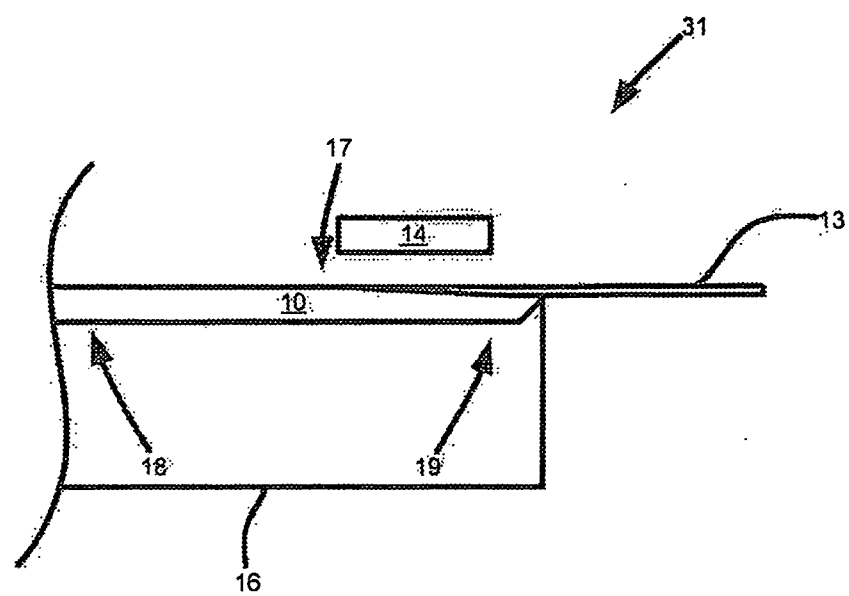


圖 2

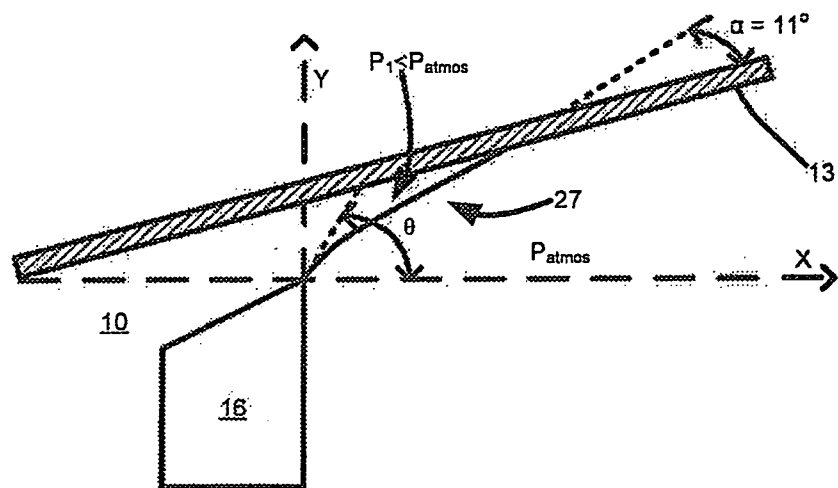


圖 3

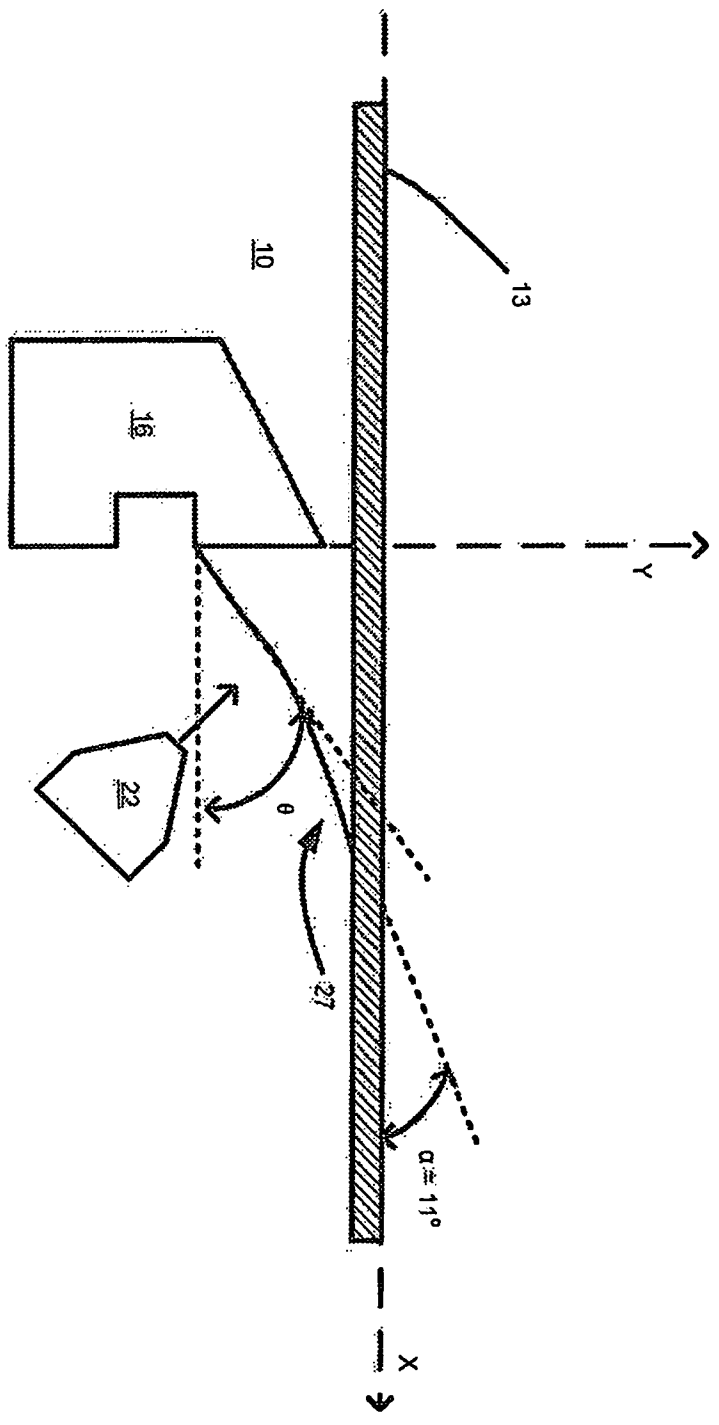


