

200824780

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：96136605

※申請日期：2007年9月29日

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

B01D47/00 (2006.01)

沉積碳摻雜矽時的廢氣處理方法和設備

TREATMENT OF EFFLUENT IN THE DEPOSITION OF
CARBON-DOPED SILICON

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄭錦安

KWONG, RAYMOND K.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道3050號

3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/USA

三、發明人：(共2人)

姓名：(中文/英文)

1. 菲爾尼亞莫提薩/FARNIA, MORTEZA

2. 莫蘭梅拉恩/MOALEM, MEHRAN

國籍：(中文/英文)

1. 美國/USA

2.美國/USA

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006年9月29日；11/537,418

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

2.美國/USA

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006年9月29日；11/537,418

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例涉及對於沉積碳摻雜矽時所產生之廢氣的處理。

【先前技術】

在基材處理室中之電子電路及顯示器的製造中，碳摻雜矽層係沉積於基材上，而此碳摻雜矽層係為具有小於 3 之介電常數 (k) 的低 k 介電層。碳摻雜矽層通常為非晶 (amorphous) 且多孔的含氧碳化矽 (silicon-oxy-carbide) 材料，其亦可包括有機分子。低 k 介電沉積製程所使用之前驅物氣體包括含矽氣體及烴類氣體。烴類前驅物例如包括：多環烴、多環不飽和烴、烯烴、炔烴、脂芳烴及亞芳烴。這些烴類以及其副產物係在處理室中的排氣組件上沉積為含油脂的液體及固體。當前驅物氣體含有高沸點的前驅物時，該些沉積物特別會成為問題所在，而該些高沸點前驅物例如為：萜烯 (terpene)、茶樹精油 (terpenene)、冰片烯 (norbornene)、寡聚烴 (oligomeric hydrocarbon)，以及特別是不飽和多環烴及其氟化對應物 (counterpart) (沸點高於 100°C)。排氣裝置之沉積物對低 k 製程會造成不利影響、破壞排氣裝置之組件，並亦會造成嚴重安全問題。因此，係期望能夠預防此種沉積物在排氣系統中成長。

已發展有數種處理基材處理室之廢氣的方法。舉例來說，可藉由加熱腔室外的廢氣以燒除不期望存在的氣體，

藉以對廢氣進行處理。舉例來說，排氣管線可加熱至高達 150°C，或甚至達 800~1100°C。亦可將氧氣加入廢氣中，以與不期望存在的氣體反應並移除之。然而，此加熱處理僅部分地緩和了沉積問題，且甚至會使未反應之前驅物氣體的成分與製程副產物結合成為其他不期望存在的危險氣體。另外，在不對腔室做大幅改造以維持操作者安全之前提下，很難使排氣系統或管線加熱至高溫。再者，這些高溫通常對於清除沉積物係為無效的，且會留下大量的沉積物在排氣管線的壁面上。

基材處理廢氣亦可以於電漿中進行處理，以減少廢氣中的危險含量。舉例來說，Bhatnager 等人之美國專利公告第 6,673,323 號，專利名稱為「廢氣中危險氣體之處理；Treatment of Harzardous Gases in Effluent」，係在此處將其整體併入以做為參考，其揭露了用於處理廢氣的氣體處理設備，該設備係使用電漿反應器並在反應器中將惰性氣體及氧氣加入廢氣中。然而，此種電漿廢氣處理步驟係設計以處理含有全氟化碳（perfluorocarbon）氣體或其他鹵素氣體的廢氣，而非含有多環烴或多聚及寡聚副產物之廢氣。用於氟碳化物氣體之電漿廢氣處理步驟在用於不飽和烴及液體時係為無效的，該步驟可能會造成排氣管線的進一步聚合作用及堵塞，並且在操作工具及減量單元時會造成極大的安全威脅。

因此係期望一種廢氣處理設備，其能夠處理含烴類氣體之廢氣，特別是高沸點的烴類液體及固體。其係期望在

將廢氣排放至環境之前，能夠減少廢氣中的危險及有毒材料的含量。

【發明內容】

本發明揭露一種沉積碳摻雜矽以及處理來自碳摻雜矽沉積製程之包括未反應的前驅物氣體及副產物之一廢氣的方法，該方法包括：(a) 藉由將一製程區域中的一基材暴露在由一前驅物氣體所產生的一電漿以沉積碳摻雜矽，該前驅物氣體包括一烴類氣體以及一含矽氣體；(b) 自該製程區域排出一廢氣，該廢氣包括來自碳摻雜矽沉積製程之未反應的前驅物氣體及副產物；(c) 將該廢氣通過一廢氣處理區域；(d) 將一添加氣體導入該廢氣處理區域，該添加氣體包括一含氧氣體；以及(e) 在該廢氣處理區域中由該廢氣及該添加氣體產生一電漿以處理該廢氣，藉以減少未反應的前驅物氣體及副產物的含量。

本發明揭露一種基材處理設備，該設備能夠沉積碳摻雜矽以及處理來自碳摻雜矽沉積製程之包括未反應的前驅物氣體及副產物之一廢氣，該設備包括：(a) 一製程室，包括一外殼，該外殼係包圍一基材支撐件、一用於將一前驅物氣體導入該外殼內的氣體分配器、一用於形成該前驅物氣體之一電漿的電漿產生器，以及一自該外殼而移除包括未反應的前驅物氣體及副產物之該廢氣的一排氣孔；(b) 一廢氣處理反應器，包括：(i) 一室，具有一入口以接收來自該製程室之該排氣孔的該廢氣；(ii) 一添加氣體口，

