



(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 I382001B1

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：097116558

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 05 月 05 日

(51)Int. Cl. : C03B19/14 (2006.01)

(30)優先權：2007/05/07 美國

11/800,585

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

美國

(72)發明人：米奇度納凡布來迪 MICHAEL DONOVAN BRADY (US)；帶尼華倫賀特 DANIEL WARREN HAWTOF (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

JP 9-286621A

US 3844751

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：41 項 圖式數：6 共 0 頁

(54)名稱

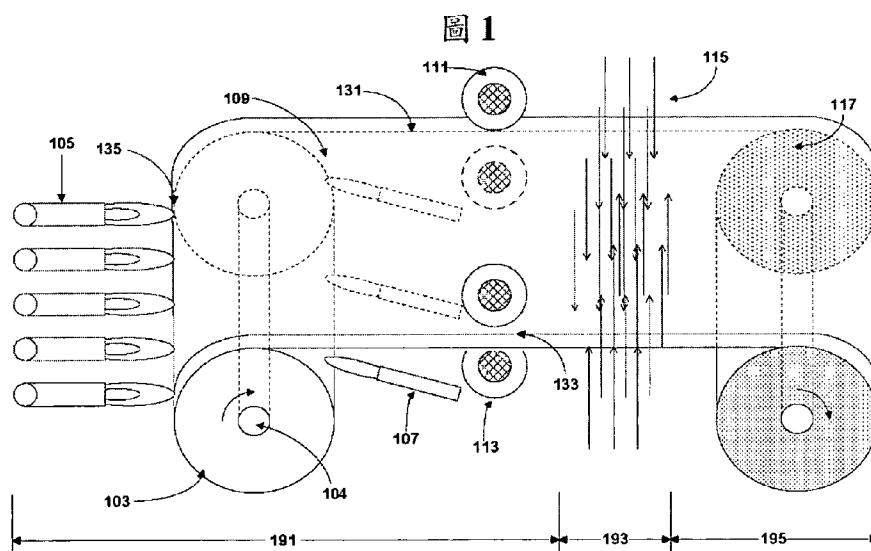
製造玻璃薄片之製程及設備

PROCESS AND APPARATUS FOR MAKING GLASS SHEET

(57)摘要

本發明提出的是製造玻璃粉塵薄片和燒結的玻璃薄片的設備和製程。玻璃粉塵粒子被沉積在旋轉圓筒的彎曲的沉積表面上，以形成粉塵薄片。然後將此粉塵薄片從沉積表面釋放。此粉塵薄片可以被燒結成固化的玻璃。此粉塵薄片和燒結的玻璃可具有足夠的長度及彈性以捲成一捲。

An apparatus and process for making glass soot sheet and sintered glass sheet. Glass soot particles are deposited on a curved deposition surface of a rotating drum to form a soot sheet. The soot sheet is then released from the deposition surface. The soot sheet can be sintered into a consolidated glass. The soot sheet and the sintered glass can be sufficiently long and flexible to be reeled into a roll.



103 . . . 彎曲表面

104 . . . 旋轉軸

105, 106 . . . 燃燒器

107 . . . 氣體噴束

109, 110 . . . 粉塵層

111, 112 ,

113 . . . 粉塵薄片導引裝置

115 . . . 熱量

117 . . . 一捲

- 131，133 . . . 粉塵
薄片的邊緣
- 191 . . . 粉塵沉積和
釋放區域
- 193 . . . 燒結區域
- 195 . . . 捲繞區域

公告本第 97116558 號專利案 101 年 4 月修正
101 年 4 月 25 日修正本**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；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：97116558

※ 申請日期：2008 年 5 月 5 日

※IPC 分類：C03B 19/14

一、發明名稱：(中文/英文)

製造玻璃薄片之製程及設備

PROCESS AND APPARATUS FOR MAKING GLASS SHEET

二、中文發明摘要：

本發明提出的是製造玻璃粉塵薄片和燒結的玻璃薄片的設備和製程。玻璃粉塵粒子被沉積在旋轉圓筒的彎曲的沉積表面上，以形成粉塵薄片。然後將此粉塵薄片從沉積表面釋放。此粉塵薄片可以被燒結成固化的玻璃。此粉塵薄片和燒結的玻璃可具有足夠的長度及彈性以捲成一捲。

三、英文發明摘要：

An apparatus and process for making glass soot sheet and sintered glass sheet. Glass soot particles are deposited on a curved deposition surface of a rotating drum to form a soot sheet. The soot sheet is then released from the deposition surface. The soot sheet can be sintered into a consolidated glass. The soot sheet and the sintered glass can be sufficiently long and flexible to be reeled into a roll.

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：

彎曲表面 . . . 103

旋轉軸 . . . 104

燃燒器 . . . 105 , 106

氣體噴束 . . . 107

粉塵層 . . . 109 , 110

粉塵薄片導引裝置 . . . 111 , 112 , 113

熱量 . . . 115

一卷 . . . 117

粉塵薄片的邊緣 . . . 131 , 133

粉塵沉積和釋放區域 . . . 191

燒結區域 . . . 193

捲繞區域 . . . 195

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：

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於製造玻璃薄片的製程和設備。具體而言，本發明是關於製造玻璃粉塵薄片和燒結的玻璃薄片之粉塵製程，以及此製程所使用的設備。舉例而言，本發明在製造長的、有彈性、可捲繞的玻璃薄片（例如矽石(silica)玻璃薄片）係為實用的。

【先前技術】

在先前技術中，有各種市售製程可以用來製造玻璃薄片材料。舉例來說，浮式法牽涉到在熔融的金屬浴上形成玻璃薄片。這種製程可以用來製造具有廣泛組成份的玻璃薄片材料。這種製程的另一個優點是能夠在曝露到空氣的側邊上達到高的表面品質。然而，這種製程需要金屬熔融物和玻璃熔融物之間的直接接觸，此舉可能造成界面的非所欲污染，以及較不清新的表面品質。因此，為了在兩個主要表面上都產生具有清新表面特性的高品質玻璃薄片，由浮式法所產生的玻璃薄片可能需要作進一步的表面磨光，這可為相當昂貴的步驟。此外，我們相信浮式法未曾被用來製造薄的可捲繞玻璃條帶。

融合曳引製程是目前用來製造具有極度高的表面品質之薄的玻璃薄片，例如作為 LCD(液晶顯示器)基板的其中一種製程方式。因為玻璃薄片的兩個主要表面，在形

成製程期間都不允許直接接觸任何支撐材料，因此兩者主要表面可以同時達到高的表面品質。然而，為了適用於這種製程，玻璃的液態黏滯係數，應變點等都必須符合特定需求。因此，這種製程不能有效且實際地應用在很多玻璃組成份上。此外，大家都知道這種製程需要使用昂貴的機械。雖然由融合曳引製程所製造的 LCD 玻璃基板相當薄，但是它們還沒有薄到很多應用所需要的彈性。

具體而言，對於高-矽石玻璃薄片，例如包含至少 90% 莫耳比之玻璃薄片材料，浮式法和融合曳引都是不切實際的，因為這種玻璃材料具有高的軟化點。大尺寸的高純度矽石玻璃薄片可以作為例如正規光罩基板，LCD 圖像遮罩基板等。這類矽石玻璃基板通常是將在例如火焰水解爐中製造的大矽石玻璃鑄塊，經過切割，研磨和磨光而產生。這是相當昂貴且浪費的製程。用這類切片和磨光方式以製造厚度小於 500 微米具有良好厚度均勻性和良好表面品質的有彈性薄的玻璃薄片會過份昂貴。因此我們高度需要另一種較不昂貴的製程，以製造需要具有高表面品質和厚度均勻性的矽石玻璃薄片。

本發明的特定實施例提供了製造玻璃薄片材料的粉塵製程可以滿足上面的需求。

【發明內容】

依據本發明之第一態樣，提供一種製造玻璃薄片之製程，該製程包含下列步驟：(A)提供複數個玻璃粉塵粒子；(B)沉積玻璃粉塵粒子於旋轉圓筒彎曲沉積表面上以形成粉塵薄片；以及(C)由圓筒表面釋放至少部份粉塵薄片。

在本發明製程過程特定實施例中，步驟(A)包含經由燃燒器陣列產生一組玻璃粉塵粒子。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中形成於沉積表面上粉塵薄片具有實質上均勻之厚度。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中旋轉滾輪具有圓柱形沉積表面繞著一個軸旋轉，玻璃粒子沉積於該表面上。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中形成粉塵薄片實質上為連續性的。在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中形成於沉積表面上粉塵薄片平均厚度在 10 微米至 400 微米範圍內，在特定實施例中為 20 微米至 350 微米，在特定實施例中為 50 微米至 300 微米，在特定實施例中為 20 微米至 200 微米。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(C)中氣體噴束導引至粉塵薄片被釋放之沉積表面的位置以輔助粉塵薄片之釋放。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程在步驟(C)之後包含下列步驟(D)：(D)當圓筒旋轉時部份粉塵薄片由沉積表面釋放離開沉積表面後立即地加以移動以及部

份粉塵薄片保持連接至沉積表面。

在本發明製程過程特定實施例中，當步驟(B)進行時同時地進行步驟(D)。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(D)中，部份粉塵薄片由沉積表面釋放後立即地離開釋放旋轉圓筒沉積表面移動方向實質上與沉積表面相切。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(D)中粉塵薄片移動藉由與粉塵薄片主要表面接觸之粉塵薄片導引裝置加以導引。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(D)中粉塵薄片導引裝置放置於只與粉塵薄片主要表面週邊部份接觸。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(EE)：(EE)將粉塵薄片燒結為密實之玻璃薄片。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(E)：(E)藉由加熱部份移動之粉塵薄片至燒結溫度將至少部份粉塵薄片燒結為密實之玻璃。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，燒結玻璃薄片厚度在 10 微米至 300 微米範圍內，在特定實施例中為 10 微米至 200 微米，在特定實施例中為 20 微米至 300 微米，在特定實施例中為 20 微米至 200 微米，在特定實施例中為 30 微米至 300 微米，在特定實施例中為 30 微米至 200 微米，在特定其他實施例中為 50 微米至 200 微