圖 4

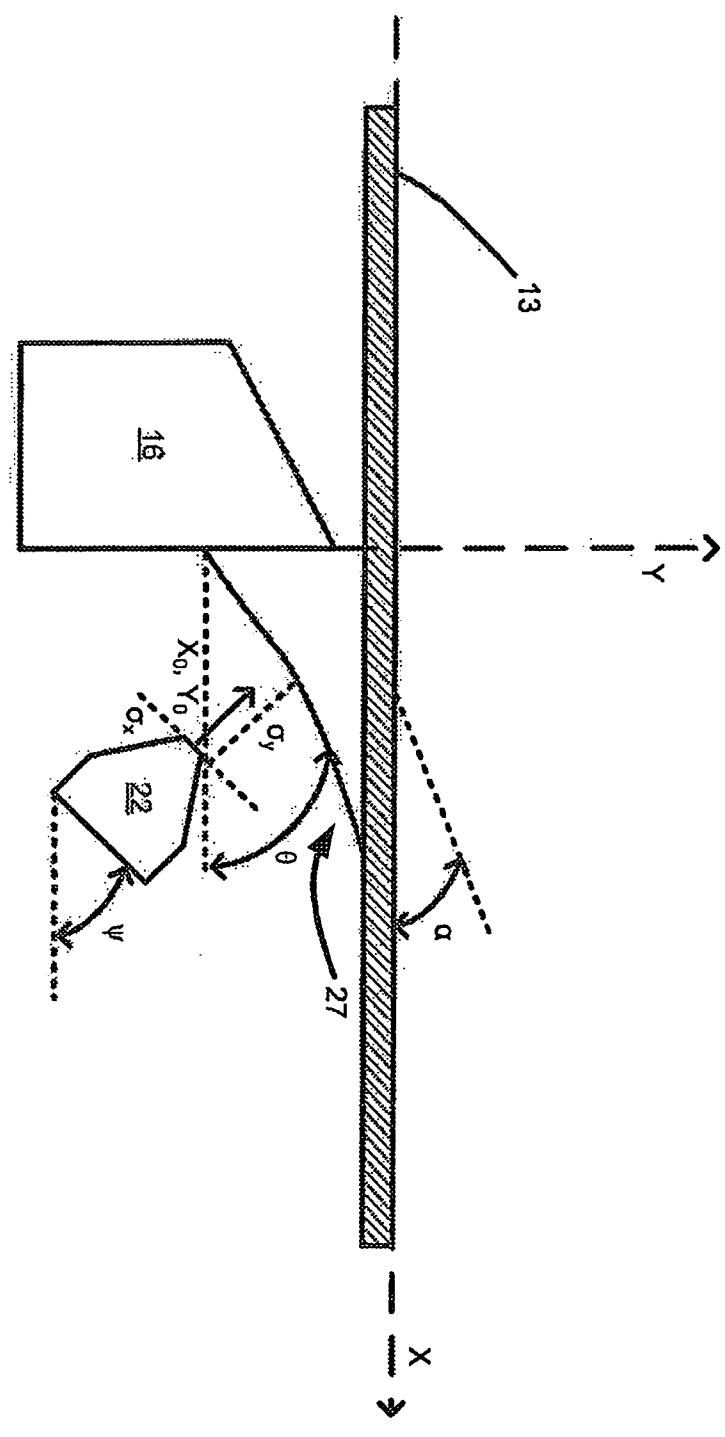


圖 5

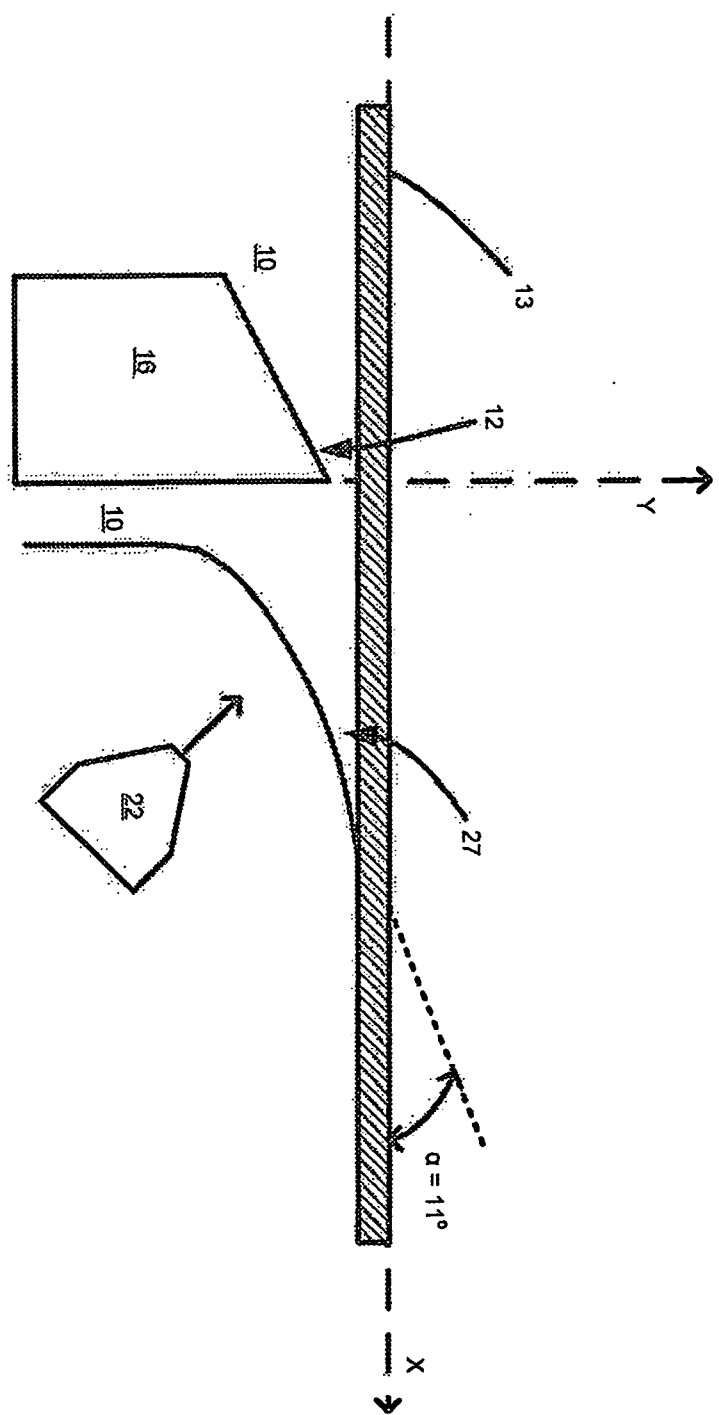


