



(21)申請案號：108116691

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 16 日

(51)Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01)

C23C16/04 (2006.01)

(30)優先權：2014/10/17 美國

14/517,192

2015/10/15 美國

14/884,575

(71)申請人：美商蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國(72)發明人：李家彥 LEE, ANDREW C. (US)；克拉吉 麥可 C KELLOGG, MICHAEL C.
(US)；佩納 克里斯多福 J PENA, CHRISTOPHER J. (US)；道芬堤 約翰
E DAUGHERTY, JOHN E. (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 512410

TW 200405457A

US 2008/0066859A1

US 2014/0090599A1

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：18 共 67 頁

(54)名稱

整體式氣體分配歧管及其種種施工技術與使用案例

(57)摘要

本文中提供一氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件。該基板可包括具有主要表面的複數個層級，其結合在一起而形成疊層，該疊層具有用以接收並安裝位於外側主要表面上的至少第一、第二、第三、及第四氣體供應元件之開口。該基板可包括第一氣體通道，延伸在一內側主要表面上，並且與延伸在不同的內側主要表面上的第二氣體通道至少部分地重疊。該基板可包括第一氣體導管，其包括該第一氣體通道，並且將該第一氣體供應元件與該第二氣體供應元件連接；以及第二氣體導管，其包括該第二氣體通道，並且將該第三氣體供應元件與該第四氣體供應元件連接。本文中亦揭露用以製造氣體輸送基板的許多技術。

A gas delivery substrate for mounting gas supply components of a gas delivery system for a semiconductor processing apparatus is provided. The substrate may include a plurality of layers having major surfaces thereof bonded together forming a laminate with openings for receiving and mounting first, second, third and fourth gas supply components on an outer major surface. The substrate may include a first gas channel extending across an interior major surface that at least partially overlaps a second gas channel extending across a different interior major surface. The substrate may include a first gas conduit including the first gas channel connecting the first gas supply component to the second gas supply component, and a second gas conduit including the second channel connecting the third gas supply component to the fourth gas supply component. Also disclosed are various techniques for manufacturing gas delivery substrates.

指定代表圖：

符號簡單說明：

700A 層級 700B 層級

700C 層級 700D 層級

700E 層級 700F 層級

701 分流器

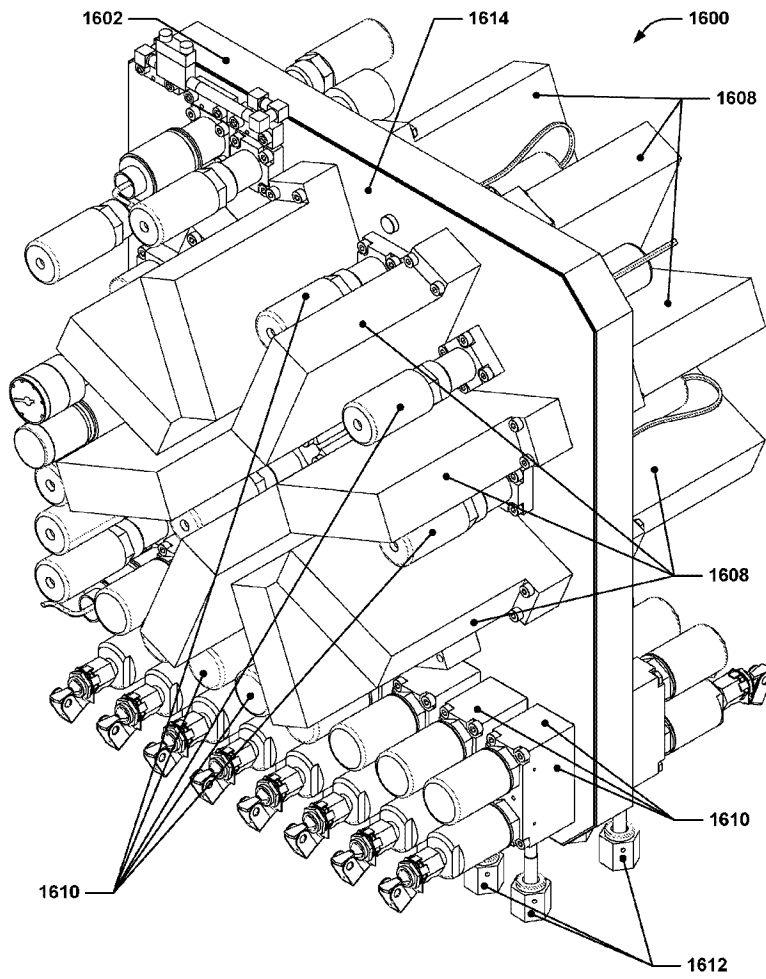


圖 16

【發明說明書】

【中文發明名稱】 整體式氣體分配歧管及其種種施工技術與使用案例

【英文發明名稱】 MONOLITHIC GAS DISTRIBUTION MANIFOLD AND
VARIOUS CONSTRUCTION TECHNIQUES AND USE CASES THEREFOR

【技術領域】

【0001】 本發明係關於用於半導體基板處理設備的氣體輸送系統。更具體而言，本發明係關於氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件。

【先前技術】

【0002】 半導體基板處理設備用於透過包括(但不限於)下列各項之技術來處理半導體基板：電漿蝕刻、物理氣相沉積(PVD)、化學氣相沉積(CVD)、電漿增強化學氣相沉積(PECVD)、原子層沉積(ALD)、電漿增強原子層沉積(PEALD)、離子佈植、以及光阻劑移除。半導體基板處理設備包括氣體輸送系統，而處理氣體在該氣體輸送系統之中流動，並透過氣體分配系統(例如噴淋頭、氣體注入器、氣體環等)而接續地被輸送到該半導體處理設備的真空腔室之處理區域中。例如，該氣體輸送系統可配置以將處理氣體供應到設置於半導體處理腔室中、以及半導體基板上方的氣體注入器，以將處理氣體分配到在該半導體處理腔室中進行處理的半導體基板的表面上。現今的氣體輸送系統係由許多個別元件所構成，該等個別元件中有若干者具有位於其中的導管，而處理氣體在該等導管之中流動。

【0003】 習知的半導體處理系統一般使用氣體棒。舉例來說，「氣體棒」這個用語意指一系列的氣體分配及控制元件，例如質流控制器(MFC)、一或更多壓力轉換器及/或調節器、加熱器、一或更多過濾器或淨化器、及關斷閥。給

第 1 頁，共 42 頁(發明說明書)

定氣體棒中所使用的該等元件及其特定配置可取決於其設計及用途而有所不同。在典型的半導體處理配置中，超過17個氣體棒可經由氣體供應管線、氣體分配元件、及混合歧管而連接至半導體處理腔室。這些元件係附接至底板而形成稱為「氣體板」或「氣體箱」的完整系統，底板作為該等氣體棒的安裝表面，並且對於氣體分配不起作用。

【0004】 總的來說，一個氣體棒包含複數個整合表面安裝元件(例如閥、過濾器)，透過基板組件或底板的通道而與其他氣體控制元件連接，而該等氣體控制元件安裝於該基板組件或底板上。氣體棒中的各元件一般係以線性排列的方式設置在一歧管塊上方。複數個歧管塊形成一模組化基板(一層歧管塊)，其建立流經該氣體棒之氣體的流動路徑。習知氣體棒的模組化形式允許重新配置，與兒童的LEGO®積木玩具非常類似。然而，氣體棒中的各元件一般包括高度加工性的零件，而讓製造與替換各元件的成本相當地高。各氣體流動元件一般係與一安裝塊建構在一起，因此其係透過複數個加工操作而製成，而使該元件的成本很高。

【發明內容】

【0005】 結合下列圖式與實施方式來闡述在本說明書中所描述之標的物的一或更多實施例的細節。從實施方式、圖式、及申請專利範圍，其他特徵、態樣、及優點將變得顯而易見。應注意下列圖式之相對尺寸未按比例繪製，除非具體指出為依比例繪製的圖式。

【0006】 本文中揭露的係氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統氣體箱之氣體供應元件。該基板可包括具有主要表面的複數個層級，其結合在一起而形成疊層。該疊層可包括開口，該等開口配置以接收並安裝至少第一氣體供應元件、第二氣體供應元件、第三氣體供應元件、及第四氣體供應元件，該等供應元件位於該等複數個層級中之至少一者的外側主要表面

上。該基板亦可包括第一氣體通道，至少部分地延伸在該等複數個層級中之一者的內側主要表面上；以及第二氣體通道，至少部分地延伸在該等複數個層級中之一者的不同的內側主要表面上。當從與該等複數個層級的主要表面呈垂直的方向上觀看時，該第一氣體通道可與該第二氣體通道至少部分地重疊。此外，該基板可包括第一氣體導管，其包括該第一氣體通道，並且配置以將該第一氣體供應元件與該第二氣體供應元件連接；以及第二氣體導管，其包括該第二氣體通道，並且配置以將該第三氣體供應元件與該第四氣體供應元件連接。

【0007】 本文中亦揭露用於包括該氣體輸送基板的半導體製造系統氣體箱的系統。該系統包括氣體供應元件，安裝在該氣體輸送基板的至少一個主要表面上。在一實施例中，該氣體供應元件可安裝在該氣體輸送基板的相反的主要表面上。在另一實施例中，該系統可包括一開/關氣體閥，其透過該基板內的一氣體導管與一MFC連接；另一開/關氣體閥，其透過該基板內的一氣體導管與一混合歧管或腔室連接；以及一混合歧管或混合腔室出口，與該氣體輸送基板的一或更多開口連接。

【0008】 本文中亦揭露製造氣體輸送基板的方法。該方法包括產生第一氣體通道，至少部分地延伸在具有主要表面的複數個層級中之至少一層的內側主要表面上；產生第二氣體通道，至少部分地延伸在不同的內側主要表面上；以及在外側主要表面上產生開口。該等開口中的至少若干者為安裝孔，配置以接收並安裝至少第一氣體供應元件、第二氣體供應元件、第三氣體供應元件、及第四氣體供應元件。該方法更包括將該等複數個層級結合在一起而形成疊層，使得該第一氣體通道與該第二氣體通道至少部分地重疊；該第一氣體通道形成部分的第一氣體導管，該第一氣體導管將該第一氣體供應元件與該第二氣體供應元件連接；並且該第二氣體通道形成部分的第二氣體導管，該第二氣體導管將該第三氣體供應元件與該第四氣體供應元件連接。

【0009】 本文中亦揭露當氣體透過此種氣體輸送基板的開口而供應時，透過該氣體輸送基板來輸送氣體的方法。該方法可包括透過第一氣體通道將第一氣體從第一氣體供應元件輸送到第二氣體供應元件；並且透過該基板內的第三氣體通道將該第一氣體從第二氣體供應元件輸送到該基板內的混合腔室中。該方法更包括透過第二氣體通道將第二氣體從第三氣體供應元件輸送到第四氣體供應元件；並且透過該基板內的第四氣體通道將該第二氣體從第四氣體供應元件輸送到該基板內的混合歧管或腔室中。該方法亦包括在該混合腔室中將該第一氣體與該第二氣體混合，以產生第一氣體混合物並透過該基板內的一或更多氣體通道及/或該基板上的一或更多出口將該第一氣體混合物輸送到位於下游的一半導體處理腔室中。