米。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，多個部份粉塵薄片施以燒結以及燒結部份形成連續性密實玻璃薄片。在特定實施例中，燒結為依序地進行。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，被燒結粉塵薄片主要表面主要部份在燒結製程過程中並不實際接觸固態物體。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，被燒結粉塵薄片部份實質上放置為垂直位置。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，被燒結粉塵薄片至少一個主要表面之週邊部份放置成與粉塵薄片導引裝置接觸。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，被燒結粉塵薄片兩個主要表面之兩個週邊兩側放置成與粉塵薄片導引裝置接觸，以及在燒結過程中粉塵薄片導引裝置施加張力於整個粉塵薄片。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，粉塵薄片導引裝置包含導引滾輪。

在本發明包含步驟(E)之特定實施例中，在步驟(E)中，粉塵薄片導引裝置包含移動皮帶或夾鉗滾輪。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(FF)：(FF)捲繞至少部份粉塵薄片為一捲。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(FFF)：(FFF)切割粉塵薄片以形成獨立粉

塵薄片體。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(FFF-1)：(FFF-1)粉塵薄片修剪裝置以去除粉塵薄片之週邊部份。

在本發明製程過程特定實施例中，製程過程更進一步包含下列步驟(F)：(F)捲繞至少部份由密實玻璃所構成薄片為一捲。

在本發明包含步驟(E)之製程過程特定實施例中，在步驟(E)中，多個部份粉塵薄片施以燒結以及燒結部份形成連續性密實玻璃薄片，以及製程過程在步驟(E)後更進一步包含下列步驟(FA)：(FA)捲繞密實玻璃連續性薄片為一捲。

在本發明製程過程特定實施例中，步驟(A)包含摻雜劑於玻璃粉塵粒子中。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中，沉積粉塵薄片包含具有均勻組成份之單一玻璃粒子層。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中，沉積粉塵薄片包含至少兩層玻璃粒子層，每一層組成份與連續層組成份不同。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中，沉積粉塵薄片包含單一玻璃粒子層，其具有低的局部粉塵密度變化。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中，沉積粉塵薄片包含至少兩層玻璃粒子層，每一層平均粉塵密

度與連續層平均粉塵密度不同。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(B)中，沉積粉塵薄片包含至少兩層玻璃粒子層，每一層平均粉塵密度與連續層平均粉塵密度不同。

在本發明製程過程特定實施例中，在步驟(A)中，玻璃粉塵粒子包含至少 90%重量比砂石(在特定實施例中至少 95%，在特定其他實施例中至少 98%)。在特定實施例中砂石粉塵粒子由火焰水解所構成。

本發明第二項係關於製造玻璃薄片之裝置，其包含：(I)粉塵提供裝置以提供玻璃粉塵粒子；(II)可旋轉圓筒，其具有外側彎曲沉積表面，玻璃粉塵粒子能夠沉積在其上面以形成粉塵薄片；(III)粉塵薄片釋放裝置以由可旋轉圓筒外側沉積表面釋放至少部份粉塵薄片；以及(IV)粉塵薄片導引裝置以立即地導引部份粉塵薄片由外側沉積表面離開可旋轉圓筒之移動。

在本發明裝置特定實施例中，粉塵提供裝置(I)包含燃燒器陣列。

在本發明裝置特定實施例中，可旋轉圓筒(II)包含耐火性材料至少於提供外側沉積表面之週邊區域中。在特定實施例中，耐火性材料由砂石，礬土，鋁石，以及耐火性金屬選取出。

在本發明裝置特定實施例中，粉塵薄片導引裝置(IV)包含滾輪，滾輪位於實質上直接地只接觸粉塵薄片主要表面之週邊部份。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：
(IV-1)粉塵薄片切割裝置以切斷部份粉塵薄片。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：
(IV-2)粉塵薄片捲繞裝置以捲繞粉塵薄片為一捲。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：
(IV-3)粉塵薄片邊緣修整裝置以去除粉塵薄片之週邊部份。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：(V)
粉塵薄片燒結裝置以燒結至少部份粉塵薄片為密實之玻璃薄片。

在本發明包含粉塵薄片燒結裝置(V)之裝置特定實施例中，粉塵薄片燒結裝置(V)包含多個導引粉塵薄片之裝置(例如夾鉗滾輪)，當粉塵薄片進行燒結時，其能夠對粉塵薄片提供張力。

在本發明包含燒結粉塵 H 狀物裝置(V)之裝置特定實施例中，粉塵薄片燒結裝置(V)包含電感加熱器。

在本發明包含粉塵薄片燒結裝置(V)之裝置特定實施例中，粉塵薄片燒結裝置(V)朝向使得當粉塵薄片加熱時粉塵薄片由重力產生下垂可加以忽略。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：(VI)
粉塵薄片切割裝置以切斷部份玻璃薄片。

在本發明裝置特定實施例中，裝置更進一步包含：(VII)
捲繞粉塵薄片裝置以形成玻璃薄片為一捲。

本發明製程及設備特定實施例具有一項或多項下列優

點：(i)能夠連續性地形成玻璃薄片而並不會需要液態金屬浴；(ii)能夠產生具有高品質表面之玻璃薄片而並不需要額外或最小之表面拋光，(iii)能夠產生具有均勻厚度及組成份之粉塵玻璃薄片；(iv)能夠產生高度厚度均勻性薄的玻璃薄片；以及(v)能夠產生多層具有不同的化學組成份及/或物理特性之玻璃薄片。對於許多應用，一項或多項這些優點為高度需要的。

本發明其他特性及優點將揭示於下列詳細說明中，業界熟知此技術者將由說明書立即地了解部份或藉由實施說明書以及申請專利範圍及附圖內容而明瞭。

人們了解先前一般性說明以及下列詳細說明只作為本發明之範例，以及預期提供一個架構或概念以了解申請專利範圍所界定本發明之原理及特徵。

所包含附圖在於提供更進一步了解本發明，以及在此加入以及構成說明書之一部份。

【實施方式】

除非另有說明，在說明書及申請專利範圍中所有數目例如為成份重量百分比、尺寸、以及特定物理特性數值，在所有情況下應理解為可修改為"大約"之數值。人們亦了解在說明書及申請專利範圍中所使用精確數目形成本發明額外的實施例。已作嘗試確保在範例中所揭示數目之精確。不過任何量測之數目本質上含有特定誤差，其

由各別量測技術中標準偏差所導致。

在此所使用單數形式之不定冠詞"a"，"an"係指"至少一個"以及不應限制於"只有一個"，除非明確地表示相反情況。因而，例如所謂"主要表面"包含一個或兩個主要表面之實施例，除非內容明確地表示其他情況。

在此所使用的粉塵層意指一層基本上同質分佈的玻璃粒子，相鄰粒子之間可以黏合或不黏合，厚度大於或等於各別粒子的平均直徑。因此，粉塵層的整個厚度可以包含多個粒子。「基本上同質分佈」意指著這些粒子經配置，使得在此層內對材料最終應用有重要性的特定體積中，平均組成份和特性基本上相同。當然，當解析度變得越來越小時，組成份及/或特性允許偏差到特定範圍內。然而，只要這種偏差對於此材料所預期的使用不重要的話，那麼這種偏差在單一粉塵層內是可以容忍的。當粉塵薄片包含多個粉塵層時，在相鄰層之間組成及/或特性的差異，對於此材料的預期使用是相當重要的。如同在本領域中具有一般技術的人通常所瞭解的，相鄰層介面的組成份及/或特性可以跟兩層主體偏差到特定程度，只要相鄰層之間介面的厚度對於此材料最終應用的目的是不重要的。圖 6 概略地顯示雙層粉塵薄片的截面圖。一種玻璃粒子形成第一個粉塵層 601。另一種粒子鄰接第一個粉塵層 601 而形成第二層 603，該第二層具有不同的組成份及/或物理特性。在層 601 和 603 的介面區 605 處，這兩種粒子可能混合。這裡所使用的"玻璃薄

片"除非有特別指示，否則的話包含固化玻璃所製造的薄片材料，以及含有多個玻璃粉塵粒子的薄片材料(也就是粉塵薄片)。如同本領域中一般所瞭解的，薄片上具有比所有其他表面更大的兩個連續表面的面積。如同這裡所使用的，這兩個含有最大面積的連續表面稱為主要表面。在特定實施例中，主要表面的面積比第三大表面的面積大超過或等於 5 倍。這兩個主要表面之間在某個位置的距離稱為此薄片在該位置的厚度。在本發明之片狀材料中，包括粉塵薄片和燒結玻璃薄片的特定實施例中，當薄片攤在平面基板的表面上時，這兩個主要表面大致上彼此平行。在這些實施例中，橫越整個薄片的主要表面大致上具有均勻的厚度。在特定其他實施例中，這兩個主要表面可以彼此不平行，而薄片的厚度可以隨著位置而變化。薄片的主要表面之任一面或兩面可為平面或曲線。粉塵薄片是包含至少一個粉塵層的片狀材料，其中的玻璃粉塵粒子跟至少部分附近的粒子連接並黏合。然而，在粉塵薄片中有至少一些粒子的晶粒間界上存在空隙。在一個理想的完全密實玻璃中，沒有空隙存在材料中，玻璃的密度在特定溫度和壓力下會達到最大值。