一添加氣體係通過該添加氣體口而提供至該室中；以及 (iii) 一氣體激發器，係激發在該室中的該廢氣及該添加氣體；(c) 一紅外線感應器，係能夠在偵測到該廢氣中之一煙類氣體的一紅外線光譜特徵 (infrared signature) 時產生一訊號，該紅外線感應器位於該製程室之該排氣孔與該廢氣處理反應器之該氣體入口之間的一氣體管線中的一窗 (window) 外側；以及 (d) 一控制器，係用以操作該製程室及該廢氣處理反應器，該控制器包括一廢氣處理控制程式碼，以接收來自該紅外線感應器的該訊號，並且當該訊號指示該廢氣中存在有煙時，啟動該廢氣處理反應器的該氣體激發器。

【實施方式】

廢氣處理設備可用於減少在基材處理室中之電子電路及顯示器的製造中所形成的廢氣，特別是當該廢氣含有煙類氣體、液體與固體，以及含鹵素寡聚物時。舉例來說，產生此種廢氣之基材製造過程係在基材上沉積碳摻雜矽材料。示範性之製程室 110 能夠沉積碳摻雜矽 (例如 BLACK DIAMOND™ 材料)，而該製程室 110 為 CVD 電漿室，例如可購自加州聖克拉拉之應用材料公司 (Applied Materials) 的 DLK 腔室。如「第 1 圖」所示，製程室 110 包括包圍住製程區域 115 之外殼 116，其能夠將前驅物氣體維持在低壓下。一般來說，任何或全部之製程室外殼 116 及製程室 110 中的組件可以由例如鋁或陽極處理鋁 (anodized aluminum) 之材料製成。此處所示之製程室 110

的特定實施例係適於處理基材 100，例如半導體晶圓。此種 CVD 處理室之實例係描述於 Wang 等人之美國專利公告第 5,000,116 號中，專利名稱為「Thermal CVD/PECVD Reactor and Use for Thermal Chemical Vapor Deposition of Silicon Dioxide and In-situ Multi-step Planarized Process；熱 CVD/PECVD 反應器，及其在二氧化矽之熱化學氣相沉積及原位多步驟平坦化過程之應用」，其受讓給本發明之受讓人（應用材料公司），並在此將其整體併入以做為參考。另一個 CVD 處理室之實例係描述於 Mandal 的美國專利公告第 6,541,367 號，專利名稱為「Very Low Dielectric Constant Plasma-Enhanced CVD Films；具有非常低之介電常數的電漿輔助 CVD 薄膜」，其亦受讓給本發明之受讓人（應用材料公司），並在此將其整體併入以做為參考。然而，應注意將該廢氣處理過程應用在其他製程室對於熟悉此技藝之人士係為明顯的。

參照「第 1 圖」，外殼 116 包圍住氣體分配器 111，且氣體分配器 111 係用於分配前驅物氣體而使其穿過穿孔 123 以進入製程區域 115。沉積氣體及載氣在到達分配器 111 之前，係先透過氣體管線 118 而輸入至混合系統 119 中，並在混合系統 119 處混合且接著輸送至歧管 111。亦可設置有液體注入系統（圖中未示）（例如一般用於 TEOS 的液體注入）以注入液體反應物。較佳的液體注入系統包括 AMAT 氣體精確液體注入系統（AMAT Gas Precision Liquid Injection System；GPLIS）以及 AMAT 延伸精確液體注入系統（AMAT Extended Precision Liquid Injection

System; EPLIS), 兩者皆購自應用材料公司。一般來說, 各個前驅物氣體之前驅物氣體供應管線 118 包括: (i) 安全關閉閥(圖中未示), 其可用於自動或手動關閉流入製程室 110 之前驅物氣體; 以及 (ii) 質流控制器(圖中亦未示), 其量測通過氣體供應管線 118 的氣體流速。當於製程中使用毒性氣體時, 數個安全關閉閥係以習知配置方式而設置於各個氣體供應管線 118 上。

「第 2 圖」係示出一選用的遠端微波系統 150, 其具有一施加器管 120, 並位於氧化氣體的輸入氣體管線 121 上, 以提供額外能量而僅使氧化氣體在進入製程室 110 之前解離。微波施加器 120 係提供約 0~約 6000 瓦(W) 的功率, 或甚至介於約 0~約 3000 瓦。利用微波功率之分離耦合以活化氣體可避免矽化合物在與氧化氣體反應之前產生過度的解離。另外, 當施加微波功率至氧化氣體時, 亦可使用針對矽化合物及氧化氣體具有分離通道的氣體分配板(圖中未示)。

微波系統 150 包括施加器管 120、電漿點燃系統、微波波導系統, 以及磁控管 168。其中電漿點燃系統包括紫外(UV)燈 154 及紫外電源供應器 155; 微波波導系統包括各種長度之平直及彎曲的波導區段 156、波導耦合件 158 (該些物件可在接合部 157 處連接在一起) 以及輸出波導區段 160。波導區段 156 可更包括形成於其中之臂支撐件 162, 以附接至裝設在臂基座 166 上的樞軸臂 164。樞軸臂 164 包括臂部件 165, 其係耦合至臂接合部 163, 臂接合部 163 提供臂部件 165 之垂直分隔, 並允許樞軸臂 164 沿著