【0010】 在一些實施例中，可提供一方法，該方法包括取得一陶瓷基板，其具有第一側面以及與該第一側面相反的第二側面。該陶瓷基板可包括位於該第一側面上的表面安裝閥介面；該表面安裝閥介面可包括在該陶瓷基板內的二或更多的孔洞。該方法可更包括將在該二或更多的孔洞周圍的該陶瓷基板的至少一個表面研磨或拋光，使得該至少一個表面的表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 。

【0011】 在該方法的一些實施例中，該方法可更包括將可壓碎金屬密封設置在該二或更多的孔洞中之至少一者的周圍；設置表面安裝氣體流動元件，使得該二或更多的孔洞中之至少一者與該表面安裝氣體流動元件上的氣體流動埠口以及該可壓碎金屬密封對齊；並且使用一或更多緊固件將該表面安裝氣體流動元件固持於該陶瓷基板上，藉此將該可壓碎金屬密封壓在表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 的該表面(或複數表面)上。

【0012】 在一些此種實施例中，該可壓碎金屬密封可為C-密封、W-密封、或金屬o-環。在該方法的一些實施例中，該二或更多的孔洞中之至少一者為埋

孔狀，使得該可壓碎金屬密封在安裝時至少部分地凹入該孔洞的埋孔中，且經研磨或拋光的該至少一個表面包括該埋孔的底面。在該方法的一些實施例中，該至少一個表面可包括整個該第一側面。

【0013】 在一些實施例中，可提供一設備，該設備可包括一陶瓷基板。該陶瓷基板可具有第一側面以及與該第一側面相反的第二側面，且可包括位於該第一側面上的表面安裝閥介面。該表面安裝閥介面可包括在該陶瓷基板內的二或更多的孔洞，且在該等孔洞周圍的表面(或複數表面)具有小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 的表面粗糙度。

【0014】 在一些實施例中，該設備可更包括一可壓碎金屬密封、以及帶有一或更多氣體流動埠口的一表面安裝氣體流動元件。可將該表面安裝氣體流動元件安裝在該陶瓷基板上，使得每一氣體流動埠口與該等孔洞中之其中一者對齊；該可壓碎金屬密封插入於該表面安裝氣體流動元件以及該陶瓷基板之間；且該可壓碎金屬密封與表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 的該等表面中之其中一者接觸。

【0015】 在一些此種實施例中，該可壓碎金屬密封可為C-密封、W-密封、或金屬o-環。在該設備的一些實施例中，該陶瓷基板可更包括至少一個埋孔特徵部，且該至少一個埋孔特徵部可對應到該二或更多的孔洞中之一者的位置，並具有與該孔洞相交的底面。在此種實施例中，經研磨或拋光至表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 的至少一個表面可包括該底面。在該設備的一些實施例中，該至少一個表面可包括整個該第一側面。

【0016】 在一些實施例中，提供一方法。該方法包括下列步驟：製造陶瓷基板，其具有第一側面以及與該第一側面相反的第二側面，且包括位於該第一側面與該第二側面中之一者或兩者上的複數個表面安裝閥介面；位於該第一側面與該第二側面之間的一或更多通道；以及複數個下穿孔(drop-holes)，將該一

或更多通道與該表面安裝閥介面流體連接。該方法可更包括至少在該陶瓷基板內的該等通道的表面上形成鍍層。

【0017】 在該方法的一些實施例中，製造陶瓷基板之步驟可包括下列步驟：製造複數個陶瓷層級；將一或更多通道雷射切割在該等層級中之一或更多者中；將該等複數個陶瓷層級結合在一起；以及將結合的層級燒結以形成陶瓷基板。

【0018】 在該方法的一些實施例中，該鍍層可具有一厚度，大於或等於用來製成該陶瓷基板的陶瓷顆粒之最小公稱顆粒尺寸、或大於或等於該一或更多通道之表面所表現出來的最大表面粗糙度。

【0019】 在該方法的一些實施例中，該方法更包括下列步驟：對該等通道之表面塗佈釉料；在燒爐或烤箱中燒結該陶瓷基板以將該釉料融化；以及冷卻該陶瓷基板以將融化的釉料固化並形成該鍍層。

【0020】 在該方法的一些實施例中，該方法更包括下列步驟：將該陶瓷基板放入化學氣相沉積(CVD)腔室中並在該陶瓷基板上執行一或更多CVD操作以形成該鍍層。

【0021】 在該方法的一些實施例中，該方法更包括下列步驟：在執行該一或更多CVD操作之前，將部分的該第一側面或該第二側面遮蓋，以避免該鍍層被沉積在被遮蓋的部分上。

【0022】 在該方法的一些實施例中，該方法更包括下列步驟：將該陶瓷基板放入原子層沉積(ALD)腔室中並在該陶瓷基板上執行複數次ALD操作以形成該鍍層。

【0023】 在一些實施例中，提供一設備。該設備可包括一陶瓷基板，該陶瓷基板可具有第一側面以及與該第一側面相反的第二側面；位於該第一側面與該第二側面中之一者或兩者上的複數個表面安裝閥介面；位於該第一側面與該

第二側面之間的一或更多通道；複數個下穿孔，將該一或更多通道與該表面安裝閥介面流體連接；以及至少位在該陶瓷基板內的一或更多通道之表面上的鍍層。

【0024】 該設備的一些實施例中，該陶瓷基板可包括燒結在一起的複數個陶瓷層級；且該一或更多通道可具有在該等層級中之一或更多者中被雷射切割的側壁。

【0025】 在該設備的一些實施例中，該鍍層可具有一厚度，大於或等於用來製成該陶瓷基板的陶瓷顆粒之最小公稱微粒尺寸、或大於或等於該一或更多通道之側壁所表現出來的最大表面粗糙度。

【0026】 在該設備的一些實施例中，該鍍層可為含矽釉料。在該設備的一些其他實施例中，該鍍層可為化學氣相沉積(CVD)鍍層。在該設備的一些此種實施例中，該CVD鍍層可為聚合物鍍層。在該設備的一些其他實施例中，該鍍層可為保形原子層沉積(ALD)鍍層。

【0027】 參考如下圖式與實施方式進一步詳細描述該等與其他實施例。

【圖式簡單說明】

【0028】 圖1根據本文中揭露之實施例描繪半導體基板處理設備的例示性實施例。

【0029】 圖2為根據本文中揭露之實施例的例示性氣體輸送系統之示意圖。

【0030】 圖3描繪氣體棒之範例。

【0031】 圖4-6描繪模組式氣體棒的多種視圖。

【0032】 圖7到9根據本文中揭露之實施例，描繪氣體輸送基板(用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件)中之個別的層之例示性實施例。

【0033】 圖10到11根據本文中揭露之實施例，描繪在被結合在一起之前的例示性氣體輸送基板(用以安裝氣體供應元件)中之複數個例示性層。

【0034】 圖12根據本文中揭露之實施例，描繪在被疊在一起之後的例示性氣體輸送基板(用以安裝氣體輸送系統的氣體供應元件)中之複數個層級。

【0035】 圖13根據本文中揭露之實施例，描繪在被疊在一起並且結合之後的圖12之例示性氣體輸送基板中之複數個層級。

【0036】 圖14描繪位於圖10-13的例示性氣體輸送基板中的流體流動導管(例如通道與垂直通孔)的三維度寫實圖。

【0037】 圖15描繪圖12之例示性氣體輸送基板的平面圖。

【0038】 圖16描繪利用例示性層狀基板的例示性氣體輸送系統的立體圖。

【0039】 圖17描繪圖16之例示性氣體輸送系統的立體展開圖。

【0040】 圖18描繪在氣體供應元件與金屬底板之間的一般C-密封介面之展開剖視圖。

【0041】 圖19描繪圖18之組裝的C-密封介面之剖視圖。

【0042】 圖20圖解製備陶瓷基板之技術的流程圖，該陶瓷基板使用標準可壓碎金屬密封(例如金屬C-密封)與氣體流動元件接合。

【0043】 圖21描繪一裝置之剖面圖，其中陶瓷基板的整個表面被拋光或研磨至表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 。

【0044】 圖22圖解製備半導體工具氣體分配系統之陶瓷基板之技術的流程圖，藉以降低粒狀物污染之可能性。

【0045】 圖23到25描繪在CVD鍍層塗佈之多種階段期間的陶瓷基板與遮罩元件的簡易剖面圖。

【0046】 圖4-17在各圖式中按比例繪製，但比例在圖式與圖式之間有所不同。

【實施方式】

【0047】 本文中揭露的係氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件(在本文中亦稱為氣體流動元件)，以及製造與使用該氣體輸送基板的方法。半導體基板處理設備用於透過包括(但不限於)下列各項之技術來處理半導體基板：電漿蝕刻、物理氣相沉積(PVD)、化學氣相沉積(CVD)、電漿增強化學氣相沉積(PECVD)、原子層沉積(ALD)、電漿增強原子層沉積(PEALD)、離子佈植、以及光阻劑移除。為提供本發明之實施例的全面理解，在下列敘述中將闡述許多具體細節。然而對於本發明技術領域中具有通常知識者而言明顯的係，該等實施例可毋須一些或全部的該等具體細節而可被實施。在其他例子中，為了避免不必要地混淆本文中揭露之實施例，熟知的處理作業未詳細描述。

【0048】 隨著積體電路裝置在實體尺寸與操作電壓兩者方面持續縮減，其相關製造良率則變得更易受污染的影響。因此，在製造具有較小實體尺寸的積體電路裝置時，汙染等級需低於先前被認為可接受的程度。此外，為了在每一晶圓上製造更多晶片，晶圓以及用於半導體處理的處理設備變得更加複雜且尺寸變大。因此，製造並維護該設備、以及製造該等晶圓變得更高成本。

【0049】 半導體基板處理設備的氣體分配系統可使用氣體棒，各個氣體棒可為一系列的氣體分配及控制元件，例如質流控制器(MFC)、一或更多壓力轉換器及/或調節器、一或更多加熱器、一或更多過濾器或淨化器、歧管、氣體流動接頭、及/或關斷閥。氣體棒中所使用的該等元件及其特定配置可取決於其設計與用途而有所不同。在特定氣體分配系統中所使用的氣體棒的數量可取決於執行的半導體處理之需求而有所不同。例如，在一些半導體處理配置中，超過17種處理氣體(各由不同的氣體棒供應)可被供應到腔室。此種氣體分配系

統元件一般係附接至底板（一般稱為「氣體托板」）而形成習稱為「氣體板」或「氣體箱」的系統。

【0050】 如前述，氣體輸送系統元件傳統上係由金屬(例如不鏽鋼、或其他金屬合金)製成然後被組合在一起，且為了完成處理氣體所需之導管路徑，而需要構成元件之間的介面以及密封。然而，該等構成元件一般包括精密加工的部份，而使各元件的製造、維護、以及替換相當地高成本。各個元件一般附接於亦為精密加工的安裝塊或底座，而使該元件高成本。例如，在一簡單的開/關閥中可能有三個個別的密封介面需要精密加工，其中一個將閥組件與其安裝塊或底座接合、一個將該安裝塊或底座與模組化基板模組接合、並且一或兩個將該模組化基板模組與其他的模組化基板模組接合以形成氣體棒。此種可替換的元件需要大量空間，其延長將元件彼此連接的流體連接件。因此，使用習知可替換元件的方法製成的氣體棒，有多個可能失效的點(在多個密封的結構中)、包括多個汙染點(每一密封介面代表一汙染點)、並引起氣體輸送延遲(由於其長度)。