已知各種製造玻璃材料的粉塵沉積方法。例如，OVO(外部氣相沉積法)，IVD(內部氣相沉積法)和 VAD(軸向氣相沉積法)製程可以用來製造高純度摻雜和未摻雜的熔融矽石材料。OVD，IVD 和 VAD 製程通常是兩步

驟的製程，第一個步驟將玻璃粉塵粒子沉積在軸心或餌棒的外表面以形成粉塵本體，且第二個步驟將此粉塵本體燒結成固化玻璃。在美國第 11/305857 號專利申請案中提出了製造熔融矽石玻璃的平面沉積方法，係將一層矽石粉塵粒子沉積在基本上平坦的旋轉基板沉積表面上，接著燒結此粉塵層來形成固化玻璃。這些本領域中已知的製程和設備，在製造大面積的粉塵薄片或玻璃薄片上是不經濟的，而且如果沒有進一步的改進，不能直接用來以連續的方式製造粉塵薄片或玻璃薄片。

這裡所使用的"低局部粉塵密度變化"一詞意指在所沉積之粉塵薄片或所沉積之單層粉塵粒子的其中一個主要表面上半徑至少 0.2 公釐，在特定實施例中最好至少 0.2 公分的取樣區域中，其局部粉塵密度的變化小於平均整個取樣區域密度的 20%，或是小於 0.2 克/立方公分，取其中較大的一個。在本發明的特定實施例中使用本發明的製程或設備所沉積的粉塵薄片，在其中一個主要表面上半徑至少 0.2 公釐，在特定實施例中最好至少 0.2 公分的取樣區域中，其局部粉塵密度的變化小於平均整個取樣區域密度的 10%，或是小於 0.1 克/立方公分，取其中較大的一個。在本發明中，在特定位置含有某個特定厚度的識別區域中，其"局部粉塵密度"是指在這個特定位置上，對整個厚度所測得之局部粉塵密度的平均。局部粉塵密度測量的解析度可以任意選擇為在 10 微米 x 10 微米 x 10 微米立方空間的平均粉塵密度。粉塵密度是由粉

塵粒子所佔據之特定體積中，粉塵粒子的質量來計算，包括所有粉塵粒子的總體積，以及晶粒內和晶粒之間的所有空隙和自由空間。

所謂"實質上均勻溫度"係指所關切物體或表面之溫度具有平均溫度 T_m ，以及在物體或表面不同位置處溫度在 $T_m \pm 50^\circ\text{C}$ 範圍內。平均溫度 T_m 會隨著時間變化。在本發明特定實施例中，要求在物體或表面不同位置處溫度具有實質上在 $T_m \pm 25^\circ\text{C}$ 範圍內均勻的溫度，在特定實施例中在 $T_m \pm 10^\circ\text{C}$ 範圍內。

在此所使用"燒結的玻璃"及"固化的玻璃"可交互使用，其係指密度高於或等於最高可能密度($D_{\max}$)95%之玻璃材料，其在 STP 條件下(壓力為 101.325kPa，溫度為 273K)具有相同化學組成份以及微結構之玻璃材料。在特定實施例中，燒結玻璃在 STP 下需要具有至少 98%之 $D_{\max}$ 密度。在特定實施例中，燒結玻璃在 STP 下需要具有至少 99%之 $D_{\max}$ 密度。在特定實施例中，燒結玻璃在 STP 下需要具有至少 99.9%之 $D_{\max}$ 密度。

我們發現將形成在沉積表面上的玻璃粉塵薄片釋放而不造成破裂是可能的。這種玻璃粉塵薄片可以被傳送到下游，而製程成固化玻璃薄片。根據這個發現和其他的專門知識，我們設計了製造玻璃薄片材料的製程和設備，包括玻璃粉塵薄片和燒結玻璃薄片。關於燒結玻璃薄片，本發明的製程基本上是一個粉塵-到-玻璃的製程，也就是說它需要形成粉塵薄片的步驟，接著將此粉

塵薄片燒結成固化玻璃薄片的步驟。

概括而言，本發明製程包含下列步驟：(A)提供複數個玻璃粉塵粒子；(B)沉積玻璃粉塵粒子於旋轉的圓筒之彎曲的沉積表面上，以形成粉塵薄片；以及(C)由圓筒表面釋放至少部份粉塵薄片。

就粉塵薄片本身而言，可以發現很多的應用。為了獲得固化玻璃，需要額外的燒結粉塵薄片的步驟。

概括而言，本發明之設備包含：(I)粉塵提供裝置，以提供玻璃粉塵粒子；(II)可旋轉圓筒，其具有外側彎曲的沉積表面，玻璃粉塵粒子能夠沉積在沉積表面上，以形成粉塵薄片；(III)粉塵薄片釋放裝置，用於從可旋轉圓筒之外側沉積表面釋放至少部份粉塵薄片；以及(IV)粉塵薄片導引裝置，用於將從沉積表面立即釋放的部份粉塵薄片導引離開可旋轉圓筒之外部沉積表面。

為了製造固化的玻璃，用來燒結粉塵玻璃薄片的添加成分是需要。我們將參考附圖以進一步描述並說明目前的發明。要瞭解的是，這些附圖只代表本發明的某些特定實施例。因此，本發明不應該視為只受限於附圖所顯示的情況。

本發明製程的開始步驟是提供玻璃粉塵粒子。在本領域中，有各種已知的裝置和製程可以使用。粉塵粒子通常是以粉塵流的形式傳送到沉積表面。可以用在本發明各個製程實施例中的粉塵提供裝置之例子包括：火焰水解燃燒器，像通常使用在 IVD，OVD 和 VAD，及平面

沉積製程中的情況。參考圖 1、2 和 3，105 和 106 為燃燒器。例如，透過火焰水解來製造矽石玻璃的燃燒器例子包含一些洞孔，含-矽先驅化合物，像 OMCTS(八甲基環四矽氧烷)通過這些洞孔，加入 H_2 ， CH_4 或其他燃料的火焰中。OMCTS 在火焰中被氧化和水解以產生細微的矽石粉塵粒子。

燃燒器操作通常包含先驅化合物在提高溫度下之化學反應。美國第 6606883 號專利說明燃燒器使用於製造摻雜及未摻雜熔融矽石玻璃，該專利之說明在此加入作為參考。Cain 等人之美國第 5922100 號專利揭示出預先混合之範例，天然氣燃燒器可使用於本發明中，其相關部份在此加入作為參考。不過，使用於本發明之燃燒器並不限定於美國第 6837076，6743011，6736633 號專利中所提及燃燒器。燃燒器能夠藉由電漿以及其他加熱構件輔助。雖然燃燒器通常使用作為製造合成矽石玻璃，其亦能夠使用作為製造其他氧化物玻璃材料。

除了燃燒器，其他裝置例如電漿加熱粉塵噴霧機等也可以用來提供本發明之製程所需要的粉塵粒子。在電漿加熱粉塵噴霧機中，以特定速率提供單一或多組成份的預-形成粉塵粒子，並且讓此等粒子通過電漿以將這些粉塵粒子加熱到沉積步驟所需要的預定溫度。此外，在本發明的特定實施例中，可以使用燃燒器和電漿加熱粉塵噴霧機的組合以提供玻璃粉塵粒子。為了方便起見，除非有特別說明，否則後面所使用的燃燒器都代表可以用

在本發明的所有粉塵提供裝置。

所提供的粉塵粒子基本上包含單一氧化物，例如製造無摻雜之高純度矽石玻璃的情況。或者，粉塵粒子在被提供時，也可以加摻雜劑。因此，例如當粉塵提供裝置包含火焰水解燃燒器時，可以將摻雜劑的先驅加入到火焰中，讓摻雜作用可以在火焰水解製程中發生。另一個例子是，當粉塵提供裝置是電漿加熱粉塵噴霧機時，從噴霧機所噴出的預-形成粉塵粒子，可以被預先摻雜，或者噴出的粉塵粒子可以遭遇含有摻雜劑的大氣，讓粉塵粒子在電漿中完成摻雜。在特定實施例中，所提供的粉塵粒子很有利於具有基本上同質的組成份。在特定實施例中，所提供的粉塵粒子有不同的組成份。例如，主要玻璃成分的粉塵粒子可以由一個裝置來提供，而摻雜劑的粉塵粒子可以由另一個分開的裝置來提供。有可能在特定實施例中，粉塵粒子可以彼此混合以形成具有各種組成份的複合粒子。也有可能在特定實施例中，粉塵粒子在被沉積到沉積表面之前，大致上要避免彼此黏附而形成混合粒子。

粉塵粒子被沉積在旋轉沉積圓筒的彎曲表面上。此彎曲表面 103 沒有跟旋轉軸 104 交叉。在特定實施例中，沉積圓筒至少在提供粉塵沉積表面的周圍部分，是由耐火材料製造出。因此，沉積圓筒可以含有由例如鋼或鋁或其他材料所製造的核心，和由不同材料所製造的包覆層，例如矽石，石墨，鋇石，氧化鋇等以提供沉積表面。

或者，決定於欲形成之粉塵薄片的純度值之需求，圓筒基本上可由單一材料製造出，例如各種純度的矽石(高純度合成矽石，含有較低階純度的自然生成石英等)。圓筒可以繞著軸 104 旋轉。在一個有利的實施例中，此圓筒具有繞著外表面的軸旋轉的大致上柱狀的外表面。在一個特別有利的實施例中，此圓筒具有繞著外表面的中心軸旋轉的大致上圓柱狀的外表面，其中外圓表面的半徑為 rr ，而有效長度(定義成圓筒用來沉積粉塵粒子之部分的長度)為 HH 。藉由調整有效長度及/或外圓表面的直徑尺寸，我們可以調整粉塵薄片和燒結玻璃薄片的大小。