臂接合部 163 而旋轉移動。臂接合部 163 係為垂直設置之圓柱體，在臂接合部 163 之底部耦合至一臂部件 165，並在臂接合部 163 之頂部耦合至第二臂部件 165。於製程室 110 之操作及維護期間，臂部件 165 及臂接合部 163 允許臂部件 165 之垂直分隔，並提供定位樞軸臂 164 及微波系統 150 之彈性。

磁控管 168 係為一般之磁控管源，其能夠針對連續波 (CW) 或頻率為 2.45GHz 之微波的脈衝輸出而在約 0~約 3000 瓦下操作。當然，亦可使用其他的磁控管源。循環器 (圖中未示) 僅允許磁控管 168 朝向施加器管 120 之前向微波傳送。調節系統 170 係使用短線調節器 (stub tuner) 或其他調節元件，其允許將波導區段 160 之負載匹配至波導之特有阻抗。調節系統 170 可提供固定調節、手動調節或自動調節。在特定實施例中，波導區段具有矩形剖面，但亦可使用其他形式之波導。

施加器管 120 係為一圓形 (或其他剖面形狀) 管，其由複合物或陶瓷材料製成，較佳為氧化鋁或其他抗自由基蝕刻的材料。在一特定實施例中，施加器管 120 之長度為 18~24 英吋，剖面直徑為約 3~4 英吋。施加器管 120 係穿設波導區段 160，而波導區段 160 在一端係為開啟以傳送微波，並在另一端以金屬壁終止。微波係傳送通過波導區段 160 之開啟端而到達施加器管 120 (微波可穿透) 內的氣體。當然，例如藍寶石之其他材料亦可用作為施加器管 120 的內部。在其他實施例中，施加器管 120 具有金屬外部，以及由複合物或陶瓷材料製成的內部，其中波導區

段 160 中的微波經過施加器管 120 之外部而進入窗並到達施加器管 120 的暴露內部以激發氣體。

在製程室 110 中進行之處理包括加熱前驅物氣體及基材 100，例如藉由電阻加熱線圈（圖中未示）或外部燈（圖中未示）。往回參照「第 1 圖」，基材支撐件 112 係裝設在台座 113 上，因此容設於基材支撐件 112 之上表面的容置部中之基材 100 可以可控地在較低裝載位置/卸載位置以及較高處理位置之間移動，而處理位置係緊鄰於氣體分配器 111。基材支撐件 112 係藉由升舉馬達 114 而升高或降低。升舉馬達 114 係使基材支撐件 112 於處理位置及一較低之基材裝載位置之間升高及降低。馬達 114、氣體混合系統 119 以及 RF 功率供應器 125 係利用一控制線路 136 而由系統控制器 134 控制之。製程室 110 包括類比式組件，例如質流控制器（MFCs）以及標準或脈衝 RF 產生器，該些組件係受控於系統控制器 134，而控制器 134 係執行儲存於記憶體 210 中的系統控制軟體，其中記憶體 210 之較佳實施例係為硬碟機。馬達及光學感應器係用於移動並判定可移動機械組件（例如真空幫浦 132 之節流閥 133，以及用於定位基材支撐件 112 之馬達 114）之位置。當基材支撐件 112 及基材 100 位於處理位置時，其係由絕緣體 117 包圍，而前驅物氣體則排放進入歧管 124。

於製程室 110 中進行的沉積製程可以為在冷卻基材支撐件 112 上之非電漿製程或是電漿輔助製程。在電漿製程中，受控電漿一般係形成而鄰近基材 100，且電漿之形成係藉由將來自 RF 功率供應器 125 之 RF 能量施加至電漿產

生器（圖中未示）所致，且同時基材支撐件 112 為接地。可選擇地，RF 功率可提供至基材支撐件 112 或是 RF 功率可在不同頻率下提供至不同組件。RF 功率供應器 125 可供應單一或混合頻率之 RF 功率，以增進導入高真空區域之反應性物種的解離。混合頻率 RF 功率供應器 125 通常供應約 13.56 MHz 之高 RF 頻率（RF1）的功率至分配歧管 111，以及約 360 KHz 之低 RF 頻率（RF2）至基材支撐件 112。本發明之氧化矽層最佳係利用低層級或脈衝層級之高頻 RF 功率產生。脈衝 RF 功率較佳係於約 10% ~ 約 30% 之工作週期（duty cycle）中在約 20 ~ 約 200 瓦之下提供 13.56 MHz 的 RF 功率。非脈衝 RF 功率較佳係在約 10 ~ 約 150 瓦下提供 13.56 MHz 之 RF 功率，其將詳細描述如下。低功率沉積較佳在約 -20 ~ 約 40°C 之溫度範圍內進行。在較佳溫度範圍之下，於沉積過程中，沉積膜係部分聚合，而聚合反應則在接續之薄膜硬化過程中完成。

製程室 110 亦包括排氣孔 135，以移除包括未反應之處理氣體或副產物之廢氣。真空幫浦 132 具有節流閥 133 並用以控制來自製程室 110 之氣體排放速率。

系統控制器 134 係控制 CVD 室中的所有活動，且控制器 134 的較佳實施例包括硬碟機、軟碟機及卡架（card rack）。卡架包含單板電腦（SBC）、類比及數位輸入/輸出板、介面板及步進式馬達控制器板。系統控制器 134 符合 VME（Versa Modular Europeans）標準，該標準係定義配線盤、卡片機架（card cage）以及連接器之尺寸與形式。VME 標準亦定義匯流排結構，其具有 16 位元資料匯流排