【0051】 環境中的沖蝕(erosion)、腐蝕(corrosion)、及/或沖蝕/腐蝕(例如在氣體輸送系統之內側中產生者)，可能包含氧、鹵化物、羰基、還原劑、蝕刻氣體、沉積氣體、氫氟碳處理氣體、及/或半導體基板處理中可使用的處理氣體，例如(但不限於)： Cl_2 、 HCl 、 BCl_3 、 Br_2 、 HBr 、 O_2 、 SO_2 、 CF_4 、 CH_2F_2 、 NF_3 、 CH_3F 、 CHF_3 、 SF_6 、 CO 、 COS 、 SiH_4 、及 H_2 。此外，例如(但不限於)Ar 及 N_2 的惰性氣體可被供應到該環境中。

【0052】 因此，本文中揭露氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之多個氣體饋送的氣體供應元件，以及製造與使用該氣體輸送基板的方法。該基板可由層疊式的層形成，該等層疊式層被結合在一起以形成具有彼此流體連通的氣密通道之一致的整體式結構。該等層可由多種材料製

成，包括例如不鏽鋼、玻璃、或陶瓷。在使用金屬層的實施例中，該等層被硬焊(braze)在一起或是以其他方式被結合在一起。在使用陶瓷層的實施例中，該等層在燒結之前被結合在一起，之後被燒結成融合的層疊；結合的材料一般在燒結過程中融化(burn off)，而其結果為大致上同質的陶瓷零件。

【0053】 該基板可配置以接收並安裝氣體供應元件，使得該等氣體供應元件可透過該基板中的通道而彼此流體連接。該基板的層狀結構允許通道或連接件以任何尺寸與任何方向被建立在複數個層級的X/Y平面中，而各通道或連接件可透過該基板中在Z方向上的連接件而連接到在其他層中的其他通道或埠口。為本發明之目的，將X與Y方向定義為平行於各層的主要表面，並將Z方向定義為垂直於各層。在該等層中的通道網絡允許複雜、非線性的流體路線配置(使用習知模組式基板係不可行的)。應知悉的係，如本文中所使用的「線性流體路線」這個用語係意指一種流體路線，其中在一流體流動路徑中的流體流動元件係排列成一線，且在與此種流體流動元件所安裝之表面平行的平面上的該等流體流動元件之間的流體連接件，大致上朝一個方向前進或呈平行方向。另一方面，「非線性流體路線」這個用語係意指一種流體路線，其中在一流體流動路徑中的流體流動元件未排列成一線，且其中此種流體流動元件之間至少一個流體連接件依循著一個路徑前進，該路徑中具有至少一個非正交角度。在某些實施例中，可使用非線性流體路線，其中此種流體流動元件之間至少部分的流體連接件依循著曲線路徑前進，即該路徑的至少一部分非為一直線，但為曲線、弧線、或平滑曲線；非線性流體路線之此種進一步範例可稱為「曲線流體路線」。一般而言，目前的氣體箱設計之特徵為流體流動元件的集合，配置以提供具有線性流體路線的流體流動網絡，例如具有線性流體路線的16個氣體棒可設置成與T-接頭的管線接合，該T-接頭具有與該等氣體棒的線性流體路線方

向呈90度的線性流體路線方向，而在該氣體棒的高度上，流動路徑本質上皆為線性。

【0054】 由於層狀或疊層式基板提供X、Y、及Z路線之靈活性，而可使用非線性流體路線，而非線性流體路線允許非線性的流體流動元件配置。此外，因為層狀基板方法允許通道彼此相交，故能夠將從特定氣體流動路徑而來的流體流動元件定位在另一氣體流動路徑的任一側，而提供安裝位置的更多靈活性。

【0055】 如此一來，氣體輸送系統的氣體供應元件可安放得更彼此靠近，且元件之間的多個重要的連接件可製作得更短，而使該氣體輸送系統的總尺寸變小(或允許增大容量的氣體輸送系統以相同於較小容量的習知設計的氣體箱的形狀因數來安放)，且縮短氣體供應元件之間的氣體流動傳送時間。此外，氣體供應元件及其連接件通常由高品質的材料製成，例如昂貴的金屬合金(例如Hastelloy®)、玻璃、或陶瓷，這大大地提高某些元件(例如模組式基板元件)的成本，使用如本文中揭露之層狀基板可允許大量的昂貴零件(例如模組式基板片、管線、配件等)被一個較大的零件所取代。此較大的零件雖然比被其取代之任一個單一零件更昂貴，但就被其取代之所有單一零件整體而言，仍提供可觀的節省。此外，藉由使用層狀基板，可毋須組裝多個單一零件必需之組裝時間，而結果為更進一步的節省成本。使用層狀基板亦允許毋需多個單一零件之間(例如模組式基板零件之間)的全部密封，而簡化必須完成之大量的滲漏測試，因此進一步降低此種系統的成本。

【0056】 若使用陶瓷基板，則可消除或減少在一般的模組式基板中典型上接觸處理氣體(即變得化學濕潤)的所有金屬表面，以遵守晶圓(即基板)的純度要求。層狀基板的小型化設計(與習知氣體棒方法相比)允許降低材料成本、減少

可能的汙染與失效點的數量、並加速氣體輸送系統的氣體輸送脈衝與切換時間(因允許某些重要的流動元件之間的更短的氣體流動路徑之效果所致)。

【0057】 圖1描繪包括氣體輸送系統102的半導體基板處理設備(例如感應耦合電漿處理設備)之實施例，氣體輸送系統102包含如本文中揭露之用以安裝氣體供應元件的氣體輸送基板。如圖1所示，感應耦合電漿處理設備可包括真空腔室104(例如電漿蝕刻腔室)。真空腔室104可包括基板固持器(下電極組件)106，用以將半導體基板108固持於真空腔室104之內部。介電窗110可形成真空腔室104之頂壁。處理氣體可透過氣體注入器112而注入真空腔室104之內部。氣體輸送系統102可透過氣體注入器112將處理氣體供應到真空腔室104之內部。可透過控制系統114來控制被氣體輸送系統供應到真空腔室之內部的處理氣體的參數，例如溫度、流速、及化學組成。

【0058】 透過天線116將RF能量施加到真空腔室104之內部，一旦處理氣體被引導進入真空腔室104之內部，就會激發至電漿狀態。天線116可為平面式天線，由RF功率來源122以及RF阻抗匹配電路118供電，而將RF能量感應耦合至真空腔室104中。然而，在替代實施例中，天線116可為非平面式的外部式或崁入式天線。透過施加RF功率到天線而產生的電磁場，可激發在真空腔室104之內部的處理氣體，進而形成在基板108之上的高密度電漿(例如 10^9-10^{12} 離子/cm³)。在蝕刻處理期間，天線116(即RF線圈)，執行類似於變壓器中的主線圈的功能，而該產生於真空腔室104中的電漿，執行類似於變壓器中的次線圈的功能。天線116經由電性連接件或引線120，電性地連接到RF阻抗匹配電路118，且RF功率來源122經由電性連接件124，電性地連接到RF阻抗匹配電路118。

【0059】 圖2為半導體基板處理設備處理中的例示性氣體輸送系統200之示意圖，其包含如本文中揭露之用以安裝氣體供應元件的氣體輸送基板。經由氣體供應管線214，將處理氣體供應到半導體基板處理設備之真空腔室210中。

氣體供應管線214可將處理氣體(例如可交替地提供或脈衝之蝕刻及/或沉積氣體)提供到氣體分配構件(例如噴淋頭或氣體注入器)，該氣體分配構件設置在真空腔室210之上部，且在氣體輸送系統200的下游。此外，氣體供應管線214可將處理氣體供應到真空腔室之下部，舉例來說，供應到圍繞半導體基板固持器的氣體分配環，或供應經過設置在基板固持器(未顯示)內的氣體出口。可從氣體供應源216、218、220、230，將處理氣體供應到氣體供應管線214，將從氣體供應源216、218、220、230而來的處理氣體，分別地供應到MFCs 222、224、226、232。MFCs 222、224、226、232將處理氣體供應到混合歧管228，之後將混合的處理氣體導引至該氣體流動管線214。混合歧管228可位於用以安裝氣體供應元件的基板中，或在該基板之外部。氣體輸送系統200包括如本文中揭露之用以安裝氣體供應元件的層狀基板。

【0060】 圖3描繪先前技術中帶有模組式基板322的氣體棒的剖面圖，以及流經此種氣體棒的氣體的流動。氣體以流動路徑A之方向流經關斷閥314、流出沖洗閥316、並流進MFC318中。然後該氣體可經由出口埠300流出MFC318並流進模組式基板322中，流經混合閥320、流出出口326、並流進混合歧管或腔室(未顯示)，如流動路徑D所指示。

【0061】 基板322為模組式設計，其包括以密封而彼此連接的複數個可替換零件，而各密封產生氣體棒組件中可能的失效點。因為基板322由複數個零件所製成，所以其允許LEGO®形式的建構，這提供各氣體棒之組裝方式的靈活性。然而，此設計使氣體供應元件之間的流動路徑變長，而延長流體流動路徑之長度與氣體的傳送時間，並且產生氣體棒中多個失效點，如前述。在習知半導體處理氣體箱中，氣體箱包括建立在個別的基板(例如模組式基板322)上的個別的氣體棒，然後該等個別的基板被安裝在共同的安裝板上，其中在此種習知氣體箱中的流體流動通道由該等個別的基板提供，而不包含在該安裝板中。

【0062】 圖4到6呈現模組式基板氣體棒之另一範例。在圖6中，以展開圖清楚地呈現模組式基板之個別的單一零件。各個此種模組式單一零件325可與相鄰的模組式單一零件325連鎖，然後可將兩個連鎖的零件325栓固在一起。一旦完成組裝的基板，可將氣體流動元件323(在此範例中皆為各種類型的閥)組裝到該組裝的基板上。為提供氣密的密封介面，可將密封327插入氣體流動元件323與零件325之間。流經此種模組式氣體棒組件的氣體流動路徑以圖4之流動箭頭呈現；應知悉的係，雖然在此範例中未描繪該等閥的內部特徵，但此種閥可為產業中可輕易得到的任何種類的表面安裝閥技術。

【0063】 本文中揭露可由疊層形成之用以安裝氣體輸送系統之氣體供應元件的氣體輸送基板，該等疊層被結合在一起以產生一致的整體式結構，該基板配置以接收並安裝氣體供應元件，使得該等氣體供應元件可透過該基板中的通道而彼此流體連接。該基板的層狀結構允許氣體通道或導管以任何尺寸與任何多種方向建立。在一些實施例中，層狀結構亦包括用以在氣體供應元件之間架設電線連接件的通道或導管，或可包括用於相似用途的嵌入該基板內的電導體。在若干替代或進一步之此種實施例中，該層狀基板亦包括安放於一或更多通道(路線定在該基板之一層上)中的加熱元件，例如該層狀基板的一層可具有一或更多蜿蜒的通道，其各自容納電阻加熱元件。在若干替代或進一步之此種實施例中，該基板可包括用以在氣體供應元件之間乘載加壓空氣的通道或導管。例如，在該基板中的通道或導管可提供氣動歧管與隔膜閥(例如關斷閥)之間的氣動供應連接件。例如，隔膜閥可包括由加壓氣體制動而控制氣體之流量的電磁閥。因此，氣體供應元件可在該基板上安放得更彼此靠近，且元件之間的連接件可製作得短於如圖3所示之基板322中的連接件。

【0064】 圖7-9描繪如本文中揭露之層狀氣體輸送基板(用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件)之範例中的層級。圖7-9各

第 15 頁，共 42 頁(發明說明書)