旋轉圓筒的彎曲表面可以採取各種形狀。例如，在特定實施例中，彎曲表面可以考慮是封閉平滑表面，例如柱狀表面，或考慮為含有突然轉向點的封閉表面，像立方體、加長立方體的表面、部分柱狀表面和平坦表面的組合等。在圖 1-3 中，所顯示的圓筒有圓柱狀外部沉積表面 103，由燃燒器 105 和 106 所產生的粉塵粒子沉積在此沉積表面上，以形成連續的粉塵層 109 和 110。在另一個實施例中，圓筒有大致上橢圓柱狀外表面，繞著外表面的中心軸旋轉。在特定有利的實施例中，圓筒的旋轉是單方向的，也就是在玻璃-形成製程期間，圓筒以單一方向旋轉，順時針或反時針。這種單方向旋轉，對具有圓柱狀外表面的圓筒是特別有利的。然而，我們不排除圓筒在粉塵沉積製程期間可以擺動，也就是說，可以間歇地改變旋轉方向。這種擺動對於橢圓柱狀外表面

的圓筒可能是有利的。在特定實施例中，粉塵粒子被沉積在圓筒的部分沉積表面上。因此，在圓柱狀圓筒的情況中，可以考慮各種實施例，特別是：(i)在特定實施例中，所沉積的粉塵薄片只覆蓋圓筒長度的一部分；(ii)在特定實施例中，當從平行於圓柱中心軸的方向來看時，沉積在表面上的粉塵薄片只覆蓋圓柱之圓形截面的一部分；而(iii)在特定實施例中，所沉積的粉塵薄片只覆蓋圓筒長度的一部分，而且當從平行於圓柱中心軸的方向來看時，只覆蓋圓柱之圓形截面的一部分。如果我們允許將粉塵粒子沉積在整個圓形截面來形成連續且封閉的套筒，那麼此套筒必須被切割成至少兩個分開的部分以便在下一個步驟將粉塵薄片從沉積表面釋放。為了方便描述和說明，我們將粉塵薄片沿著圓筒長度的尺寸稱為粉塵薄片的寬度，而粉塵薄片沿著沉積表面圓形截面圓周的尺寸稱為粉塵薄片的長度。因此，如果所形成的粉塵薄片，覆蓋長度為 H ，而截面半徑為 r 的圓柱狀旋轉圓筒的整個長度和半個圓周，那麼此粉塵薄片的寬度就是 H ，而長度是 $\pi \cdot r$ 。

在本發明的特定實施例中，形成在沉積表面上之粉塵薄片的主要表面有四側：兩個側邊大致上沿著旋轉軸的方向；而另兩個側邊沿著旋轉圓筒之曲線外表面的圓周，隨意地散佈延伸。為了方便描述，在製程最早階段，大致上沿著粉塵薄片旋轉軸方向的側邊，稱為粉塵薄片的第一端；在最後階段，大致上沿著旋轉軸方向的粉塵

薄片側邊，稱為粉塵薄片的第二端；而沿著曲線外表面圓周散佈及/或延伸的兩個側(131 和 133)，稱為粉塵薄片的邊緣。

在本發明的特定實施例中，在沉積製程期間，燃燒器 105 和 106 相對於旋轉圓筒的旋轉軸保持固定。在此等實施例中，為了橫越沉積表面獲得相當寬的粉塵薄片，需要多個燃燒器及/或燃燒器陣列。或者，可以有利地應用燃燒器在沿著旋轉軸的方向沿著圓筒的長度擺動。

在特定實施例中，當從沉積表面移除時，形成在圓筒沉積表面上的粉塵薄片必須可以擱在基板的平坦表面上而不會因為它本身的重力而破裂。在特定實施例中，在從沉積表面移除粉塵薄片時，甚至必須可以被外力拉動或推動成大致上平坦的幾何而不破裂。在這方面，粉塵玻璃薄片必須有某種程度的彈性，使得施加到某個預定程度的應力不會引起粉塵薄片的破裂。粉塵薄片的彈性是由以下的因素來決定，特別是：(a)平均粉塵密度；(b)粉塵薄片厚度；(c)沉積表面的曲率；(d)粉塵薄片形成時的溫度；和(e)粉塵薄片的厚度。對於含有大致上圓柱狀外沉積表面的圓筒來說，它的圓形截面(由垂直於圓柱中心軸的平面切割時)的直徑越大，所沉積之粉塵薄片跟平面薄片的曲率就越接近，因此當粉塵薄片被拉動或放平時，所受到的應力就越低。粉塵薄片的彈性決定於是否可以使用特定直徑的軸心以將粉塵薄片捲成一捲而不破裂。

如前面提及的，粉塵薄片的平均粉塵密度是決定粉塵薄片彈性的其中一個因素。通常，對於包含超過 90% 矽石的玻璃粉塵薄片，此粉塵薄片平均密度範圍必須從 0.50 到 1.50 g/cm³，在特定實施例中從 0.80 到 1.25 g/cm³。

在特定實施例中，為了得到粉塵薄片良好的撓曲性，要求薄片之厚度在 10 微米至 400 微米範圍內，在特定實施例中在 20 微米至 350 微米範圍內，在特定實施例中在 50 微米至 300 微米範圍內，在特定實施例中在 50 微米至 200 微米範圍內。我們已製造長度超過 5 公尺連續性可捲繞矽石粉塵條帶厚度約為 100 微米。

在特定實施例中，高度要求所沉積的粉塵薄片有低的局部粉塵密度變化。在本發明的特定實施例中，為了在最終燒結玻璃薄片獲得大致上同質的組成份，低的局部粉塵密度變化是重要的。以下的因素，尤其會影響到粉塵薄片的局部粉塵密度變化：(i) 燃燒器或其他粉塵提供裝置的設計和位置；(ii) 燃燒器相對於沉積表面的移動；(iii) 由燃燒器或其他粉塵提供裝置所提供之粒子的溫度變化；和 (iv) 圓筒沉積表面的溫度變化。燃燒器陣列 105 包含多個燃燒器，可以有利地用來獲得具有大致上同質的化學組成份和大致上均勻厚度的沉積粉塵層。"均勻厚度"意指著粉塵薄片的厚度變化小於或等於粉塵薄片平均厚度的 20%。在特定實施例中，粉塵薄片的厚度變化必須小於或等於粉塵薄片平均厚度的 10%。在某些實施例中，燃燒器相對於沉積表面的移動必須加以調

整以獲得具有大致上均勻厚度的粉塵薄片。在特定實施例中，燃燒器 105 可以從旋轉圓筒一側擺動到另一側以沉積大致上均勻厚度的粉塵薄片。如前面提到的，在特定實施例中，在燃燒器火焰直接接觸沉積表面之前，沉積表面上大致上均勻的溫度對於在粉塵薄片獲得均勻的局部粉塵密度是重要的。為了控制橫越圓筒沉積表面大致上均勻的溫度，可以將圓筒加熱或冷卻從內部到外部。為了讓粉塵薄片在下游製程步驟中容易跟圓筒的沉積表面分開，粉塵粒子的溫度和沉積表面的溫度不可以太高以免粉塵粒子熔解而永久地跟粉塵沉積表面黏合。一般來說，當沉積粉塵粒子的平均溫度越高，它們越可能彼此黏合，而形成密實且強韌的粉塵薄片。

為了獲得高的粉塵薄片產量，有幾個方式可以單獨或以各種組合使用：(i)增加旋轉圓筒的旋轉角速度；(ii)增加旋轉圓筒截面的尺寸(例如圓柱狀圓筒的直徑)；(iii)增加旋轉圓筒的有效長度；和(iv)使用多個燃燒器(或甚至多個燃燒器陣列)以提供更多粉塵粒子。

參考圖 3，其中兩個燃燒器(或兩個燃燒器陣列)105 和 106，在旋轉圓筒的沉積表面上沉積兩層粉塵 109 和 110。在某些實施例中，這兩層粉塵 109 和 110 必須基本上具有相同的化學組成份和物理特性，例如平均粉塵密度，平均粉塵粒子大小等。對於這方面，燃燒器 105 和 106 可以大致相同以提供具有大致上相同組成份的兩個粉塵流。燃燒器 105 提供的粉塵粒子，沉積形成粉塵 109

的基層，直接接觸圓筒的沉積表面。接下來，燃燒器 106 提供的粉塵粒子，沉積形成粉塵層 109 上方的添加層 110 可以有相同或不同的厚度。層 109 和 110 一起形成粉塵薄片。在特定實施例中，這兩層 109 和 110 必須有不同的化學組成份。例如，每層可以包含摻雜不同摻雜劑的矽石粒子。在特定實施例中，這兩層 109 和 110 必須有基本上相同的化學組成份，但是不同的物理特性，例如平均粉塵密度，平均粉塵粒子大小等。這種不同層 109 和 110 在一起形成含有多個子層的粉塵層，在各種應用中都可使用。雖然圖 3 只顯示兩層的實施例，但是可以應用這種相同的設計原理以產生甚至更多粉塵層的粉塵薄片。經由仔細調整燃燒器(或燃燒器陣列)相對於圓筒沉積表面的移動，這種多層結構也可以考慮由單一燃燒器(或燃燒器陣列)，間歇交替地提供不同的粉塵粒子來達成。當需要多個粉塵粒子層，且相鄰層的交叉污染應該要避免時，那麼用來提供各層的多個燃燒器在運作時必須實體分開。這種實體分開可以透過一些方式來達成，尤其是：(i)調整燃燒器的移動；(ii)以不同的時間週期操作燃燒器；和(iii)在燃燒器之間應用實體分割以避免一個流體中的粉塵粒子進入另一個中。