及 24 位元位址匯流排。

為了促進上述之針對製程室 110 的控制，包含在 CPU 220 中的控制器 134 可以為用於控制各種腔室及次處理器的工業設定之通用電腦處理器其中任一形式。記憶體 210 係耦接至 CPU 220，且可由系統匯流排 230 存取之。記憶體 210 或大容量儲存裝置 215 可以為一或多個可容易取得之記憶體，例如隨機存取記憶體 (RAM)、唯讀記憶體 (ROM)、軟碟機、硬碟或其他形式之原位或遠端的數位儲存裝置。支援電路 (圖中未示) 係耦接至 CPU 220，並利用習知方式以支援 CPU 220。沉積製程通常儲存在記憶體 210 中，且通常為軟體常式 (software routine) 之形式。亦可利用第二 CPU (圖中未示) 來儲存及 / 或執行軟體常式，而第二 CPU 係位於由 CPU 220 所控制之硬體的遠端處。

CPU 220 執行包含於記憶體 210 中的指令，以促進處理系統 10 之效能。記憶體 210 中的指令係為程式碼的形式，例如程式 200，用以執行本發明之方法。程式碼係符合數種不同程式語言的任一者。舉例來說，程式碼可以利用 C、C++、BASIC、Pascal 或數種其他語言來撰寫。

大容量儲存裝置 215 係儲存資料及指令，並且自處理器可讀取儲存媒體 (例如：磁碟或磁帶) 中擷取資料及程式碼。舉例來說，大容量儲存裝置 215 可以為硬碟機、軟碟機、磁帶機或光碟機。大容量儲存裝置 215 係儲存並擷取相應於自 CPU 220 接收之指示的指令。由大容量儲存裝置 215 所儲存及擷取的資料及程式碼指令係由 CPU 220 利用以操作處理系統。資料及程式碼指令首先由大容量儲存

裝置 215 自媒體擷取，並接著傳送至記憶體 210，以藉由 CPU 220 使用之。

輸入控制單元 245 係將一資料輸入裝置（例如鍵盤、滑鼠或光筆）透過系統匯流排 230 而耦接至 CPU 220，以提供腔室操作者輸入資訊的接收。顯示器單元 255 在 CPU 220 的控制下，將資訊以圖解顯示及字母與數字之形式提供給腔室操作者。

控制系統匯流排 230 提供耦接至控制系統匯流排 230 之所有元件之間的資料及控制信號的傳送。雖然控制系統匯流排 230 係顯示為單一匯流排而直接連接 CPU 220 中的元件，但控制系統匯流排 230 亦可以為匯流排之集成。舉例來說，顯示器單元 255、輸入控制單元 245（具有輸入元件）以及大容量儲存裝置 215 可耦接至輸入-輸出週邊匯流排（input-output peripheral bus），而 CPU 220 及記憶體 210 係耦接至區域處理器匯流排（local processor bus）。輸入-輸出週邊匯流排與區域處理器匯流排可耦接在一起以形成控制系統匯流排 230。

系統控制器 134 係透過系統匯流排 230 及 I/O 電路 240 而耦合至處理系統 220（根據本發明而使用在介電沉積製程中）之元件。I/O 電路 240 透過 CPU 220 及系統匯流排 230 而接收來自儲存於記憶體 210 中之程式 200 的指令。程式 200 提供程式次常式（subroutine），因而使得 I/O 電路 240 可提供給製程室 110 之基材定位控制 250、前驅物氣體控制 260、壓力控制 270、加熱器控制 280 及電漿/微波控制 290，以及廢氣處理控制 292（其控制如下述之廢氣

處理設備)。

當執行「第 3 圖」中之本發明的方法實施例之程式(例如程式 200)時，CPU 220 使得通用電腦變成專用電腦。雖然此處所述之發明係實施於軟體，並於通用電腦上執行之，但熟習該技術領域之人士應了解本發明亦可利用硬體來實施之，例如專用積體電路(application specific integrated circuit; ASIC)或其他硬體電路。藉此，應了解本發明可全部或部分實施於軟體、硬體或兩者。

上述之製程室 110 僅用於說明本發明，而不應限制本發明之範疇。應了解亦可使用其他適合之製程室。上述之 CVD 製程室的描述主要用於說明，但亦可利用其他的電漿 CVD 設備，例如：電極迴旋共振(ECR)電漿 CVD 設備、感應耦合射頻高密度電漿 CVD 設備等。另外，針對上述系統之變化亦為可能，例如：基材支撐件的設計、加熱器設計，以及 RF 功率連接件的位置等之變化。舉例來說，可以藉由電阻式加熱基材支撐件來支撐或加熱基材。用於形成本發明之預處理層之預處理及方法並不限定於特定設備或是電漿激發方法。於維持在本發明範疇之同時，亦可使用其他設備。

在基材 100 上沉積碳摻雜矽層係例如描述於 Law 等人之美國專利公告第 6,610,354 號中，專利名稱為「Plasma Display Panel with a Low k Dielectric Layer；具有低 k 介電層之電漿顯示器面板」，在此將其整體併入以做為參考。在基材上沉積碳摻雜矽層係首先藉由將基材 100 通過真空

連鎖裝置 (vacuum interlock; 圖中未示) 而裝載入製程室 110 中, 並將基材 100 放置在製程室 110 之基材支撐件 112 上。一旦基材 100 適當地定位, 則控制基材 100 與製程室 110 之溫度, 以使處理溫度維持在例如約 0~約 250°C。