呈現可被包括在此種基板中的單一層之範例；這些層級可被疊在一起(包括和未繪於此處之其他層級一起)，然後被結合在一起。該基板的該等層級可由任何適當的材料製成，例如陶瓷、金屬、金屬合金、玻璃、或複合物。該基板的一或更多層亦可包括一或更多腔室或充氣室，例如混合腔室。在一些實施例中，該基板可包括一或更多腔室或充氣室，該一或更多腔室或充氣室延伸穿過該基板的二或更多層以形成混合腔室之部分。在一些實施例中，該基板可包括一或更多流量限制器，例如具有一或更多小開口的過濾器或玻璃料，其嵌入一或更多該等層中，例如位於一層的一通道中，或設置在一層的通孔中。此外，在該基板的一或更多層中可建立流量分流器，例如T-接頭、十-接頭、或其他多路徑接頭，以使氣體轉向。

【0065】 如圖7-9所示，層級700可包括複數個垂直通孔710以及水平通道或通路720。垂直通孔710可配置成氣體導管以提供下列各者的流體交流：不同層級中的通道之間、該基板的相反外側表面上的埠口之間、或該基板的外側表面上的埠口與一或更多該等層級中的通道(或複數通道)之間(將基板之內部通路或通道連接到基板之外側表面的垂直通孔在本文中亦可稱為「下穿孔」)。安裝孔708可提供可插入螺紋緊固件(例如螺釘或螺栓)的通孔，以將氣體供應元件固附或附接至該基板。安裝孔708亦可為帶有內部螺紋或螺紋插件的盲孔。用於氣體導管的垂直通孔710可以一或更多另外的材料鍍層，該材料例如金屬、玻璃、塑膠、陶瓷、金屬合金、或複合物。在圖7-9中，垂直通孔710為直徑較小的孔洞，而安裝孔708為直徑較大的孔洞，如附加於圖7-9中的「孔洞尺寸說明」所示。

【0066】 應知悉的係，垂直通孔710可具有任何一種形狀、或依循著任何一種方向，也就是說，垂直通孔710不必限於垂直向(與基板正交)，且亦可為斜向或具有其他形狀。在一些情況下，可配置複數層級的垂直通孔710，

藉此在當層級結合在一起時，垂直通孔710可對齊並產生跨越複數個層級的氣密連接。此外，在一給定層級中的若干垂直通孔710可與在該層級的對側上的一通道連接，或可將在該層級的相反側面上的兩個通道連接。垂直通孔710亦可為非圓柱狀(例如其可為楔形)，或一層與另一層的尺寸可改變，例如以在一層疊中彼此對準的一列的三個垂直通孔710而言，中間的垂直通孔710可具有較大的直徑，可允許具有較大直徑的玻璃料、或其他流量限制裝置、或過濾器裝置可插入中間的垂直通孔710中，而被在相鄰的層級中的直徑較小的垂直通孔710固定位置(trap in place)。在一些實施例中，垂直通孔710可垂直地或以一角度在一層之三維度空間中的任何方向(例如X-方向、Y-方向、及Z-方向)中延伸。

【0067】 圖7中亦呈現氣體輸送基板中的一層可包括水平通道720，即以平行於層級之主要表面(或複數表面)的平面之方向，而橫過該層級的通道。水平通道720可為線性、依循著曲線路徑、或分裂成複數個其他的水平通道、或與複數個其他的水平通道接合。水平通道720可部分地延伸進入或完全地延伸穿過一層級。此外，當水平通道720橫過一層級時可改變截面。例如，水平通道720可具有在一端較深而在另一端較淺的一深度，而在此種通道中可能地產生垂直於流動方向的漸減或漸增的截面積。通道的斜率亦可改變(例如鋸齒狀、曲線狀、或波浪狀)。此外，水平通道720亦可配置以在當將層級結合在一起時，建立和另一層級中的垂直通孔710及/或水平通道720的氣密連接，以形成氣體通道。替代地，垂直通孔710可與在相同層級中的水平通道720(例如在相同層級的對側)連接，以形成氣體通道。水平通道720可配置為平行於該層級的平面，或相對於該層級的平面有任何角度。水平通道720與垂直通孔710之內側表面可以抗腐蝕材料(例如矽氧烷)鍍層，請見美國專利申請公開案第2011/0259519號，討論此種處理之該案以全文加入本案

第 17 頁，共 42 頁(發明說明書)

之參考資料。在一些情況下，當從正交於該等層級之主要表面的方向觀看時，水平通道可部分地或全部地與其他水平通道(位於其他層級中，或位於具有此種水平通道的該層級的對側)重合。此外，若干水平通道可跨越其他的水平通道及/或若干垂直通孔。為了節省空間並減少基板的總覆蓋區，依此方式，可更有效率地為氣體供應元件之間的連接件設定路線。

【0068】 如先前討論的，水平通道720可在一層級中依循任何路徑，例如平直的、沿直線的、蜿蜒的、捲繞的、曲線的、或彎曲的。例如，水平通道720可從一共同的點徑向地延伸出來，然後依循曲線路徑，例如形成J形路徑的徑向排列。

【0069】 該等層級之一或更多者亦可包括能作為混合腔室或歧管的較大的體積。例如，在圖9所示之層級中，以虛線圓圈與參考數字712標出的中間的「中樞」(八個輪輻通道720從該中樞放射出來)可作為混合腔室或歧管。

【0070】 圖10與11呈現在複數個層級被結合在一起之前的包括該等層級的氣體輸送基板(用以安裝氣體輸送系統的氣體供應元件)之範例。圖10與11呈現基板700的不同的層級700A-700F；圖10呈現從一側觀看的立體展開圖，而圖11呈現從另一側觀看的立體展開圖。在此範例中，通道720全部位於該等層級之面向相同方向的表面上，但在其他實施例中，若干通道720可位於該等層級之面向相反方向(與該等層級之具有通道720的其他表面相反)的表面上。總的來說，在各個層級上的各個垂直通孔710與通道720可與在至少一個相鄰的層級中的相對應的垂直通孔710對齊。如圖所示，為了達到氣流所需之設定路線的路徑，基板700可如所需包括許多層級。例如，在此範例中的基板700包括六個層級700A-700F，其中包括外側層級700A與700F，以及內側層級700B-700E。該基板的各個層級可具有垂直通孔及/或水平通道。此外，各個層級可包括一或更多腔室或充氣室(例如混合腔室712)，其可

部分地延伸穿過一層級或完全地延伸穿過一或更多層級。視用來製作層狀基板的層級之材料而定，該等層級可透過下列方式結合在一起：燒製(firing)、燒結、黏著(adhesive)、摩擦焊接、壓力(例如透過熱等靜壓)、焊接、軟焊(soldering)、冷噴塗、及熱處理、超聲波焊接、冷卻、硬焊、或擴散結合。透過選擇適當的材料作為各個層級與結合材料，該基板可具有改善的抗腐蝕性與氣體純度，同時透過免去昂貴的金屬合金(例如Hastelloy®、不鏽鋼、例如316)而降低成本。替代地，該等層級可透過任何機械工具而夾持在一起，例如夾持器、螺栓、螺旋裝置、鉚釘、或穿釘。

【0071】 圖12與13描繪圖10與11的氣體輸送基板層級被結合在一起而形成整體式基板結構700。基板700的層級可由相同的材料製成，使得當該等層級結合在一起時可形成一致的整體式結構(但若使用材料用以幫助結合，例如黏著或硬焊材料，則該材料可與層級材料不同)。該基板的各層級可具有均勻的厚度或非均勻的厚度。替代地，可針對各個層級使用不同材料。例如外側層級可由比內側層級更高品質的材料製成，反之亦然。此外，該等層級可具有相同的整體形狀或不同的整體形狀或形構。例如，兩個較小面積的層級可均結合至同一個較大的層級的相同側邊。在另一範例中，一層級可具有矩形形狀，而另一層級可具有圓形形狀。

【0072】 從圖12與13可見得，一旦該等層級被結合在一起，基板內的通道720被密封起來，留下垂直通孔710作為這些通道720與流體流動元件之間的唯一流體連接，其中該等流體流動元件可透過安裝孔708而安裝到基板700上。

【0073】 可形成基板使得其配置以將氣體供應元件接收並安裝於該基板的最上及/或最下層級之向外暴露的主要表面上。此外，該基板可形成為具有三個側面或更多側面(例如三邊形、四邊形、五邊形、六邊形等)，使

得該基板的一或更多側面配置以接收並安裝氣體供應元件。替代地，層狀基板可形成圓形、橢圓形、或彎曲形狀(例如單一個垂直側面)。此外，該基板可形成為具有平面角狀的側面及彎曲的側面的混合(例如「D」的形狀)。此外，可形成該基板使得其配置有一或更多氣體入口以及一或更多氣體出口。該等氣體入口及出口可包括在任一層級中或跨越該基板的多於一個層級。該等氣體出口可配置以連結到一或更多氣體管線及/或下游的處理腔室。

【0074】 圖14描繪位於圖10-13的基板700中的流體流動導管(例如通道與垂直通孔)的三維度寫實圖。圖14未呈現該基板本身，且未呈現安裝孔。可將圖14視為對於在下列情況下產生的結構之描繪：若使融化的材料流經該基板內的所有流動導管，並允許該等材料冷卻並硬化成固體，然後接續地將基板移除，而不破壞冷卻的固體材料。如可見得的，該等導管能夠依循複雜的路徑，該等路徑彼此重合、交叉、或跨越彼此等。此外，針對每一個別的氣體流動路徑而言，這些導管的某些部分可相同。例如，八個直線徑向輪幅通道720(從該導管網絡的中心附近的混合腔室向外放射)中之各者有相同的長度，且與垂直通孔接通，該等垂直通孔可與安裝在該基板的對側上的十六個關斷閥的不同對的關斷閥接通。該等關斷閥可依次地各透過另一垂直通孔而被連接到十六個相同的J型通道(圍繞該混合腔室排列成徑向陣列)中之一者。各個J型通道可依次地各透過另一垂直通孔而被連接到安裝在該基板的對側上的十六個質流控制器中之不同一者。該等J型通道與該等直線徑向輪幅通道、以及將該者連接到閥與質流控制器的該等垂直通孔，可全部一致，(或彼此為鏡像)，使得氣體(由該等質流控制器排氣節流)的傳送時間與輸送延遲與該等質流控制器或閥的安裝位置無關。然而，在該等質流控制器的上游的該等通道與垂直通孔，在流動路徑之間的長度與形構/形狀方面可有差異。然而，因為這些差異(若存在)在該等質流控制器的上游，所以此種差異

不會使氣體進入混合腔室的傳送時間或輸送延遲產生差異。在圖14中，在該等通道/垂直通孔之間由閥或質流控制器提供的若干連接以虛線標出(其中箭頭指出流動方向)。

【0075】 如圖14可見得，複數個垂直通孔可作為氣體入口1420；各個氣體入口1420可具有與其接合的手動關斷閥(連接到處理氣體)，且可流體連接至上游的氣體供應通道1440，氣體供應通道1440依次地與位在通道1440之另一端的另一垂直通孔流體連接；該垂直通孔可連接至一質流控制器，該質流控制器的出口可與垂直通孔1460流體連接，而垂直通孔1460可與J型通道流體連接，如繪製的範例所示。各個J型通道可將其中一個垂直通孔1460與另一個垂直通孔流體連接，其中該另一個垂直通孔可與一關斷閥接合，然後該關斷閥可與導向混合腔室1430的徑向通道1450之其中一者連接；混合腔室1430可透過另一通道而流體連接至出口1470。