在本發明特定實施例中，在旋轉圓筒沉積表面形成的粉塵薄片可以留在沉積表面上，直到沉積製程完成。如此，在具有預定長度，寬度和厚度的粉塵薄片形成在沉積表面上之後可以將燃燒器關掉，並將所形成的粉塵薄

片從沉積表面釋放。或者，在本發明的某些其他實施例中，如後面將更詳細描述的，部分形成的粉塵薄片可以連續釋放，並連續從旋轉圓筒的沉積表面移開。這裡所使用的釋放意指使其分開。

粉塵粒子跟沉積表面黏合到某個程度是需要的，以便讓粉塵薄片一開始可以形成在沉積表面上。然而，如前面所提的，粉塵薄片和沉積表面之間的黏合太強烈會讓粉塵薄片很難從沉積表面釋放。在沉積表面和沉積在其上的粉塵薄片之間的有限黏合，要讓粉塵薄片容易釋放。在特定實施例中，此黏合可以由沉積粉塵粒子來形成粉塵薄片的位置，和粉塵薄片從沉積表面釋放的位置之間的溫度梯度來減弱，如果粉塵薄片的熱膨脹係數(CTE)跟沉積表面不同，那麼由溫度梯度所造成的應力就會使釋放自然發生。在某些其他實施例中，可以使用某些工具(粉塵薄片-釋放裝置)及/或方法來誘發，啟動或協助粉塵薄片從沉積表面釋放。粉塵薄片-釋放裝置的例子包括但非限於刀子、鑿子、切割線、或氣流。在某些實施例中，氣流(氣體噴束)¹⁰⁷可能是有利的，因為它可以冷卻或加熱粉塵薄片及/或沉積表面以誘發介面的熱應力，或者將應力維持在預定範圍內，同時還可以清洗沉積表面。氣體噴束的另一個優點是可以藉由修改壓力以調整施加在粉塵薄片上的機械力，並且藉由選擇氣體噴束的方向和大小以精確指出此力導向粉塵薄片的位置。當氣體噴束使用加壓空氣流時，有時候將它稱為氣刀

(airknife)。

粉塵薄片可以在圓筒旋轉或靜止時，從圓筒的沉積表面釋放。在本發明的特定實施例中，當粉塵薄片從沉積表面釋放並移除時，圓筒保持靜止，此釋放製程從粉塵薄片第一或第二端開始。在這些實施例中，通常會施加機械力在粉塵薄片和沉積表面之間的介面上，讓粉塵薄片從沉積表面逐漸釋放。在某些其他實施例中，當粉塵薄片從沉積表面釋放和移除時，圓筒進行旋轉，而立即從沉積表面釋放的部分粉塵薄片以連續的方式從沉積表面移開，就像滾離沉積表面一樣。在這些實施例中，導向釋放發生位置的氣體噴束可以有利地用來協助釋放。在這些實施例中，粉塵薄片相對於沉積表面的移動方向通常需要大致上跟彎曲的沉積表面正切。「大致上正切」意指粉塵薄片相對於沉積表面的移動方向，在彎曲表面上釋放位置處之正切方向的 10 度內。讓粉塵薄片的移動維持在大致上正切的方向可以降低在釋放處施加在粉塵薄片的應力，否則可能造成粉塵薄片的破裂。

因此，如圖 1、2 及 3 以及以上說明可見，在本發明的特定實施例中，可能在步驟(C)之後執行以下的步驟(D)：

(D) 當圓筒旋轉時，將從沉積表面立即釋放的部分的粉塵薄片從沉積表面移開，且同時部分的粉塵薄片維持附加至沉積表面。

如圖 1、2 及 3 所顯示，在本發明的特定實施例中，亦可能同時執行步驟(B)及(D)，而能夠連續地製造延長的

粉塵薄片，同時維持圓筒的旋轉在多重的週期中實質上不間斷。連續處理的此等實施例係特別有益的。此舉能夠不間斷地連續製造粉塵薄片及玻璃薄片的長的條帶。

在特定實施例中，特別是在牽涉到連續產生長粉塵薄片條帶及/或燒結玻璃薄片的實施例中，在執行上面(D)步驟時，在釋放之後將粉塵薄片從沉積表面連續移開的動作可以由特定粉塵薄片導引裝置來作有利的導引。在本發明的某些實施例中，粉塵薄片導引裝置直接接觸粉塵薄片的主要表面，在粉塵薄片移動時提供支撐和導引。在某些其他實施例中，粉塵薄片導引裝置包含多個元件，直接接觸粉塵薄片的兩個主要表面。因為粉塵薄片的厚度通常比它主要表面的尺寸小很多，因此粉塵薄片導引裝置必須直接接觸主要表面，以便為粉塵薄片的移動提供有意義的導引及/或動力。為了維持粉塵薄片的高表面品質而避免粉塵薄片導引裝置例如滾輪所造成的污染和刮痕，此粉塵薄片導引裝置(111、113、405)大致上必須只直接接觸到粉塵薄片主要表面的周圍部分。主要表面的周圍部分意指接近主要表面邊緣(定義如上)的部分。在這類特定實施例中，多個元件夾住粉塵薄片。在特定實施例中，此粉塵薄片導引裝置是主動的，也就是說它是由非粉塵薄片所提供的外力來提供動力，使裝置提供一部分的力量將粉塵薄片移動到預定方向。在特定實施例中，粉塵薄片導引裝置是被動的，也就是說除了它所接觸之粉塵薄片的力量之外沒有其他外力來提供

動力，而移動粉塵薄片導引裝置之任何元件所需要的能量是由此裝置直接接觸的粉塵薄片來提供。在本發明的特定實施例中，粉塵薄片導引裝置包含輸送帶。在某些其他實施例中，粉塵薄片導引裝置包含導引滾輪。

從沉積表面釋放並傳送離開的粉塵薄片可以使用粉塵薄片切斷裝置將它切割成分離的較小粉塵薄片片斷。有各種切割裝置和方法可以用來切斷粉塵薄片。在特定實施例中雷射切割特別有利。然後這些粉塵薄片片斷可以直接使用或者接受進一步的下游製程，下游製程包括但非限於以下將更詳細描述的燒結。當需要時，也可以將粉塵薄片捲成一捲粉塵薄片，在成捲粉塵薄片的相鄰表面之間可以加入或不加入間隔材料，像紙，布等。當需要時，在粉塵薄片被切成分離片斷供下游使用之前，或是在粉塵薄片被捲成一捲之前，粉塵薄片的周圍部分，在特定實施例中是兩個周圍部分可以被移除。再次地，使用雷射切割來移除邊緣可能是特別有利的。

當需要燒結的玻璃薄片時，根據本發明所形成的粉塵薄片或部分的粉塵薄片可遭受燒結步驟(EE)，其中粉塵薄片被加熱至燒結溫度，該燒結溫度使得粉塵薄片中的粉塵粒子轉變為密實的玻璃薄片。當執行步驟(D)時，理想地接續執行以下步驟(E)，以獲得燒結的玻璃片：

(E) 藉由將移動的粉塵薄片接續地遭受燒結溫度，而將粉塵薄片的至少一部分燒結成密實的玻璃。

如此，在特定實施例中，連續移動的粉塵薄片可以被

供應本發明之設備的燒結區域(193)，在其中至少部分粉塵薄片被加熱到夠高的溫度一段夠長的時間，將那部分的粉塵薄片轉變成密實玻璃。熟悉此技術的人都可以決定適當的燒結溫度和燒結時間，特別是決定於玻璃的組成份，最終玻璃所需要的品質，和製程的輸出量。例如，為了燒結高純度砂石的粉塵薄片，燒結溫度通常必須從 1000°C 到 1600°C ，在特定實施例中從 1400°C 到 1600°C 。如熟悉此技術的人通常所知的，在燒結階段期間形成粉塵薄片的粉塵粒子在晶粒間界會形成更多化學鍵結，而產生較大的連續玻璃網狀結構。在特定實施例中，此燒結最好能產生基本上無空隙和氣泡的玻璃材料。

在本發明的特定實施例中，燒結的實施方式最好使得所產生的燒結玻璃不會因為粉塵薄片的重力而顯著下垂。避免由於重力下垂的一個方式是將粉塵薄片在燒結期間放置在大致上垂直的位置，也就是說粉塵薄片的重力基本上平行於此薄片的主要表面。當然，稍微偏離正垂直位置例如 ± 15 度，在特定實施例中 ± 10 度，在特定其他實施例中 ± 5 度是允許的，而且應該被視為在"大致上垂直"的含義之內。另一個在燒結期間減輕玻璃下垂的方式是橫過粉塵薄片及/或玻璃薄片施加張應力。這種張應力可以由粉塵薄片導引裝置來施加，例如夾鉗滾輪(111、113、405)及/或夾鉗輸送帶。通常在燒結製程期間，由於粉塵薄片結構的固化，在燒結進行時粉塵薄片的密度會增加。如果沒有橫過粉塵薄片施加張應力，則此薄片會

收縮。因此，在燒結期間施加張應力到粉塵薄片也可以使粉塵薄片變薄，尤其是當張應力透過夾鉗引導裝置來施加時，在整個燒結區域(401)中，這兩者之間基本上保持固定的距離。如果在燒結期間有施加張應力到粉塵薄片，那麼粉塵薄片可以放置在大致上水平的位置、如上所述大致上垂直的位置、或是這兩個位置之間的傾斜位置。張應力可以抵銷重力效應，而避免粉塵薄片及/或玻璃薄片在燒結期間下垂。