接著, 將前驅物氣體導入製程室 110 中, 並且 RF 功率組件 (圖中未示) 係施加至前驅物氣體以形成電漿。前驅物氣體由氣體分配器 111 而導入製程室 110 中。前驅物氣體包括烴類氣體及含矽氣體, 而前驅物氣體亦包括含氧氣體。烴類氣體及含矽氣體可以為相同或不同之氣體, 例如包括: 三甲基矽烷 (TMS)、甲基矽烷 (MS)、對甲基丙苯 (cumene)、環己二烯或該些氣體之混合物。在部分實施例中, 前驅物氣體包括惰性氣體, 例如氦氣 (He) 或氬氣 (Ar) 之氣體源。例如為對甲基丙苯、環己二烯、TMS、MS 或 TMS 與 MS 的混合物之烴類氣體及含矽氣體係以約 30~150 sccm 之流速導入製程室 110 中。含氧氣體 (例如 O₂、O₃、N₂O 或其部分混合物) 係以 300~1500 sccm 之流速導入。熟悉該技術領域之人士應了解, 該些氣體可以連續地或同時地流動, 且流速係視使用之製程室尺寸以及基材 (薄膜沉積於其上) 的表面面積而定。另外, 可導入氦氣 (He) 以作為載氣, 且若使用氦氣為載氣時, 氦氣導入製程室 110 的速率為 1500~8000 sccm。一般來說, 氣體流速係經設定以使氧氣氣源的流速總和除以 TMS 和 MS 的流速總和之比率為約 2~50, 且通常為約 5~40。若使用氦氣為載氣時, 氦氣的流速除以 TMS 和 MS 的流速總和之比

率為約 10~260，且通常為約 30~75。

製程室 110 係維持在約 1~15 托 (Torr) 之壓力下，且前驅物氣體透過使用 RF 功率源 125 而激發成電漿態，其中 RF 功率源 125 產生之電漿密度為約 0.10~0.25 W/cm²。製程之沉積速率係至少為約 350 nm/min，其係以氧氣氣源之流速除以 TMS 和 MS 之流速總和的流速比率為約 10 來定義之。前驅物氣體流之持續時間係由待沉積之層的期望厚度而定。在該層沉積之後，關閉 RF 功率源 125，並停止流入製程室 110 之氣流，則製程室 110 中的氣體係被抽吸出製程室 110 以形成廢氣。此製程之結果係產生穩定的碳摻雜矽層，其厚度為約 10~15 微米，介電常數小於約 3.5，且通常介於 2.6~3.4。應了解製程氣體可同時或連續地流動。並注意針對碳摻雜矽介電層則可省略覆蓋層。

於一實例中，製程室 110 係用於在基材 100 上沉積碳摻雜矽層，同時在裝載基材 100 之後，製程室 110 的溫度係維持在約 25°C 下。甲基矽烷流入製程室 110 之流速為約 117 sccm，N₂O 為約 1235 sccm，且氫氣為約 6800 sccm。製程室 110 中的壓力係控制在約 3 托，且約 275W 的 RF 功率係用於產生電漿，以形成碳摻雜矽沉積層。製程會進行約 25~45 分鐘，以形成厚度為約 10~15 微米的沉積層。

碳摻雜矽製程所產生的廢氣係於一廢氣處理反應器 300 中進行處理。廢氣例如包括未反應之前驅物氣體及來自碳摻雜矽沉積製程中的副產物。雖然以碳摻雜矽沉積來描述廢氣處理反應器 300，但應了解廢氣處理反應器 300

可用於其他基材製造過程及腔室。如「第 5 圖」所示之示範性的廢氣處理反應器 300 包括一室 302，室 302 具有一連接至製程室 110 之排氣孔 135 的入口 311，以使製程室 110 中產生的廢氣通過氣體管線 418 而至反應器 300。氣體管線 418 以一 O 型圈 357 而連接至反應器 300 之入口 311 及出口 312。真空凸緣 359 係位於前級管線 418 內，並位於入口 311 之前及出口 312 之後。

室 302 具有廢氣處理區 303，而廢氣處理區 303 係由氣體無法滲透之材料構成，例如陶瓷或金屬材料。在一實施態樣中，室 302 係為一圓筒 304，其包括陶瓷材料，例如石英（二氧化矽）或多晶氧化鋁（ Al_2O_3 ）。圓筒 304 具有足夠的強度以承受在壓力 10^{-5} 托下之真空操作。圓筒 304 之直徑為約 5 mm，或甚至至少為約 35 mm。有利地，圓筒 304 可線性定位為廢氣流經反應器 300 的流動方向，以減少可能發生在通過反應器 300 之廢氣路徑的阻礙處之廢氣回流。因此，圓筒 304 之縱長中心軸係經定位而平行於廢氣流動路徑之方向。反應器 300 之長度係足夠長，以允許廢氣停留在圓筒 304 中足夠的時間，使廢氣中實質所有的危險氣體成分減量。反應器 300 的精確長度係取決於多個因素之結合，包括：排氣管（圖中未示）的直徑、廢氣之組成及尖峰流速，以及施加至減量電漿的功率層級。針對總流速為約 1000 sccm 之包括芳香族烴寡聚物（例如茶樹精油；terpenene）的廢氣之充足停留時間為約 0.01 秒，或甚至為約 0.1 秒。提供此停留時間之適當反應器 300

長度係包括具有剖面直徑為 35 mm 以及長度為約 20 cm ~ 約 50 cm 的圓筒 304。

在一實施態樣中，旁通閥 318 係設置於（或接近）反應器 300 中，以控制流入（或旁通）反應器 300 之廢氣。節流閥 318 係為安全性特徵，且易可用於廢氣流之重新導向。