【0076】 除了將導管設置在基板的層級中，該基板的一或更多層級可包括氣體流動分流器(例如請見圖11之分流器701)、加熱器、限制器(例如具有一或更多小孔洞的過濾器)、及/或氣體混合歧管。在一實施例中，該基板的層級可包括空氣導管。例如，該等空氣導管可允許氣動歧管連接並控制安裝在該基板上的隔膜閥或空氣制動器。

【0077】 圖15描繪圖12之例示性氣體輸送基板的平視圖。如可見得的，在該氣體輸送基板中以虛線呈現的通道可彼此從上方或從下方越過，允許相同的路徑有時有不同的高度，並達到若使用習知氣體棒實施係困難或不可行的流動幾何形狀。

【0078】 圖16與17描繪如本文所述之氣體輸送基板之實施例的立體圖，以及用於半導體處理設備的氣體輸送系統之相關的氣體供應元件。圖16為形成氣體輸送系統1600之氣體輸送基板1602之立體圖，而圖17為基板1602

之立體展開圖。如所述，該基板可配置以接收並安裝各種不同的氣體供應元件；為提供滲漏密封之密封，密封1654可被夾在各氣體供應元件與陶瓷基板1602之間。在所示之具體實施例中，許多氣體供應元件(例如閥1610與MCFs1608)的位置在基板的兩個側面上匹配，使得可使用單一組緊固件1646(螺栓)與1650(螺帽)將兩個相對的氣體供應元件安裝到該基板上，這在圖17的展開圖可更明確可見。應知悉的係，多種不同類型的表面安裝氣體供應或氣體流動元件(例如閥1610與MCFs1608)可安裝到該氣體供應基板，該等元件包括(但不限於)：真空耦合輻射 (VCR) 配件、電性操作氣體閥、氣動操作氣體閥、手動操作氣體閥、氣體壓力調節器、氣體過濾器、沖洗氣體供應元件、氣體流量限制器、及/或壓力轉換器。氣體輸送基板1602可透過複數個氣體入口1612接收處理氣體。例如，可將該等氣體供應元件安排在該基板的任一側邊的不同區塊上。此外，該基板可配製成具有一或更多氣體出口或開口，用以允許氣體離開該基板。該等出口可被包括在該基板的任一側邊上。該等氣體出口可配置成連接到一或更多氣體管線及/或下游的處理腔室。

【0079】 該氣體輸送基板可配置以接收並安裝氣體供應元件，使得不同的氣體管線之間可共用不同的元件。此設計可節省空間並降低成本，同時亦縮短氣體脈衝與切換時間。此外，圖16與17描繪基板之範例，其配置以接收並安裝在該基板上以徑向或圓形陣列設置的一些氣體供應元件。換句話說，若干個該等氣體供應元件可設置成圍繞一共同點(例如該基板內的混合腔室)的圓環形式。例如，該基板可包括多入口的混合腔室(相似於混合腔室712)，其中來自MFCs及/或關斷閥(插入該MFCs與混合腔室之間)的該等氣體入口與中心的混合腔室等距離地隔開。在此種設置中，所有氣體物種的長度尺寸為零或接近零。

【0080】 例如，該基板中的混合歧管可包括由該基板之一或更多層級中的特徵所界定的圓柱狀或球狀的混合腔室，且該等氣體入口可位於該基板的任一側邊上的周圍間隔位置上。與習知的「梳狀」途徑(其中個別的氣體棒形成梳子的「梳齒」，而混合腔室為梳子的「脊柱」)相比，透過使所有氣體供應流動路徑以徑向輪幅的設置收尾，可使用球狀或圓柱狀的混合腔室。再者，當與流體連接至大量(例如16個)氣體棒(如傳統上在氣體箱中佈局成彼此並肩)的混合腔室相比時，該混合腔室的容量可小得更多。此種輻射狀設置允許高流量與低流量的氣體兩者有效率且立刻地混合，並且允許共流效應(即因為氣體方位或位置而產生的氣體混合延遲)實質上或完全地消除。

【0081】 在一些實施例中，可將一手動閥安裝在該氣體輸送基板上以實現特定氣體供應的供應或斷開。該手動閥亦可具有一上鎖/掛牌(lockout/tagout)裝置於其上。作業員安全規範通常明定，電漿處理操作儀器須具備意外啟動預防能力，例如上鎖/掛牌機制。通常上鎖設備通常係指(例如)使用實際手段以將斷能設備保持於安全位置之設備，例如鎖(鑰匙或密碼類型)。根據規定的操作程序，掛牌設備通常為(例如)任何顯眼的警告設備，例如一標誌和一附屬品的手段，其可牢靠地固附到該斷能設備。

【0082】 可將一調節器安裝在該氣體輸送基板上以調節氣體供應的氣體壓力，且可使用壓力計來偵測該氣體供應的壓力。在一實施例中，該壓力可為預設的，且不需要調節。在另一實施例中，可使用具有顯示器來顯示壓力的一壓力轉換器。可將該壓力轉換器放置在該調節器的旁邊。可使用一過濾器來移除供應氣體中的雜質。可使用一主節流閥來避免任何腐蝕性供應氣體留在該基板中。該主節流閥可為(例如)兩埠式閥，具有一自動氣動操作閥組件，其使主節流閥停止運作(關閉)，因此有效地停止基板中的氣體流量。一旦停止運作，可使用非腐蝕性沖洗氣體(例如氮氣)來沖洗該基板中的

一或更多部分。沖洗氣體元件以及基板可具有(例如)三個埠口以提供沖洗處理(即一入口埠、一出口埠及一排氣埠)。

【0083】 一質流控制器(MFC)可相鄰於該沖洗閥。該MFC精確地量測供應氣體的流速。將該沖洗閥放置在該MFC的側邊，允許使用者可沖洗在該MFC中的任何腐蝕性供應氣體。可使用相鄰於該MFC的一混合閥來控制將要與基板上的其他供應氣體混合的供應氣體的總量。在一實施例中，該MFC的一部分可建立在該基板的一或更多層級中。例如，一流量限制器(例如具有一或更多孔洞的過濾器)或流量分流器可建立在該基板的一或更多層級中。

【0084】 在一些實施例中，一分離的MFC可獨立地控制各個氣體供應。例示性氣體元件之設置與氣體輸送的方法和設備記載於(例如)美國專利申請公開案第2013/0255782號；美國專利申請公開案第2013/0255883號；美國專利案第7234222號；美國專利案第8340827號；以及美國專利案第8521461號，各個該等案件共同受讓，並且全文加入本案之參考資料。

【0085】 在其他實施例中，MFCs可用於產生針對各個氣體的所需的流量設定值，並釋出該等個別的氣體以在該氣體輸送基板的混合歧管或腔室中立即混合。個別的氣體流量量測與控制可由各個個別的MFC執行。替代地，單一個MFC控制器可操作複數個氣體管線。

【0086】 在一些實施例中，安裝到該基板的MFCs可由遠端伺服器或控制器控制。該等MFCs之各者為範圍很廣的MFC，具有執行高流量MFC或低流量MFC的能力。該控制器可配置以控制並改變該等MFCs之各者中的氣體的流速。

【0087】 在一些實施例中，本發明進一步提供使用氣體輸送基板(用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件)的方法，以將處

理氣體供應到電漿處理設備的處理腔室中。此種方法可包括(例如)將氣體供應元件(安裝在基板上)之間的不同的氣體，透過該基板中的導管輸送到該基板中的混合歧管或腔室中。首先，透過位於該基板之表面上的複數個氣體入口將氣體輸送到該基板。在混合歧管或腔室中混合之後，該等氣體透過一或更多出口離開該基板。該等氣體入口可與中心的混合腔室或混合歧管等距離地隔開，使得各個氣體物種的長度尺寸相同，且當氣體在該基板中從氣體供應流動到該混合歧管時，各個氣體的氣體輸送時間相同。替代地，該等氣體供應元件與氣體入口可以線性或非線性的設置空出間隔。

【0088】 此種方法可更包括(例如)透過一氣體輸送基板輸送氣體，該氣體輸送基板包括：第一層級，具有垂直通孔；第二層級，具有垂直通孔與水平氣體通道；以及第三層級，具有垂直通孔。該基板的第一、第二、及第三層級可被結合在一起，使得該第二層級中的水平氣體通道與第一層級及/或第三層級中的至少若干垂直通孔流體連接。該方法更包括透過該基板的第一層級、第二層級、及/或第三層級來輸送複數個氣體供應元件之間的氣體。此外，該氣體輸送基板可包括一或更多開口以允許氣體離開該基板到一或更多氣體管線或到下游的處理腔室。

【0089】 此外，本發明提供透過氣體輸送基板(用以安裝用於電漿處理設備的處理腔室之氣體供應元件)供應處理氣體的方法。此種方法可包括(例如)從與位於一基板之一表面上的複數個氣體入口流體連通的複數個氣體供應輸送氣體，該基板係用以安裝該等氣體供應元件並且其中具有至少一個混合腔室以及出口；將來自該等複數個氣體供應的至少兩個不同的氣體流動到該基板，以在該混合腔室中產生氣體混合物；以及將該氣體混合物供應到在該基板下游的電漿處理腔室(與該氣體輸送基板流體耦合)。在一些實施例中，該氣體混合物可在輸送到下游的處理腔室之前與調節氣體混合。

【0090】 在一些此種實施例中，流量控制器可產生針對該等至少兩個不同的氣體之各者的流量設定值，並同時地將該等氣體釋出以在該基板的混合腔室中立即混合。該等氣體中之一者可為被輸送到該混合腔室的調節氣體。

【0091】 在一些實施例中，氣體可透過該基板的表面上的複數個氣體入口/開口而進入該基板，並進入該基板內的混合腔室中。然後該氣體混合物可透過一或更多離開出口/開口從該混合腔室離開該基板。離開該基板之後，該氣體可被輸送到一或更多氣體管線或直接地輸送到一處理腔室中。該混合腔室可設置在該基板的一或更多層級中或位於該基板的外側。在其他實施例中，可將氣體加入氣體或混合氣體的另一陣列、安裝有氣體供應元件的另一基板、或一氣體棒。

【0092】 應知悉的係，上述整體式或層狀基板概念允許元件得以控制一半導體處理工具的複數個不同的處理氣體，而該半導體處理工具待安裝於相同的元件，即整體式或層狀基板。在先前的用於半導體處理工具的氣體分配系統中，各個處理氣體一般由分離的氣體棒(即用於控制各個氣體流量的閥、質流控制器等)處理，該等氣體棒被安裝於個別的基板，在一些例子中，該等基板由如圖3所示之模組式基板元件建立。在一些一般的設置中，此種個別的氣體棒(及其個別的基板)被設置呈線性陣列，其中各個氣體棒分接於一共同的混合管線(與小得多的混合腔室相比)。如此一來，習知氣體箱的混合容積一般由連接至各個氣體棒(線性陣列)的長的管線或流動通道提供，因此習知氣體箱的混合容積可為管線或流動通道，其長度至少跟並肩放置的氣體棒的總寬度一樣長。例如，若各個氣體棒的寬度為1.5”，且有16個氣體棒，則習知系統的混合容積可為長度至少24”的氣體通道；若沿著此長度的氣體通道之直徑為公稱值0.25”，則此種通道的混合容積大於4.7立方英吋。