圖 6

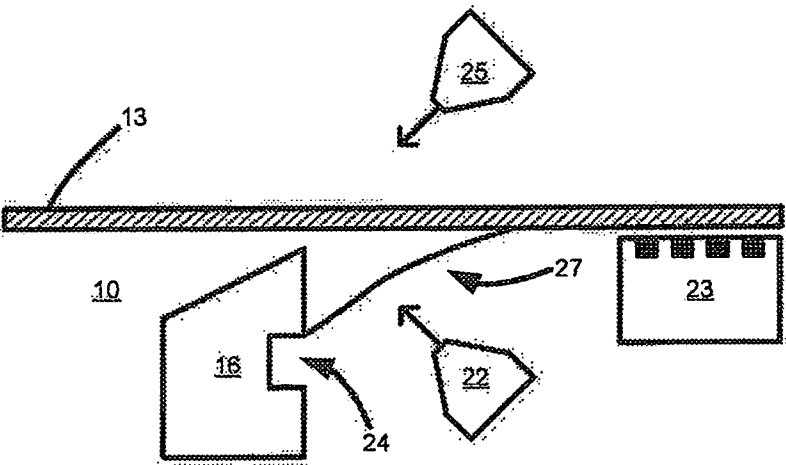


圖 7

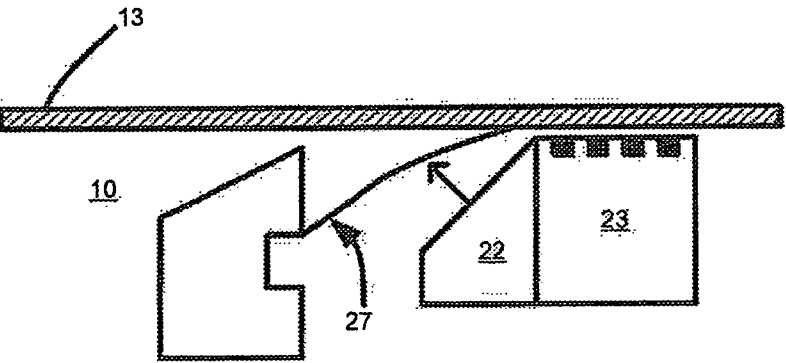


圖 8