反應器 300 接收來自添加氣源 335 的添加氣體。添加氣源 335 係透過氣體管線 418 而連接至反應器 300。可選擇地，反應器 300 可包括添加氣源 335，其係藉由導管（圖中未示）而直接連接至反應器 300，可利用控制閥（圖中未示）而控制氣流。控制閥的操作係受控於控制器 134（於下將描述之）或是手動操作之。

添加氣源 335 係在廢氣被激發之前或之後提供添加氣體至廢氣中，以增進危險氣體排放物的減量。當添加氣體被激發之後，其會解離或形成激發態物種，該激發態物種會與激發態危險氣體物種反應，以產生無毒或可溶且可以藉由位於反應器 300 下游之濕式洗滌器（wet scrubber）輕易移除的氣體化合物。即使添加少量添加氣體至廢氣中亦可大幅增進減量的效率。

於一實例中，添加氣體包括含氧氣體，例如 O_2 和 O_3 。含氧氣體與排氣管（圖中未示）或反應器 300 中的廢氣結合。於反應器 300 中，廢氣及添加氣體係如上述而被激發。解離之危險氣體（例如茶樹精油 terpenene 及其寡聚物）係於電漿中氧化，並轉變成反應產物，例如 CO_2 、 CH_4 、

HF、 C_3H_6 及 H_2O ，而該些產物則可基於安全排放而被排出或可被處理。舉例來說， CO_2 可被安全地排出，HF 則可以於水中洗滌及溶解。添加氣體亦可包括含鹵素氣體，或是惰性或非反應性氣體。應注意例如具有各種電漿功率及流速的氧氣電漿、氫氣電漿及水電漿亦可用於有效分解激發態之危險氣體物種。

已發現藉由適當選擇廢氣中的反應性氣體與危險氣體的體積流速比率，則危險氣體減少效率係以無法預期的量而實質增進。舉例來說，已發現當使用包括含氧氣體之添加氣體時，添加氣體中之氧氣原子與廢氣中之碳原子的體積流速比率應至少為約 1.8 : 1。在一實例中，含氧氣體之體積流速的判定可藉由將含氧氣體之化學計量分子式與烴類氣體之化學計量分子式比較而得。藉由將烴類分子式中的碳原子與 $\frac{1}{2}$ 氫原子數量之總和除以含氧氣體分子式之氧原子數目，再將所得結果乘以 2 而可計算出一因子。此因子可用於判定含氧氣體之最小體積流速，其係藉由將烴類氣體之體積流速乘上該因子而得。

舉例來說，當添加氣體包括氧氣，則可將烴類氣體之體積流速乘上適當因子而判定氧氣的體積流速，以使廢氣中的氧原子與碳原子的比率達到至少約 1.8 : 1。舉例來說，針對單碳烴類（例如甲烷），氧氣的體積流速係至少為甲烷之體積流速的 2 倍。針對含有兩個碳原子之烴類（例如乙烷），氧氣與乙烷之體積流速比至少為約 2.5 : 1。在另一實例中，添加氣體中的反應性氣體包括臭氧（ O_3 ），由於

臭氧含有三個氧原子，因此在 CH_4 之實例中，臭氧與廢氣中碳原子的最小體積流速為 1.33 : 1。

當廢氣包括一種以上的烴類氣體時，可藉由將與烴類氣體之各成分相關聯的反應性氣體之最小流速加總後，判定反應性氣體的最小流速。舉例來說，在包括 100 sccm α -terpenene 與 50 sccm mDEOS 的廢氣中，含有氧氣之添加氣體係以最大值約 $14(100 \text{ sccm}) + (8.5)(50 \text{ sccm})$ 之流速導入，或是約 1825 sccm 或 912.5 sccm 的氧氣。在最佳條件下，係至少使用 730 sccm 的氧氣，因為約略半數的碳係部分氧化為 CO 而非 CO_2 。

廢氣處理設備 300 更包括一氣體激發器 322。在一實例中，氣體激發器 322 可將 RF 能源感應地或電容地耦合至廢氣，以在反應器 300 中產生帶電離子化物種。在「第 5 及 5A 圖」所示之實施例中，氣體激發系統 320 包括氣體激發器電源供應器 325 以及圍繞或鄰近反應器 300 之感應器天線 324。電源供應器 325 可包括 RF 能源耦合系統，該系統包括 RF 源及 RF 匹配網絡電路，以供應氣體激發 RF 電壓至天線 324，而在反應器 300 中形成激發氣體或電漿。在一選擇性配置中，例如「第 5A 圖」所示者，一對電極 326a,b 係設置於反應器 300 中（如圖所示）或反應器 300 外側（圖中未示），並透過介電屏障而作用在氣體上。在此實施例中的氣體激發系統 320 包括氣體激發器電源供應器 325，其係施加 RF 偏置電壓至一電極 326a，而另一電極 326b 則維持在不同電位下（例如接地），藉以電容地耦合