【0093】 相較之下，如本文中揭露之整體式或層狀基板允許氣體流動元件與流動通道的輻射狀陣列，這因此允許混合容積集中在小得多的面積上，也因此體積可以更小，例如小於一立方英吋。此更小的混合容積尺寸縮短沖洗時間，亦縮短將流入混合腔室的氣體有效地混合所需的時間。如前述，氣體流動元件的輻射狀陣列所提供的另一益處為，對於各個處理氣體而言，在該混合腔室與各個處理氣體的流動路徑之最後的流體流動元件之間的最終傳送距離可變得相等，對於在該氣體流動元件陣列的處理氣體而言，這讓各個處理氣體到混合腔室的傳送時間不受最終氣體流動元件的輻射狀方位的影響。

【0094】 應知悉的係，如本文所述之層狀基板允許在主節流閥之下游的大部分或全部氣體流動元件(即一般包括在一氣體棒中的大部分或全部氣體流動元件)、允許一氣體分配系統的大部分或全部的處理氣體供應管線，被安裝在一相同的基板。例如，在使用層狀基板元件來分配16個個別的氣體的氣體分配系統中，這些氣體中的12、14、或16個的氣體流動元件可安裝在相同的基板上。

【0095】 針對陶瓷基板的特別考量

【0096】 如前述，本文所述之多層狀基板氣體分配系統，在一些實施例中可由結合在一起的陶瓷層級製成，或加工使得該基板的的外側表面為陶瓷。然而，陶瓷材料存在些許獨特的製程挑戰(可能在此種基板的製程中產生複雜性)，其係當以較習知的材料(例如可加工金屬)製作此種基板時未出現的問題。

【0097】 陶瓷為燒結材料，即將粉末狀的陶瓷材料塑型為某種型件，然後以高溫加熱或「燒製」以將陶瓷顆粒融合成黏著性固體。在未燒製或「生胚」的階段，陶瓷一般低強度且容易加工。在燒製階段，陶瓷強度較高但通

常也較脆性。再者，在燒製處理時，大部分的陶瓷材料經歷明顯的收縮應變，例如大約20%。此種收縮應變可能不均勻，而產生另外的問題。

【0098】 生胚陶瓷的加工可使用傳統的加工技術來執行，例如碾磨、鑽孔、鑽鑿等，或透過更進步的技術，例如雷射切割。然而，這些技術可能留下粗糙的表面粗糙度。例如，在雷射切割中，從雷射切割處理中釋氣可能導致雷射射束的硬度、寬度、及聚焦的波動，而造成微小表面不規則性，形成粗糙的表面粗糙度。與加工的金屬零件相比，生胚陶瓷的粒狀特性亦可能造成陶瓷零件中提高的表面粗糙度，即使該陶瓷係使用傳統的技術來加工。

【0099】 密封

【0100】 在使用以陶瓷基板為特徵的氣體分配系統時會產生的一個問題為如下問題：將具有(例如)表面安裝閥介面的流動控制元件(例如閥、質流控制器等)安裝到陶瓷基板，使得在該等流動控制元件與該陶瓷基板之間存在氣密密封。在習知的氣體棒設置中，金屬C-密封或其他可壓碎金屬密封一般用於此種用途；可壓碎金屬密封被插入在此種習知的氣體棒設置中所使用的氣體流動元件的金屬底板與金屬基板之間，然後壓縮使該等密封變形而形成氣密密封的介面。因此，在習知的氣體棒設置中的密封介面一般為金屬-金屬-金屬的接觸設置。此種密封介面一般透過下列動作提供：在氣體流動元件的底板與金屬基板兩者上設置中空埋孔特徵部，該等中空埋孔特徵部一般基於可壓碎金屬密封的外側直徑來調整尺寸。本文中關於密封介面的討論可應用於使用多種不同的可壓碎金屬密封的密封，包括C-密封、W-密封、或其他的密封類型。雖然如下之討論與範例特別記載C-密封，但應知悉本文中討論的密封面的製備技術亦可應用於使用其他類型的可壓碎金屬密封的密封。

【0101】 圖18描繪在氣體供應元件與金屬底板之間的一般C-密封介面之展開剖視圖。圖19描繪圖18之組裝的C-密封介面之剖視圖。氣體供應源件1858(可由金屬製成)可被栓固在金屬底板1860；此範例中的氣體供應源件係透過螺栓1846穿入螺帽1850中而固定在相對於金屬底板1860的位置上。氣體供應源件1858與金屬底板1860兩者均具有埋孔特徵部1862，埋孔特徵部1862被調整尺寸以接收金屬C-密封1856，金屬C-密封1856被卡扣在密封固定器1854上，密封固定器1854在組裝期間將金屬C-密封1856固持在位置上，且可確保金屬C-密封1856在被壓縮(當氣體供應源件1858被夾持於金屬底板1860時)之前適當地安裝。

【0102】 為了氣密連接，此種埋孔特徵部(密封靠在可壓碎金屬密封上)的表面(例如埋孔特徵部的平坦底面)一般被拋光至8–16 $\mu\text{in Ra}$ 的表面粗糙度，以提供氣密連接給較小分子的氣體，例如氦、氬、及氟氬烷；或至16–32 $\mu\text{in Ra}$ 以提供氣密連接給較大分子的氣體，例如空氣、氦、氬、及天然氣。比8 $\mu\text{in Ra}$ 更平滑的表面粗糙度實際上會破壞密封，因此可壓碎金屬密封製造者不建議(例如請見由Parker Hannifin公司在2013年6月出版的《金屬密封設計指南》(Metal Seal Design Guide)第E-80頁的「表面粗糙度建議」(Surface Roughness Recommendations))。

【0103】 然而，本案發明人認為，在陶瓷/可壓碎金屬密封介面的脈絡中，該介面的陶瓷部分實質上受益於其所具有之表面粗糙程度超出一般建議的表面粗糙程度。在使用陶瓷介面測試金屬C-密封時，本案發明人發現，根據SEMI的F1標準，表面粗糙度在C-密封製造者所建議的表面粗糙度範圍內的陶瓷表面，並未提供足夠的滲漏防護介面。SEMI為全球性的產業協會，致力於半導體製造產業並出版許多指導各種態樣的半導體製造設備的標準。F1標準(在本文中用以表示F1-0812標準)之標題為「針對高純度氣體配管

系統與元件之滲漏整體性的規格」(Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components)，且其要求「滲漏密封」之密封具有低於 10^{-9}cm^3 大氣中的He/秒的內側滲漏速率。本案發明人認為，當使用產業標準的金屬C-密封介面密封靠在燒結的陶瓷表面上時無法達到此種滲漏速率，可能係由於燒結的陶瓷材料是孔洞性，但金屬密封表面則不是。本案發明人決定將密封靠在金屬C-密封上的陶瓷表面拋光至 $5\ \mu\text{in Ra}$ 或更佳(比起製造者建議的表面粗糙度最小值有多於30%的平滑程度)的表面粗糙度。結果的陶瓷密封介面使用標準的316L不鏽鋼 C-密封以及更硬的 Hastelloy® C-22 C-密封兩者進行測試，而針對超過50次組裝-拆卸循環(所使用的金屬C-密封在各循環之後被替換，因為此種密封不可重複使用)，各表現出符合SEMI的 F1標準的滲漏特徵。此意外的測試結果證實，透過將陶瓷密封表面拋光或研磨至比一般製造者表面粗糙度建議顯著地更為平滑的表面粗糙度，則標準的可壓碎金屬密封可與該陶瓷密封表面一起使用。

【0104】 圖20圖解製備陶瓷基板之技術的流程圖，該陶瓷基板使用標準可壓碎金屬密封(例如金屬C-密封)與氣體流動元件接合。在方塊2002中，陶瓷基板或其中的層級可被加工(例如在生胚狀態下加工)，使得有若干氣體流動通道與孔洞通過該陶瓷基板，而將該等通道與該陶瓷基板的外側表面流體連接。在方塊2004，該陶瓷基板(或其中疊起的層級)可在燒爐或烤箱中燒製，以將所使用的陶瓷材料燒結成整體式塊材。在方塊2006，可將該陶瓷基板的該等表面(金屬C-密封將插入其中)拋光至小於或等於 $5\ \mu\text{in Ra}$ 的表面粗糙度。在方塊2008，可相對於一孔洞設置一可壓碎金屬密封，該孔洞位於該陶瓷基板中或位於氣體流動元件中。在方塊2010，可將該氣體流動元件安裝到該陶瓷基板(例如使用螺栓連接件)並夾持在位置上，將該可壓碎金屬密封夾在該陶瓷基板的拋光或研磨部分以及該氣體流動元件的底板之間。

【0105】 在一些實施例中，相似於習知的在鋼材元件上的密封介面，該陶瓷基板可具有個別的埋孔(被調整尺寸以接收可壓碎金屬密封)，且此種埋孔的「底面」可被各自地拋光以達到上述 $5\mu\text{in Ra}$ 或更低的表面粗糙度。若存在複數個此種特徵部(典型上為如前文中討論的多層基板的情況)，這可能係耗時間的。一替代方法為放棄基板上的個別的埋孔特徵部，並取而代之的係，僅將待安裝氣體流動元件的整個表面拋光或研磨至所需的 $5\mu\text{in Ra}$ 或更低的表面粗糙度。個別型的板(或複數型板)(如圖17中的型板1614)可由金屬、陶瓷、或其他材料製成，其被調整尺寸為具有與用於接收金屬密封的「一般的」埋孔特徵部之深度相同的一厚度，該金屬密封被放置在安裝表面(或複數表面)的頂部並且插入該氣體流動元件與該基板之間。該型板可具有孔洞，其位置和在該陶瓷基板中的孔洞的位置對應；這些孔洞可調整尺寸為稍大於該等金屬密封的外側直徑，且可用以將該等金屬密封相對於在該陶瓷基板(其中該等氣體流動元件與該陶瓷基板密封)中的孔洞定位。若使用此技術(該技術更詳細地記載於美國專利申請案第14/843775號，申請日為2015年9月2日，該案以全文加入本案之參考資料)，則在陶瓷基板的一共同側面上的所有密封介面所需的表面粗糙度可透過在整個側面表面上使用簡單的拋光或研磨操作來達成。

【0106】 圖21描繪一裝置之剖面圖，其中陶瓷基板的整個表面被拋光或研磨至表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 。如可見得的，陶瓷基板2102的上表面為平坦的，允許陶瓷基板2102的整個上表面同時被拋光或研磨至表面粗糙度小於或等於 $5\mu\text{in Ra}$ 。達到此表面粗糙度之後，可將元件定位型板2114放置在陶瓷基板2102上並與陶瓷基板上的氣體流動埠2164(如所繪之氣體流動埠)對齊。此種對齊可透過將該型板上的參考特徵部(或複數特徵部)與陶瓷基板2102上的相對應的參考特徵部(例如插梢2122)對齊來達成，這允許該型板同

時地與複數個氣體流動埠對齊。將元件定位型板2114放置在陶瓷基板上之後，可將金屬C-密封2156安裝在由元件定位型板2114中的孔洞2130形成的埋孔中，該埋孔具有比陶瓷基板2102中的氣體流動埠更大的直徑，而該孔洞以該氣體流動埠為中心。密封定位型板2154可幫助金屬C-密封2156的放置。一旦安裝金屬C-密封2156，具有圍繞埠2165的埋孔2162的氣體流動元件2158可設置在金屬C-密封上，並使用(例如)螺栓2146與螺帽2150安裝。