在特定實施例中，高度要求由燒結粉塵薄片所產生之玻璃薄片的至少大部分主要表面具有高的表面品質：低表面波狀起伏；低表面粗糙度；以及基本上無刮痕。這種高表面品質，對於例如 LCD 顯示基板是特別有利的。有幾種方式可以採用以獲得上面所提的一個或多個高品質表面特性。對這方面，例如在燒結粉塵薄片時，最好可以讓至少一個(在特定實施例中兩個)主要表面的大部分(50%，在特定實施例中至少 60%，在特定其他實施例中至少 70%，在特定其他實施例中至少 80%，在特定實施例中至少 90%，在特定其他實施例中至少 95%，在特定其他實施例中至少 98%)曝露於氣體或真空中，而不直接接觸固態物體。我們相信，燒結時讓主要表面保持曝露到氣體或真空中，可以回復粉塵薄片表面上的部分表面缺陷，如果有的話，而產生具有上面所提之一個或多個高品質表面特性的玻璃薄片。因此，在特定實施例中，在燒結期間粉塵薄片的移動最好由前面所討論的粉塵薄

片導引裝置(111、113、405)來導引，而大致上只允許粉塵薄片導引裝置接觸主要表面的周圍部分。此外，燒結玻璃的表面品質可能受到引進粉塵薄片表面之污染物例如周圍粒子的影響。因此，在乾淨環境中（例如乾淨室中）燒結，可以幫忙促進燒結玻璃薄片的表面品質。

有各種加熱源可以用來將粉塵薄片加熱到燒結溫度。電阻加熱和電感加熱可能是有利的，因為兩者都不會改變周圍大氣的組成份，使得周圍大氣可以分開並獨立地修訂以符合製造各種玻璃材料的需求。粉塵薄片和玻璃薄片在燒結期間的熱經歷會影響最終密實玻璃的厚度，玻璃的組成份，最終玻璃的組成份同質性，以及最終玻璃之物理特性的同質性(例如折射率，雙折射性等)。因此，如果燒結玻璃需要同質的組成份及/或特性，那麼在燒結步驟期間，接受燒結的粉塵薄片或它的一部分，必須接受大致上一致的燒結溫度。電感加熱和電阻加熱可以有利地用來獲得大致上一致的燒結溫度。在特定實施例中，如圖 1 和 4 所示高度要求粉塵薄片從主要表面的兩側來加熱。

在特定實施例中，在燒結進行的加熱室中填充了惰性氣體，例如 N_2 、Ar、Ne 及其組合等，以增進熱傳遞，並避免設備及/或玻璃材料成分的氧化。

在進行燒結步驟的同時，特別是假如粉塵薄片為整體將被燒結之零散粉塵薄片，在特定實施例中粉塵薄片可在燒結區域內保持靜止的。若粉塵薄片整體要被燒結之

燒結區域太大，粉塵薄片可以步階及重複的方式進行燒結，即部份粉塵薄片首先被燒結，接著燒結其另一部份。在本發明特定其他實施例中，特別是包含步驟(D)之連續性製程過程，尤其是包含同時實施步驟(B)及(D)情況，粉塵薄片能夠連續性地通過燒結區域使得能夠實施依序地燒結粉塵薄片，能夠連續性製造燒結玻璃。

圖 4 概略地顯示根據本發明一個實施例之設備的燒結區域 401 截面圖。使用夾鉗導引粉塵薄片滾輪 405，將粉塵薄片 403 固定在位置上並拉緊。箭頭 A 和 A' 顯示滾輪 405 在燒結期間施加在粉塵薄片主要表面上之力量的方向。將位在燒結區外殼 402 中的加熱元件 407 例如電阻加熱元件或電感加熱器的感受器加熱到高溫。透過由加熱元件發射的輻射 406，及/或由加熱元件加熱到燒結溫度的氣體，將粉塵薄片加熱到燒結溫度。由於滾輪 405 的拉緊，粉塵薄片的下垂大致上可以避免或消除。

一旦粉塵薄片或其一部分被燒結成密實玻璃薄片，可以使用切割裝置將此密實玻璃薄片切斷成分離片斷。有各種切割裝置和方法可以使用來切斷玻璃薄片。在特定實施例中，雷射切割是特別有利的。這些分開的固化玻璃薄片斷可以直接使用，或者接受進一步的後形成製程，例如邊緣移除，塗層，磨光等。或者，在本發明的特定其他實施例中，長的條帶之燒結玻璃薄片可以由捲繞裝置捲成一捲玻璃薄片。特定間隔材料，例如紙片，布，塗層材料等可以插入捲軸中相鄰玻璃表面的中間以

避免它們之間的直接接觸。如果在燒結期間，粉塵薄片主要表面的周圍部分被夾住，那麼很有可能在燒結步驟結束時，此周圍部分並沒有燒結成密實玻璃，或者即使它也被燒結了，此周圍部分跟燒結期間沒有跟固態物體接觸的玻璃薄片中心部分比較起來，也容易有不同的厚度及/或表面品質。因此，在該實施例中，如果玻璃薄片要被捲成一捲，邊緣部分就必須在玻璃薄片被捲成一捲之前加以移除。有各種切割裝置和方法，可以用來移除邊緣。在特定實施例中，雷射切割是特別有利的。

在特定實施例中，如果薄片需要運送到不同地點作進一步的製程及/或下游的使用，那麼會將保護塗層塗覆於玻璃薄片的至少一個主要表面上。對於將長玻璃薄片捲成一捲，這種塗層可能是有利的。在捲成一捲之前，在玻璃條帶兩側塗層是有利的。

圖 5 為流程圖，其示意性地顯示出本發明實施例連續性製程過程。附圖中參考數目具有下列意義：501：提供蜂巢粒子；503：沉積粉塵粒子於旋轉圓筒之沉積表面上以形成粉塵薄片；505：由沉積表面釋放粉塵薄片；507：將粉塵薄片由沉積表面轉移至粉塵薄片燒結區域；509：將粉塵薄片施以燒結溫度，使得燒結部份轉變為密實玻璃；511：去除玻璃薄片之邊緣；513：塗覆保護性塗層於玻璃薄片之主要表面上；以及 515：將薄的撓曲性玻璃薄片捲繞成一捲玻璃薄片材料。

圖 1 所示之設備的實施例有三個區域：粉塵沉積和釋

放區域 191；燒結區域 193；和捲繞區域 195。在加熱區域 193 中，將熱量 115 施加到粉塵薄片以將粉塵薄片加熱到燒結溫度。在捲繞區域中，燒結玻璃薄片被捲成一捲 117。

如前面所描述的，本發明的製程和設備特別適合用來製造包含高矽石百分比的粉塵薄片和燒結玻璃薄片，例如包含至少 90%重量比 SiO_2 的矽石玻璃，在特定實施例中至少 95%，在特定實施例中至少 98%，甚至於在特定實施例中至少 99%。那些熟悉此技術的人由於閱讀此文件，可以將先前技術中有關製造矽石玻璃的火焰水解揭示內容適用於本發明中。

撓曲性的燒結玻璃薄片例如長玻璃條帶可以根據本發明的特定實施例製造出。可以製造厚度 10 微米、30 微米、50 微米、100 微米的玻璃薄片。在本發明特定實施例中，燒結玻璃薄片厚度在 10 微米至 300 微米範圍內，在特定實施例中為 10 微米至 200 微米，在特定實施例中為 20 微米至 300 微米，在特定實施例中為 20 微米至 200 微米，在特定實施例中為 30 微米至 300 微米，在特定實施例中為 30 微米至 200 微米，在特定實施例中為 50 微米至 200 微米。假定有完美的玻璃表面，那麼玻璃越薄它的撓曲性就越高。然而，厚度範圍從 10 到 100 微米，可以在處理和撓曲性之間提供良好的折衷方案。薄的撓曲性玻璃薄片可以在很多有用的應用中使用。

下列非限制性範例更進一步顯示出本發明。

範例：

範例 1：單層粉塵薄片之製造

我們根據本發明的設備製造了一層至少 99%重量比的矽石。有五個線性燃燒器，每個 1 英吋寬，安裝在燃燒器分佈器上。這些燃燒器排列成行彼此緊鄰，產生均勻的 5 英吋寬粉塵流。流經燃燒器的氣體包括：在燃燒器中線流洞孔，由 20 SLPM(標準升/分鐘)的 N_2 載體氣體所運載的大約 5 克/分鐘的 OMCTS。沿著這些氣體的長度兩側，圍繞著一列 O_2 流洞孔，提供大約 5 SLPM 的 O_2 。在這些氣體外面還有兩列流體洞孔，提供額外的 20 SLPM O_2 。在這兩列外面的最後幾列流體洞孔提供火焰以點燃 OMCTS。流動速率是 12 SLPM 的 CH_4 和 10SLPM 的 O_2 。

燃燒器的位置離沉積目標大約 4 英吋。此目標是 15 英吋直徑的柱狀石英圓筒。此圓筒的牆壁厚度是 0.25 英吋。此圓筒加以旋轉以提供 1 公釐/秒的表面速度。來自線性燃燒器陣列的粉塵被導向此圓筒，而在圓筒上沉積了一層大約 200 微米厚和 6 英吋寬的粉塵。多出一英吋粉塵薄片寬度是由於粒子沿著圓筒表面流動所造成的。在這 5 英吋寬長度之燃燒器中的粉塵薄片平均密度大約是 1.1 克/毫升。在此長度外的粉塵密度較低，因為它不在燃燒器的直接沉積區域中。將較高密度下產生的 5 英吋寬粉塵薄片從圓筒釋放，可以由氣刀所提供的空氣流來加強。此氣刀透過指向圓筒的 10 英吋寬氣刀本