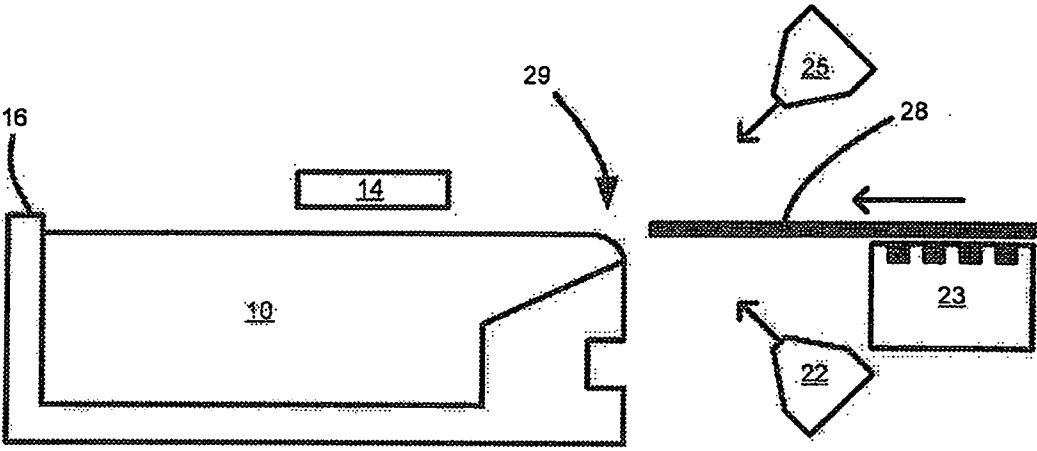


圖 10A

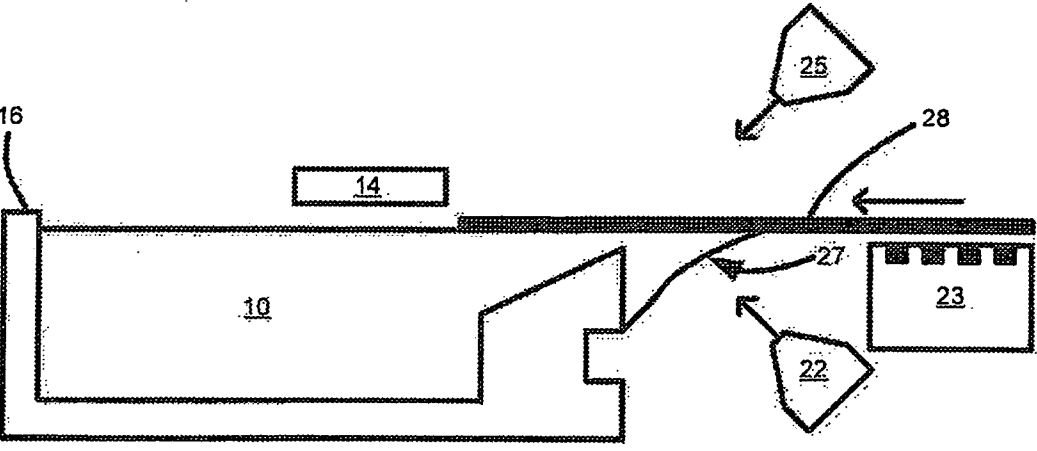


圖 10B

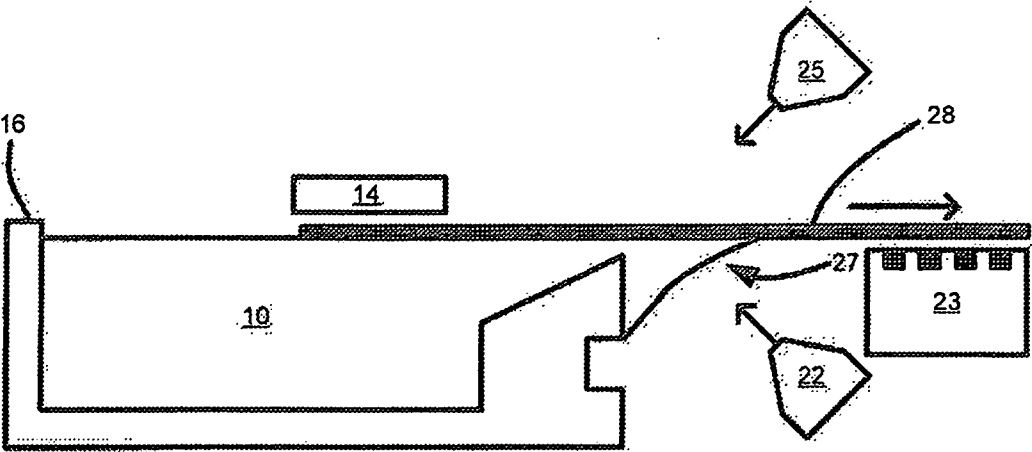