【0107】 粒狀物控制

【0108】 在將陶瓷基板使用於氣體分配脈絡時會產生的另一個問題為粒狀物汙染。如前文所述，與加工的金屬基板相比，燒結陶瓷有高的孔洞性，可能導致燒結陶瓷元件的生胚加工表面粗糙度表現出增加的表面粗糙。再者，若使用例如雷射切割的技術在多層陶瓷基板中形成通道，由於釋氣而導致的雷射射束的強度及/或寬度的波動，則該等通道的最終側壁(該等通道的側壁通常與雷射射束的路徑平行)粗糙度可能大程度地更為粗糙。雷射切割為可用於產生二維度層級(可用於製造層狀陶瓷基板)的快速且有成本效益的技術。在本案發明人所執行的測試中，相較於通道的底部或上部(由該層狀陶瓷基板中的相鄰的層級的表面提供且非雷射切割)的20 到 28 $\mu\text{in S}_a$ 的表面粗糙度，因此種通道的雷射切割而產生的氣體通道側壁表面粗糙度被量測出大約為185 到 255 $\mu\text{in S}_a$ (以面積為主的平均粗糙度)。

【0109】 通道側壁的高的表面粗糙度存在一問題，因為具有如此高的表面粗糙度的表面更可能a)卡住並留住粒狀物且b)更可能成為粒狀物本身的來源，例如，若貢獻高表面粗糙度的陶瓷顆粒從表面上斷開。例如，在測試時，判定陶瓷基板的粒狀物沖洗時間多於相當的不鏽鋼氣體分配歧管的粒狀物沖洗時間的兩倍(雖然不鏽鋼歧管係由不鏽鋼管線製成，而非層狀基板)。在粒狀物沖洗時間測試中，使沖洗氣體流經被測試中的氣體流動系統，並計

時直到評估流出的氣流中的任何顆粒小於某一尺寸為止。在所完成的該測試中，直到僅有尺寸小於100nm的顆粒離開基板為止所花的時間，被用於判定顆粒沖洗時間。

【0110】 本案發明人認為，將用於氣體分配系統的燒結陶瓷基板經受鍍層處理為改善通道內的表面粗糙度並且減少或避免粒狀物污染的有效方式。鍍層處理可用於兩個用途：a)卡住任何存在的顆粒(例如陶瓷顆粒)，其在燒結處理過程中未與相鄰的陶瓷顆粒有效地融合，以及b)填入存在於燒結陶瓷顆粒之間間隙與裂縫中，藉此將粒狀物(來自氣體系統的某處)可能暫時地陷入或被抓住的可用的表面面積減少。

【0111】 針對此種緣故可使用若干不同類型的鍍層處理，包括釉料鍍層、化學氣相沉積(CVD)鍍層、及原子層沉積(ALD)鍍層、以及可提供上述功能性的其他鍍層類型。

【0112】 在釉料鍍層中，可將含氧化矽或氧化鋁的材料塗佈於陶瓷零件的暴露表面上，然後可在燒爐或烤箱中將該陶瓷零件暴露到高溫，而將該含氧化矽材料融化。當融化的氧化矽釉料再次冷卻時，已流進該陶瓷零件的間隙與裂縫中(因為其為融化的流體狀態)，而當其固化時形成更圓、更平滑的輪廓。透過此鍍層，可將已經位於該陶瓷零件的間隙與裂縫中的粒狀物膠黏在位置上。可透過任何的各種技術塗佈釉料，包括在放入燒爐之前，透過使用釉料材料乾撒(dry-dusting)於通道以及有利的其他表面上，然後將釉料材料放入燒爐或烤箱中，使得釉料材料移動進入該燒爐環境中並因此移動到待上釉的部分，或透過將釉料材料懸浮於水性懸浮液中，使該懸浮液流經通道，然後在燒爐中燒製陶瓷元件。

【0113】 在CVD鍍層操作中，可將陶瓷基板放置在CVD腔室中，並暴露到將聚合物鍍層沉積在該陶瓷基板的表面上的化學氣相沉積環境中，該鍍

層例如Parylene™鍍層、或其他通常非活性的鍍層，例如(舉例來說)矽或氧化鋁鍍層。在此種操作中，有利的係，在鍍層操作期間在該陶瓷基板的通道上抽真空，以將CVD氣體抽入通道中，確保CVD鍍層被塗佈在該陶瓷基板的內側中的通道上。例如，若陶瓷基板被CVD腔室中的支座固持住，該支座可具有一或更多真空埠，該等真空埠之位置與該陶瓷基板的外側表面中的位置(具有導向陶瓷基板中的通道的埠口)相對應。在處理操作期間，在這些埠口上抽真空可將CVD氣體抽入通道中，確保通道被鍍上CVD鍍層。

【0114】 聚合物鍍層雖然與CVD處理非常相容，但稍微脆性且容易受損。例如，若聚合物鍍層從一通道沿著通孔(將該通道與陶瓷基板的外側表面連接)的內側表面延伸，並延伸到該陶瓷基板的外側表面，則當將安裝於該陶瓷基板的外側表面上的氣體流動元件移開以維修時，該聚合物鍍層可能黏住該氣體流動元件(或將該氣體流動元件與該陶瓷基板密封的金屬密封)並被從該通孔的側壁上拉開(當該氣體流動元件被移開時)。每一次移開氣體流動元件時，都有可能進一步破壞該鍍層，且在氣體分配系統的使用壽命期間，氣體流動元件需要被移開許多次。

【0115】 為避免CVD鍍層的此種潛在問題，可透過適當的遮罩將陶瓷基板(氣體流動元件安裝其上)的大部分的表面維持無鍍層。圖23到25描繪在CVD鍍層塗佈之多種階段期間的陶瓷基板與遮罩元件的簡易剖面圖。例如，在圖23中，平板或型板2362可靠著陶瓷基板2360放置。平板或型板2362可具有通孔2364在其中，其中通孔2364對應於在該陶瓷基板的外側表面上的各個下穿孔或通孔的位置；且可被放置在陶瓷基板2360上使得該平板或型板中的通孔2364與在陶瓷基板2360中相對應的的下穿孔或通孔對齊。例如平板或型板2362可由任何適當的材料(例如氧化鋁、不鏽鋼等)製成，且可包括埋孔，用以將密封靠在陶瓷基板2360上的密封2366定位在各個下穿孔或通孔的位

置。當將平板或型板2362靠著陶瓷基板2360放置時，密封2366可在各個下穿孔或通孔的位置上插入在這兩個元件之間。在CVD操作(通常發生在幾百度的溫度下)中，因為高溫可使用金屬密封。然後可將該平板或型板固定在相對於該陶瓷基板的位置上，例如透過將兩個元件栓在一起。因此，當CVD處理氣體流入CVD處理腔室中(如圖24中)，並進入陶瓷基板2360中的通道時，陶瓷基板2360的外側表面(氣體流動元件安裝其上)可被平板或型板「遮蓋」，藉此避免CVD的鍍層2368產生在陶瓷基板2360的被遮蓋的位置上。當完成CVD處理時，可將平板或型板2362移開，如圖25所示。在移除期間，CVD鍍層2368(已沿著橫跨陶瓷基板2360之間的流動路徑之內側表面而形成大致上保形的鍍層)、金屬密封2366、以及平板或型板2362可能斷開、破裂、或在陶瓷基板2360/密封2366介面上經歷不受控制的終止事件。然而，針對日後的氣體流動元件對陶瓷基板的組裝/拆卸操作而言，在鍍層的終端2370與金屬密封(可用以將此種氣體流動元件安裝到陶瓷基板上)之間將存在最小的接觸或無接觸，而使進一步破壞鍍層的風險降低。

【0116】 在一般的ALD鍍層操作中，可將第一反應物流進反應腔室中，之後通常接續沖洗循環，然後將第二反應物流進該反應腔室中。該等反應物通常以自我限制的方式與該腔室中的任何元件的暴露表面進行反應，而產生單分子層厚的層。透過將該第一反應物與該第二反應物的流量保持分離，各反應物的流量可僅與在該元件(暴露到該腔室環境中)上的先前反應物之單分子層厚的層進行反應。因此，ALD鍍層為100%保形，但必須一次製造一單分子層；這需要數百(或數千)重複的第一與第二反應物沉積循環以得到所需的厚度，這表示ALD鍍層操作一般比CVD鍍層操作更為耗時間。然而，因為ALD薄膜的保形特性，所以ALD薄膜形成高度耐用的鍍層。ALD

亦可用於形成氮化物、氧化鋁、或其他陶瓷鍍層，而允許陶瓷基板的通道被鍍在用於形成該陶瓷基板的相同的材料中。

【0117】 可選擇形成在陶瓷基板內的氣體流動通道的表面上的層級的厚度，使得該層級之厚度大於該表面之粗糙度，例如就250 μin S_a 之表面粗糙度而言，該厚度可為250 μin 或更大；或大於在該陶瓷基板之製造中所使用的最小顆粒尺寸，例如若100nm直徑的陶瓷顆粒被燒結而形成該陶瓷基板，則鍍層至少為100nm厚。此種鍍層可將可能鬆落的顆粒「黏」在位置上，且亦可填入裂縫或間隙(可能卡住其他的顆粒)中。在一些情況中，達成此種層級厚度可能在經濟上不可行，例如，若使用ALD來提供鍍層，則執行足夠的ALD循環以得到所需鍍層厚度可能費用過高。在此種情況中，可使用較薄的表面鍍層，雖然此種較薄的表面鍍層表現較差的粒狀物性能。

【0118】 圖22圖解製備半導體工具氣體分配系統之陶瓷基板之技術的流程圖，藉以降低粒狀物汙染之可能性。在方塊2202中，製造半導體處理工具之氣體分配系統之陶瓷基板。例如，此種製造透過本文所述之技術或透過本文中未討論之技術。從方塊2202產生的陶瓷基板通常為「完成的」，原因在於其已經被燒結且在大部分的情況中被加工(若需要)。在方塊2204中，以抗腐蝕鍍層鍍於該陶瓷基板上而鍍至所需厚度，例如至少和陶瓷顆粒(陶瓷基板之製造中所使用者)之最小公稱尺寸一樣大；或鍍至相當於陶瓷基板之內側流動通道或路徑之壁的最大表面粗糙度的一厚度。

【0119】 方塊2204的鍍層操作可由任何適當技術提供，包括所示之三個特定操作。例如，若使用釉料，可在方塊2206中將含氧化矽釉料塗佈於陶瓷基板中的氣體流動通道以及其他內側通道，例如透過使水性釉料流經流動通道；將乾釉料材料塗佈在流動通道；或替代地，在下一個方塊中透過將陶瓷基板進行鹽燒來塗佈釉料。

【0120】 在方塊2208，在燒爐或烤箱中燒製已上釉的陶瓷基板至高於釉料之融點、但低於陶瓷基板之融點的溫度。然後該釉料被融化並與該陶瓷基板融合；一旦該釉料融化，可將該陶瓷基板從燒爐或烤箱移開並冷卻，而在該陶瓷基板的氣體流動通道或其他內側流動通道之側壁上留下耐用的、抗化學性表面鍍層，該鍍層將存在的顆粒膠黏在位置上並提供卡住新顆粒(在使用時流進該陶瓷基板中)的較低的可能性。

【0121】 替代地，若使用CVD處理來提供鍍層，則可取捨地透過下列動作在方塊2210中製備陶瓷基板：將內側通道靠近陶瓷基板之外側表面(氣體流動元件可安裝其上)的部分遮蓋。例如，針對到達陶瓷基板之外側表面的各個垂直通孔，可將垂直通孔的最靠近陶瓷基板之外側表面的大約一毫米處遮蓋，以避免將CVD材料(例如聚合物)沉積在垂直通孔的該處。這可避免因與安裝在陶瓷基板上的其他元件相互作用所致之對於CVD鍍層的可能破壞。