電極 326a,b。氣體激發器 322 亦可以為微波耦合系統，其係類似用於製程室 110 之該系統或是該系統之改型。

仔細地控制施加至廢氣及添加氣體的能源，藉此，RF 照射能將廢氣分子的原子之部分電子之能源升高至 1~10 eV，因而使電子游離，並破壞氣體分子的鍵結以形成解離的原子態氣體物種。在激發態電漿氣體中，當單獨帶電物種電子及帶電原子核在有效電場及磁場中加速以與其他氣體分子碰撞而造成廢氣的進一步解離及離子化時，氣體流中會發生累增崩潰效應 (avalanche breakdown)。激發態廢氣之離子化或解離的氣體物種會彼此反應，或是與其他非解離的氣體物種反應，以形成無毒氣體或是於傳統氣體洗滌器中為高度可溶的氣體。舉例來說，含煙廢氣可以與含氧氣體 (例如氧氣) 混合，並通過反應器。離開氣體激發反應器的氣體係經判定而相較於廢氣已減少了大於約 95% 的煙類氣體。較佳的，廢氣及添加氣體係在電漿功率層級至少約 1200 瓦而激發，或是甚至為約 100~約 3000 瓦。

基材處理設備 101 更包括一紅外線感應器 400，其能夠在感測到廢氣中煙類氣體之紅外線光譜特徵時產生一訊號。紅外線感應器係例如描述於 Nowak 等人之美國專利公告第 6,366,346 號中，其專利名稱為「廢氣組成之光學偵測方法及設備；Method and Apparatus for Optical Detection of Effluent Composition」，在此將其整體併入以做為參考。紅外線感應器 400 係位於製程室 110 之排氣孔 135 以及廢氣處理反應器 300 的氣體入口 311 之間的氣體

管線 418 中的窗外側。紅外線感應器 400 能夠在感測到廢氣中煙類氣體之紅外線光譜特徵時產生一訊號，此訊號接著傳送至控制器 134 以啟動氣體激發器 322。在一實例中，紅外線感應器 400 能夠偵測到相應於煙類寡聚物或 α -terpenene 或氟化對應物之紅外線光譜特徵。

紅外線感應器 400 會感測到由電漿發射出的光，並將其轉換為電壓訊號。由於不同氣體在電漿中激發時會發射出不同波長的光，故由電漿發射出的光可以指示出電漿中氣體的種類及濃度，所偵測到波長的振幅係提供在廢氣流中特定氣體的含量及濃度指示。感應器可以為任何數種的光學感測器，例如光電晶體或光二極體。雖然基於資料解釋之簡化之故而期望感應器之回應為線性，但此並非為必須的。感應器亦可包括數種對於熟悉該技術領域人士為明顯的透鏡或濾波器。舉例來說，適合的濾波器係為集中在所欲觀察之紅外線波長的帶通濾波器 (band-pass filter)。適當的紅外線感應器係為 Perkin-Elmer model TPS434 NDIR gas analysis IR sensor 結合正確的帶通紅外線濾波器，例如針對 3~8.5 微米波長的 Barr Associates 帶通濾波器。

控制器 134 係用於操作製程室 110 及基材處理設備 101 的廢氣處理反應器 300，如「第 3 圖」所示。控制器 134 包括含有積體電路之電子硬體，其係適於操作製程室 110 及廢氣處理反應器 300。控制器 134 係適於接受資料輸入、執行演算法、產生資料輸出訊號、收集來自感應器及

其他腔室組件的資料訊號，以及監控基材製程室 101 中的製程狀況（「第 4 圖」）。控制器 134 包括廢氣處理控制 292 指令組，其具有程式碼以接收來自紅外線感應器 400 的訊號，並當訊號指示出廢氣中存在有煙時，則啟動廢氣處理反應器 300 的氣體激發器 322。廢氣處理控制 292 亦具有安全碼，以在不安全情況發生或量測到不安全情況時，關閉廢氣處理反應器。用於啟動氣體激發器 322 的程式碼係控制例如施加功率至電極或氣體激發器之線圈的功率供應器。

洗滌器 509 係含有可供應至基材處理設備 101 的洗滌流體（例如水）。洗滌器 509 中的洗滌流體可以將離開製程幫浦 504 並通過排氣管路 506 的減量廢氣中之反應產物轉變為可排出的產物。

廢氣處理反應器 300 以及氣體處理步驟係成功地以可控及一致的方式而減少廢氣中危險氣體含量的至少約 90%。廢氣處理反應器 300 可以為一獨立且整合式的單元，且可以與各種製程室 110 相容。廢氣處理反應器 300 可以用於減少多種的危險氣體，包括實質所有類型的煙類。廢氣處理反應器 300 不對製程室 110 操作產生影響，並可用於排出危險氣體的任何製程室。電漿減量設備係易於操作，且用於處理來自單一製程室 110 的廢氣係佔據約 3 立方英吋，而用於處理來自多個製程室 110 的廢氣係佔據約 40 立方英吋。

雖然本發明係根據特定實施例而詳細描述，但其他變

化例亦為可能。舉例來說，添加氣源 335 及氣體激發器 322 係可以彼此互換。另外，本發明之反應器 300 可於其他腔室中或針對其他製程使用，例如物理氣相沉積及蝕刻製程。因此，所附申請專利範圍不限於此處所述之較佳實施例的說明。

惟本發明雖以較佳實施例說明如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技術人員，在不脫離本發明的精神和範圍內所作的更動與潤飾，仍應屬本發明的技術範疇。

【圖式簡單說明】

本發明之特徵、實施態樣及優點在參照下方說明、申請專利範圍及圖式而變得更易了解，其中所附圖式係繪示本發明之示範性特徵。然而，應了解各個特徵係普遍地利用於本發明，而並非僅限於特定圖式的內容，本發明包括該些特徵的組合，其中：