體，供應大約 20 SLPM 的空氣。除了幫忙釋放粉塵之外，此氣刀可以在大約 200°C 下保持圓筒的溫度均勻性並加以冷卻。用手將此 5 英吋的粉塵薄片從周圍邊緣抓取，並導向捲繞圓筒。此圓筒的直徑大約是 6 英吋。在實驗結束之前，有五公尺的粉塵薄片被捲繞到此圓筒上。

範例 2：單層粉塵薄片之燒結

我們也製造了一個如同上面範例 1 所描述，但是厚度 60 微米的粉塵薄片。有三個上面所描述的燃燒器用在燃燒器陣列中。增加圓筒的旋轉速度，並降低 OMCTS 的流動速率以降低厚度。經由調整燃燒器的流動速率、圓筒旋轉速度、和燃燒器離圓筒的距離可以改變粉塵薄片的厚度、密度和產生速率。

採用大約 2 英呎長及 3 英吋寬的樣本長度用於燒結範例。粉塵薄片的周圍邊緣被按壓於滾輪之間，沿著樣本的長度接觸滾輪。提供加熱源以燒結粉塵薄片。粉塵的溫度達到大約 1500°C 且粉塵薄片密實成為清晰、燒結的玻璃。燒結的玻璃大約 30 微米厚。

具有未燒結的周圍邊緣之燒結薄片從夾鉗機制移除，且邊緣被修整掉。使用 5 瓦的雷射從燒結的薄片修整未燒結的粉塵。雷射以 3 mm/s 沿著薄片的長度橫越。儘管可同時利用 2 個雷射，亦可輪流修整兩側。

本領域中熟知此技術者能夠對本發明作許多變化及改變而並不會脫離本發明之精神及範圍。因而，預期本發明將含蓋這些變化以及改變，只要其屬於下列申請專利

範圍及其同等情況範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1 為依據本發明之一個實施例，具有連續產生玻璃薄片之能力的操作設備的示意圖。

圖 2 為由粉塵沉積圓筒的旋轉軸方向檢視，圖 1 所顯示的操作設備之粉塵沉積部份以及粉塵釋放部份之示意圖。

圖 3 為由粉塵沉積圓筒的旋轉軸方向檢視，本發明另一實施例之操作設備之粉塵沉積部分以及粉塵釋放部分之示意圖。

圖 4 為由粉塵沉積圓筒的旋轉軸方向檢視，依據本發明之一個實施例的操作設備之燒結區域之斷面示意圖。

圖 5 為依據本發明之一個實施例的製造玻璃薄片之製程的流程示意圖。

圖 6 為粉塵薄片之斷面示意圖，包含兩個不同層之粉塵粒子。

【主要元件符號說明】

彎曲表面	• • • 103
旋轉軸	• • • 104
燃燒器	• • • 105， 106
氣體噴束	• • • 107

粉塵層 . . .	109 , 110
粉塵薄片導引裝置 . . .	111 , 112 , 113
熱量 . . .	115
一捲 . . .	117
粉塵薄片的邊緣 . . .	131 , 133
粉塵沉積和釋放區域 . . .	191
燒結區域 . . .	193
捲繞區域 . . .	195
燒結區域 . . .	401
燒結區域外殼 . . .	402
粉塵薄片 . . .	403
粉塵薄片導引滾輪 . . .	405
輻射 . . .	406
加熱元件 . . .	407
第一粉塵層 . . .	601
第二層 . . .	603
介面區域 . . .	605

七、申請專利範圍：

1. 一種製造一玻璃薄片之設備，包含：

(I) 一粉塵提供裝置，用於提供玻璃粉塵粒子；

(II) 一可旋轉圓筒，該可旋轉圓筒具有一外部彎曲的沉積表面，使得該等玻璃粉塵粒子可沉積於該沉積表面上以形成一粉塵薄片；

(III) 一粉塵薄片釋放裝置，用於從該可旋轉圓筒的該外部沉積表面釋放至少部分的該粉塵薄片；及

(IV) 一粉塵薄片導引裝置，用於導引從該沉積表面所立即釋放的該部分的粉塵薄片之運動，導引該運動之步驟係按照該粉塵薄片的一長度之方向朝離開該可旋轉圓筒的該外部沉積表面進行，且該粉塵薄片導引裝置適以在粉塵薄片的燒結期間於該粉塵薄片的一寬度上提供一拉伸應力，其中該粉塵薄片導引裝置包含夾鉗輸送帶。

2. 如請求項第 1 項之設備，其中該粉塵提供裝置(I)包含一燃燒器陣列。

3. 如請求項第 1 項之設備，其中該可旋轉圓筒(II) 包含一耐火材料，該耐火材料至少部分位在提供該外部沉積表面之週邊中。

4. 如請求項第 1 項之設備，其中該粉塵薄片釋放裝置(III)

包含一氣體噴束。

5. 如請求項第 1 項之設備，其中該粉塵導引裝置經定位以僅與該粉塵薄片的一週邊部分直接接觸。

6. 如請求項第 1 項之設備，進一步包含：

(IV-1) 一粉塵薄片切割裝置，用於切斷該粉塵薄片之部分。

7. 如請求項第 1 項之設備，進一步包含：

(IV-2) 一粉塵薄片捲繞裝置，用於將該粉塵薄片形成一捲。

8. 如請求項第 1 項之設備，進一步包含：

(V) 一粉塵薄片燒結裝置，用於將該粉塵薄片的至少部分燒結成密實的玻璃薄片。

9. 如請求項第 8 項之設備，其中該粉塵薄片燒結裝置包含一感應加熱器。

10. 如請求項第 8 項之設備，其中該粉塵薄片燒結裝置係經定位，使得當該粉塵薄片正被加熱時，藉由重力對該粉塵薄片建立可忽略的下垂。

11. 如請求項第 1 項之設備，進一步包含：

(VI) 一玻璃薄片切割裝置，用於切斷該玻璃薄片之部分。

12. 如請求項第 1 項之設備，進一步包含：

(VII) 一玻璃薄片捲繞裝置，用於將該玻璃薄片形成一捲。

13. 一種用於製造一玻璃薄片之製程，包含以下步驟：

(A) 提供複數個玻璃粉塵粒子；

(B) 在一旋轉圓筒的一彎曲的沉積表面上沉積該等玻璃粉塵粒子，以形成一粉塵薄片；

(C) 從該圓筒的該沉積表面釋放至少部分的該粉塵薄片；及

(E) 藉由將正在移動的該粉塵薄片之部分加熱至一燒結溫度的方式，而將該粉塵薄片的至少一部分燒結成密實的玻璃，其中經燒結的該粉塵薄片的兩個主要表面之兩個週邊部分的兩側係被放置與一粉塵薄片導引裝置接觸，且在燒結期間，該粉塵薄片導引裝置於該粉塵薄片的一寬度上施加一拉伸應力。

14. 如請求項第 13 項之製程，其中步驟(A)包含以下步驟：透過一燃燒器陣列產生複數個玻璃粉塵粒子。

15. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，形成於該沉積表面上的該粉塵薄片具有一實質上均勻的厚度。

16. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，形成於該沉積表面上的該粉塵薄片具有從 50 至 400 μm 的一平均厚度。

17. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，該旋轉的圓筒具有圍繞著一軸旋轉的一圓柱形沉積表面，其中該等玻璃粒子沉積在該圓柱形沉積表面上。

18. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中所形成的該粉塵薄片係本質上連續的。

19. 如請求項第 13 項之製程，在步驟(C)之後進一步包含一步驟(D)：

(D) 當該圓筒正在旋轉時，將從該沉積表面立即釋放的部分之該粉塵薄片遠離該沉積表面移動，且部分之該粉塵薄片維持附著於該沉積表面。

20. 如請求項第 19 項之製程，其中當執行步驟(B)時同時執行步驟(D)。

21. 如請求項第 19 項之製程，其中在步驟(D)中，該粉塵薄片朝遠離該旋轉的圓筒之該沉積表面移動之方向，係本質上正切於該沉積表面，其中該旋轉的圓筒之該沉積表面為該粉塵薄片被釋放之處。

22. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(C)中，一氣體噴束被指引至該粉塵薄片被釋放的該沉積表面之位置，以輔助釋放該粉塵薄片。

23. 如請求項第 19 項之製程，其中在步驟(D)中，該粉塵薄片的動作係由該粉塵薄片導引裝置加以導引，該粉塵薄片導引裝置係與該粉塵薄片的一主要表面接觸。

24. 如請求項第 23 項之製程，其中在步驟(D)中，該粉塵薄片導引裝置係經放置，而僅與該粉塵薄片的一主要表面之一週邊部分接觸。

25. 如請求項第 23 項之製程，其中在步驟(D)中，該粉塵薄片導引裝置包含多重夾鉗滾輪及/或夾鉗輸送帶。

26. 如請求項第 13 項之製程，進一步包含以下步驟(EE):

(EE) 僅將該粉塵薄片之一部分燒結成一密實的玻璃薄片。

27. 如請求項第 26 項之製程，其中在步驟(EE)中，在燒結之後該密實的玻璃具有從 10 至 100 μm 之範圍的一厚度。

28. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(E)中，該粉塵薄片的多重部分遭受燒結，且經燒結的部分形成密實的玻璃之一連續薄片。

29. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(E)中，於該燒結製程期間，經燒結的該粉塵薄片之大部分的該主要表面係不與一固態物體實際接觸。

30. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(E)中，經燒結的該粉塵薄片之部分係按一實際上垂直的位置放置。

31. 如請求項第 13 項之製程，進一步包含以下步驟(FF):
(FF) 捲繞至少部分的該粉塵薄片為一捲。

32. 如請求項第 13 項之製程，進一步包含以下步驟(FFF):

(FFF) 切割該粉塵薄片以形成一不連續的粉塵薄片主體。

33. 如請求項第 13 項之製程，進一步包含以下步驟(F):