【0122】 在方塊2212中，可將陶瓷基板放進一CVD腔室中。在一些實施例中，該陶瓷基板可為同時地放進相同的CVD腔室中並鍍層(若實施上釉或ALD鍍層，亦可完成批次鍍層的陶瓷基板)的若干陶瓷基板中之一者。

【0123】 在方塊2214中，該陶瓷基板可經受CVD處理，其中聚合物鍍層被沉積在該陶瓷基板內的氣體流動通道的表面上。在一些實施例中，整個陶瓷基板(除了可能被遮蓋的面積以外)可經受CVD操作。可執行該CVD處理持續可得到所需厚度的鍍層(位於該陶瓷基板的內側通道中)的足夠長度的期間。

【0124】 若使用ALD來提供該鍍層，則在方塊2216中可將該陶瓷基板(並可能地，連同被同時地鍍層的另外的陶瓷基板)放進一ALD處理腔室中。在方塊2216中將該陶瓷基板放進ALD處理腔室之後，該陶瓷基板可在2218

中經受複數次ALD循環直到位於該陶瓷基板的內側通道之表面上的該鍍層達到所需厚度為止。

【0125】 應知悉的係，針對以ALD塗佈的鍍層而言，可使用如CVD鍍層中的遮蓋技術，但因為ALD處理通常在低更多的溫度之下執行，所以可使用可重複使用的橡膠或o-環密封來取代金屬密封。雖然大部分的ALD鍍層不會因安裝或卸除氣體流動元件而冒風險，但較佳的係設立一遮蓋形式(與前文中參考CVD描述者相似)，並限制ALD處理氣體，使得僅陶瓷基板的表面的子集(例如內側通道的表面)被鍍上ALD鍍層。這可避免讓整個陶瓷基板經受重複的ALD循環，而縮短在開始下一次ALD循環之前沖洗各個ALD處理氣體所需的時間量。舉例來說，與例如較大的處理腔室容積相比，若ALD處理氣體被限制，以至於僅流動到陶瓷基板的內側通道，則大致上僅需要沖洗那些若干個通道。這可大大地縮短形成所需厚度之鍍層需要的時間。

【0126】 雖然揭露於此之實施例已參考具體的實施例加以詳細描述，顯然地對於本發明所屬技術領域中有通常知識者而言，可不背離隨附申請專利範圍之範疇，而做出或等效應用多樣的改變與改良。

【符號說明】

【0127】

102 氣體輸送系統

104 真空腔室

106 基板固持器(下電極組件)

108 半導體基板

110 介電窗

112 氣體注入器

114 控制系統

- 116天線
- 118RF阻抗匹配電路
- 120 電性連接件或引線
- 122 RF功率來源
- 124電性連接件或引線
- 200氣體輸送系統
- 210真空腔室
- 214管線
- 216氣體供應源
- 218氣體供應源
- 220氣體供應源
- 230氣體供應源
- 222 MFCs
- 224 MFCs
- 226 MFCs
- 228混合歧管
- 232 MFCs
- 300出口埠
- 314關斷閥
- 316沖洗閥
- 318MFC
- 320混合閥
- 322模組式基板
- 323氣體流動元件

325零件
326出口
327密封
700層級/基板(結構)
700A層級
700B層級
700C層級
700D層級
700E層級
700F層級
701分流器
708安裝孔
710通孔
712中樞/混合腔室
720通道/通路
1420氣體入口
1430混合腔室
1440通道
1450徑向通道
1460垂直通孔
1470出口
1600氣體輸送系統
1602基板
1608 MCFs

1610閥
1612氣體入口
1614型板
1646緊固件
1650緊固件
1654密封
1846螺栓
1850螺帽
1854密封固定器
1856金屬C-密封
1858氣體供應源件
1860金屬底板
1862埋孔特徵部
2002 方塊
2004 方塊
2006 方塊
2008 方塊
2010 方塊
2102 陶瓷基板
2114 元件定位型板
2122 插梢
2130 孔洞
2146 螺栓
2150 螺帽

2154 密封定位型板

2156 金屬 C-密封

2158 氣體流動元件

2162 埋孔

2164 埠

2165 埠

2202 方塊

2204 方塊

2206 方塊

2208 方塊

2210 方塊

2212 方塊

2214 方塊

2216 方塊

2218 方塊

2360 陶瓷基板

2362 平板或型板

2364 通孔

2366 密封

2368 鍍層

2370 終端



I682061

【發明摘要】

【中文發明名稱】整體式氣體分配歧管及其種種施工技術與使用案例

【英文發明名稱】MONOLITHIC GAS DISTRIBUTION MANIFOLD AND
VARIOUS CONSTRUCTION TECHNIQUES AND USE CASES THEREFOR

【中文】

本文中提供一氣體輸送基板，用以安裝用於半導體處理設備的氣體輸送系統之氣體供應元件。該基板可包括具有主要表面的複數個層級，其結合在一起而形成疊層，該疊層具有用以接收並安裝位於外側主要表面上的至少第一、第二、第三、及第四氣體供應元件之開口。該基板可包括第一氣體通道，延伸在一內側主要表面上，並且與延伸在不同的內側主要表面上的第二氣體通道至少部分地重疊。該基板可包括第一氣體導管，其包括該第一氣體通道，並且將該第一氣體供應元件與該第二氣體供應元件連接；以及第二氣體導管，其包括該第二氣體通道，並且將該第三氣體供應元件與該第四氣體供應元件連接。本文中亦揭露用以製造氣體輸送基板的許多技術。

【英文】

A gas delivery substrate for mounting gas supply components of a gas delivery system for a semiconductor processing apparatus is provided. The substrate may include a plurality of layers having major surfaces thereof bonded together forming a laminate with openings for receiving and mounting first, second, third and fourth gas supply components on an outer major surface. The substrate may include a first gas channel extending across an interior major surface that at least partially overlaps a second gas channel extending across a different interior major surface. The substrate may include a first gas conduit including the first gas channel connecting the first gas

supply component to the second gas supply component, and a second gas conduit including the second channel connecting the third gas supply component to the fourth gas supply component. Also disclosed are various techniques for manufacturing gas delivery substrates.

【指定代表圖】：圖11

【代表圖之符號簡單說明】

700A層級
700B層級
700C層級
700D層級
700E層級
700F層級
701分流器

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種用於半導體處理設備的氣體輸送系統，該氣體輸送系統包含：

基板，其包含：

具有主要表面的複數層級，其結合在一起而形成疊層，其中各層級的主要表面在該層級的對側上，結合在一起之該等層級的主要表面係該疊層的複數內側主要表面，而未結合至該等層級的另一者之該等層級的主要表面係該疊層的複數外側主要表面；

混合腔室，其自該等內側主要表面的第一內側主要表面延伸進入具有該第一內側主要表面的層級；

複數徑向輪輻通道，其自該第一內側主要表面延伸進入具有該第一內側主要表面的層級、從該混合腔室向外放射、並具有相同的長度；

複數第一表面安裝閥介面，其中各第一表面安裝閥介面位在該等外側主要表面的其中一者上，各第一表面安裝閥介面包含穿過該等層級之其中一或更多者的相對應第一通孔、穿過該等層級之其中一或更多者的相對應第二通孔、相對應的複數第一安裝孔，且各第一表面安裝閥介面通過該相對應第一通孔在該疊層之內流體連接至該等徑向輪輻通道的其中一相對應者；

複數第二表面安裝閥介面，其中各第二表面安裝閥介面位在該等外側主要表面的其中一者上，且包含穿過該等層級之其中一或更多者的相對應第三通孔、穿過該等層級之其中一或更多者的相對應第四通孔、及相對應的複數第二安裝孔；

複數第一氣體通道，各第一氣體通道至少部分地延伸進入該等內側主要表面的其中一者；

複數第二氣體通道，各第二氣體通道至少部分地延伸進入該等內側主要表面的其中一者；

複數第一氣體導管，各第一氣體導管包含該等第一氣體通道的其中一者且在該疊層之內使該等第二通孔的其中一者與該等第三通孔的其中一者流體連接；及

複數第二氣體導管，各第二氣體導管包含該等第二氣體通道的其中一者且在該疊層之內與該等第四通孔的其中一者流體連接，其中：

各第一表面安裝閥介面配置成經由該第一表面安裝閥介面的該等第一安裝孔與相對應的第一氣體流動元件接合，且

各第二表面安裝閥介面配置成經由該第二表面安裝閥介面的該等第二安裝孔與相對應的第二氣體流動元件接合。

【第2項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該等徑向輪輻通道圍繞該混合腔室排列成圓形陣列。

【第3項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中內側的該等層級之其中至少一者包含選自由下列者所組成之群組之一或更多項：用於加熱氣體之一或更多加熱器、氣體流量分流器、形成氣體限制器的過濾器、及非線性氣體通道。

【第4項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該基板包含相對於一層級的平面形成斜角的至少一氣體通道或通孔。

【第5項】 如申請專利範圍第2項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中有八個徑向輪輻通道。

【第6項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該混合腔室延伸進入該等層級的多於一者。

【第7項】 如申請專利範圍第2項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該等徑向輪輻通道圍繞該混合腔室等距離地隔開。

【第8項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該等層級係透過選自由下列者所組成之群組的處理來結合：燒製、燒結、黏著、焊接、軟焊、冷噴塗和熱處理、超聲波焊接、硬焊、及擴散結合。

【第9項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中各層級係由選自由下列者所組成之群組的材料所製成：陶瓷、玻璃、金屬、及聚合物。

【第10項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中具有複數外側主要表面的該等層級包含複數氣體入口及一或更多氣體出口。

【第11項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該疊層包含選自由下列者所組成之群組的一或更多項：a)複數空氣導管，該等空氣導管延伸穿過該等層級的其中一或更多者且配置成在氣動歧管與隔膜閥之間乘載空氣，及b)複數電線導管，該等電線導管延伸穿過一或更多層級且配置以將進入或離開氣體供應元件的電線設定路線。

【第12項】 如申請專利範圍第1項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，更包含安裝在該等外側主要表面之至少一者上的複數氣體流動元件，其中：

該複數氣體流動元件包含該複數第一氣體流動元件和該複數第二氣體流動元件，且

該等氣體流動元件選自由下列者所組成之群組：一開/關氣體閥、一質流控制器(MFC)、真空耦合輻射(VCR)配件、手動氣體閥、氣體壓力調節器、氣體過濾器、沖洗氣體元件、氣體流量限制器、及壓力轉換器。

【第13項】 如申請專利範圍第12項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該複數氣體流動元件安裝在該基板的相反的外側主要表面上。

【第14項】 如申請專利範圍第12項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中：

該等第一氣體流動元件係開/關氣體閥，

該等第二氣體流動元件係MFC，及

各開/關氣體閥通過該等第一氣體導管的其中一相對應者流體連接至該等MFC的其中一相對應者。

【第15項】 如申請專利範圍第14項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中：

(a)該等氣體導管的若干者彼此交叉，且所安裝的該等氣體流動元件的至少若干者以非線性排列的方式設置在一或兩個外側主要表面上；或

(b)該等氣體導管的若干者彼此交叉，且所安裝的該等氣體流動元件的至少若干者以圓形排列的方式設置在一或兩個外側主要表面上。

【第16項】如申請專利範圍第14項之用於半導體處理設備的氣體輸送系統，其中該疊層上的氣體入口至該疊層中的該混合腔室之間的氣體流動路徑有相等的長度。