圖 10C

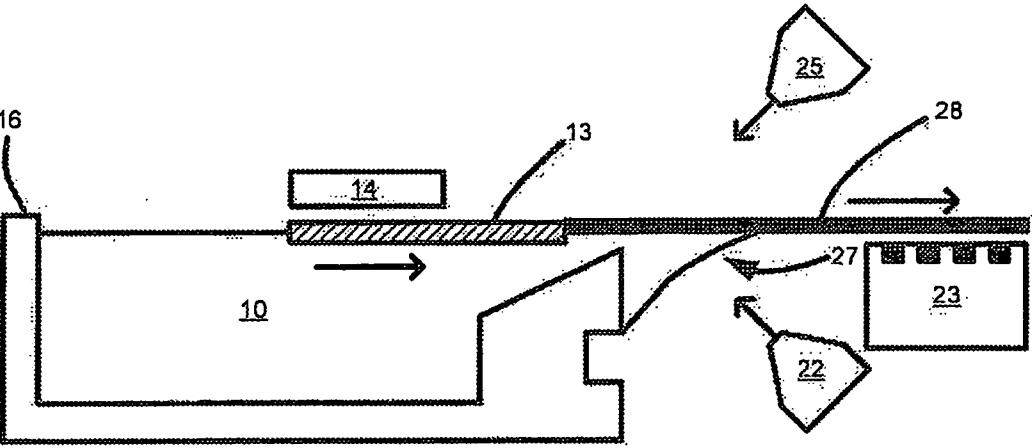


圖 10D

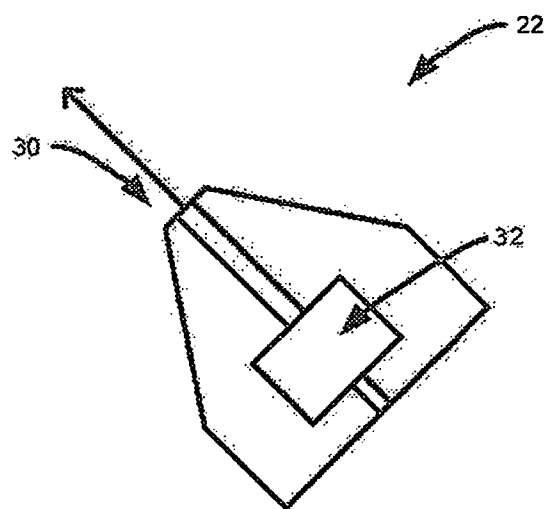


圖 11