(F) 將包含密實的玻璃之至少部分的該薄片捲繞為一捲。

34. 如請求項第 28 項之製程，進一步包含以下步驟(FA):

(FA) 捲繞密實的玻璃之該連續薄片為一捲。

35. 如請求項第 13 項之製程，其中步驟(A)包含以下步驟：將摻雜劑含括於該等玻璃粉塵粒子中。

36. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，該沉積的粉塵薄片本質上係由以一單一層之玻璃粒子組成，該等玻璃粒子具有本質上一同質的成分。

37. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，該沉積的粉塵薄片包含至少兩層玻璃粒子，各個層具有不同於一連續層的一成分。

38. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，該沉積的粉塵薄片係本質上以一單一層之玻璃粒子組成，該單一層具有一低的局部粉塵密度變化。

39. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(B)中，該沉積的粉塵薄片包含至少兩層玻璃粒子，各個層具有不同於一連續層的一平均粉塵密度。

40. 如請求項第 13 項之製程，其中在步驟(A)中，該等玻璃粉塵粒子包含至少 90%比重的矽石 (silica)。

41. 如請求項第 40 項之製程，其中步驟(A)包含以下步驟：藉由火焰水解(flame hydrolysis)之方式形成矽石粉塵粒子。

圖 1

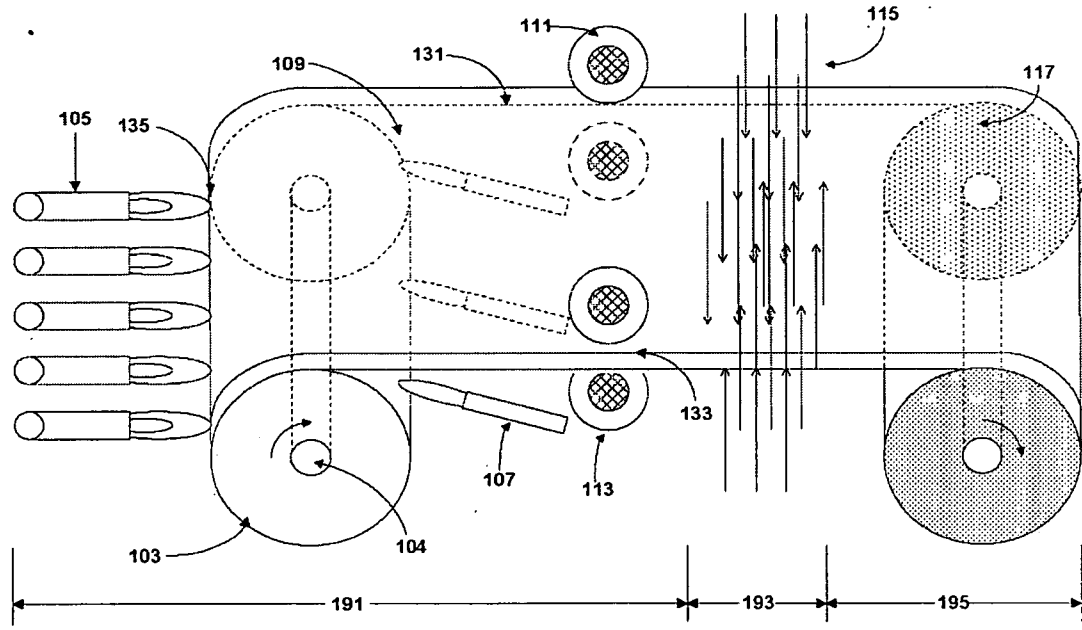


圖 2

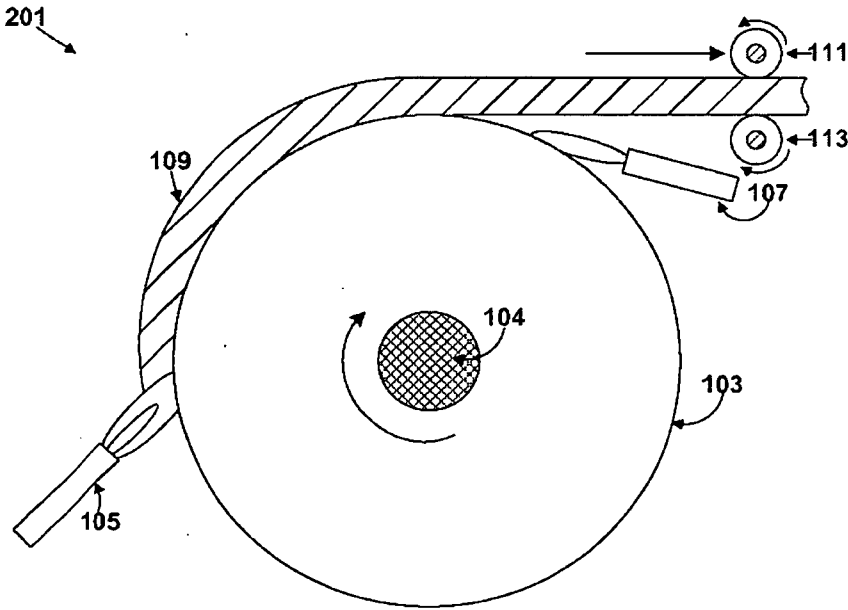


圖 3

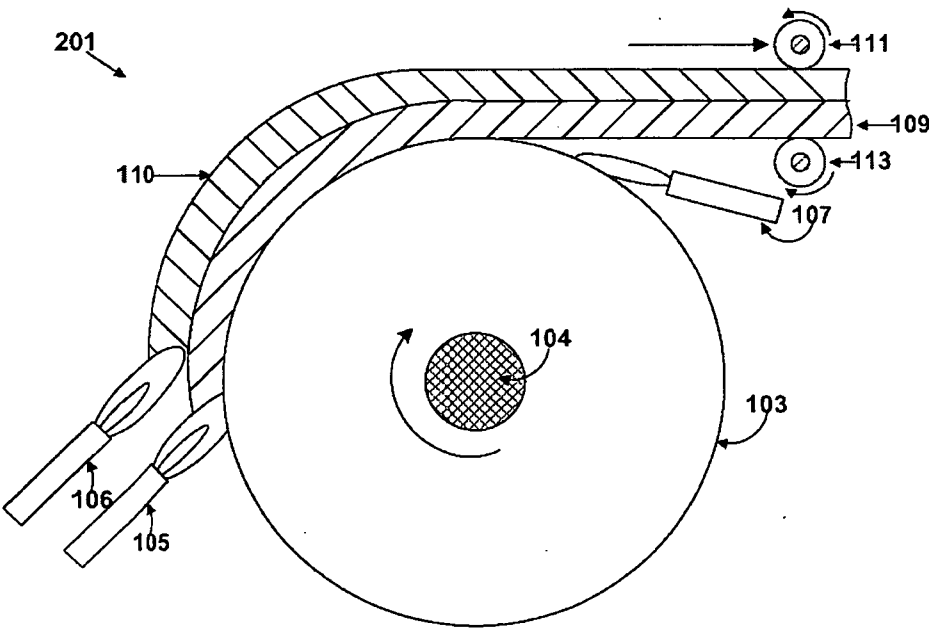


圖 4

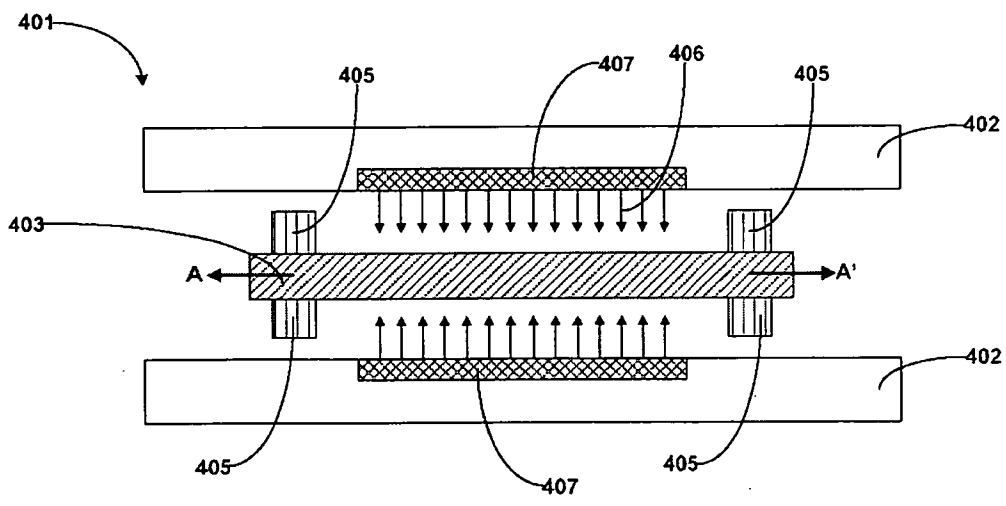


圖 5

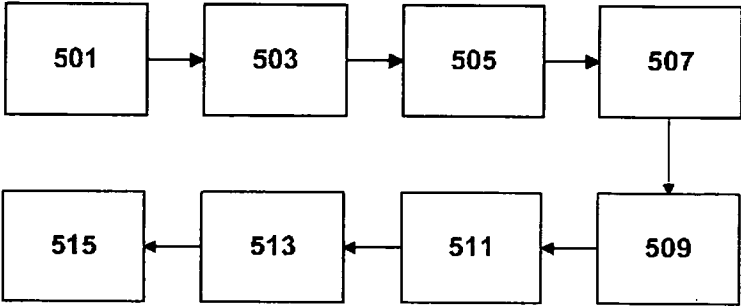


圖 6