第 1 圖，繪示用於沉積碳摻雜矽之製程室的概要性部分剖面側視圖；

第 2 圖，繪示在前驅物氣體進入第 1 圖之腔室之前用於使前驅物氣體解離的遠端微波室之概要圖式；

第 3 圖，繪示與第 1 圖之製程室結合使用的製程控制電腦程式產物的流程圖；

第 4 圖，繪示包括第 1 圖的製程室及廢氣處理反應器的基材處理設備之簡要圖式；

第 5 圖，繪示具有電極之廢氣處理反應器的概要性實

施例；以及

第 5A 圖，繪示具有感應器天線的廢氣處理反應器的另一實施例。

【主要元件符號說明】

100	基材	101	基材處理設備
110	製程室	111	分配器/歧管
112	支撐件	113	台座
114	馬達	115	製程區域
116	外殼	117	絕緣體
118	管線	119	混合系統
120	施加器(管)	121	氣體管線
123	穿孔	124	歧管
125	供應器/RF 功率源	132	真空幫浦
133	節流閥	134	控制器
135	排氣孔	136	控制線路
150	微波系統	154	紫外(UV)燈
155	電源供應器	156,160	波導區段
157	接合部	158	耦合件
162	臂支撐件	163	臂接合部
164	樞軸臂	165	臂部件
166	臂基座	168	磁控管
170	調節系統	200	程式
210	記憶體	215	儲存裝置

220	中央處理單元 / CPU	230	匯流排
240	I/O 電路	245	輸入控制單元
250	基材定位控制	255	顯示器單元
260	前驅物氣體控制	270	壓力控制
280	加熱器控制	290	電漿 / 微波控制
292	廢氣處理控制	300	反應器 / 設備
302	室	303	廢氣處理區
304	圓筒	311	入口
312	出口	318	旁通閥 / 節流閥
320	氣體激發系統	322	氣體激發器
324	天線	325	電源供應器
326 a, b	電極	335	氣源
357	O 型圈	359	凸緣
400	紅外線感應器	418	氣體管線 / 前級管線
504	幫浦	506	管路
509	洗滌器		

五、中文發明摘要：

一 基材處理設備係將製程室之製程區域中的一基材暴露於包括煙類氣體之前驅物氣體的電漿，以在基材上沉積碳摻雜矽。包括來自於碳摻雜矽沉積製程之未反應前驅物氣體與副產物係由製程區域排出，並進入廢氣處理反應器之廢氣處理區域。包括含氧氣體之添加氣體係加入廢氣處理區域中，且由廢氣及添加氣體所形成之電漿係用以處理廢氣，以減少廢氣中之未反應前驅物氣體及副產物的含量。

六、英文發明摘要：

A substrate processing apparatus exposes a substrate in a process zone of a process chamber to a plasma of a precursor gas comprising a hydrocarbon gas to deposit carbon-doped silicon on the substrate. An effluent comprising unreacted precursor gas and byproducts from the carbon-doped silicon deposition process is exhausted from the process zone and passed into an effluent treatment zone of an effluent treatment reactor. An additive gas comprising an oxygen-containing gas is added to the effluent treatment zone and a plasma is formed of the effluent and additive gas to treat the effluent to reduce the content of unreacted precursor gas and byproduct in the effluent.

十、申請專利範圍：

1. 一種沉積碳摻雜矽以及處理來自碳摻雜矽沉積製程之包括未反應的前驅物氣體及副產物之一廢氣的方法，該方法包括：

(a) 藉由將一製程區域中的一基材暴露在由一前驅物氣體所產生的一電漿以沉積碳摻雜矽，該前驅物氣體包括一烴類氣體以及一含矽氣體；

(b) 自該製程區域排出一廢氣，該廢氣包括來自碳摻雜矽沉積製程之未反應的前驅物氣體及副產物；

(c) 將該廢氣通過一廢氣處理區域；

(d) 將一添加氣體導入該廢氣處理區域，該添加氣體包括一含氧氣體；以及

(e) 在該廢氣處理區域中由該廢氣及該添加氣體產生一電漿以處理該廢氣，藉以減少未反應的前驅物氣體及副產物的含量。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在上述之步驟

(a) 中，該前驅物氣體包括下列至少其中之一者：

(i) 對甲基丙苯 (cumene)；以及

(ii) 環己二烯 (cyclohexadiene)。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該廢氣包括 α -茶樹精油 (α -terpenene)，且該添加氣體包括一含氧氣體，

因此該添加氣體中的氧原子與該廢氣中的碳原子的比率至少為約 1.33 : 1。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該添加氣體更包括下列至少其中一者：

(i) 一含氧氣體，包括氧氣；

(ii) 一含鹵素氣體；

(iii) 一惰性氣體；以及

(iv) 一非反應性氣體。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該添加氣體更包括一惰性氣體，且其中該惰性氣體與該含氧氣體的體積流速比率為 2。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在上述之步驟 (e) 中，電漿功率層級為約 1200 瓦 (watts)。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在上述之步驟 (e) 中，電漿功率層級為約 100~約 3000 瓦。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其包括當在該廢氣中偵測到包含一烴類氣體的該前驅物氣體時，執行步驟 (d) 及 (e)。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其包括利用該煙類氣體的一紅外線光譜特徵 (infrared signature) 來偵測該煙類氣體的存在。

10. 一種基材處理設備，該設備能夠沉積碳摻雜矽以及處理來自碳摻雜矽沉積製程之包括未反應的前驅物氣體及副產物之一廢氣，該設備包括：

(a) 一製程室，包括一外殼，該外殼係包圍一基材支撐件、一用於將一前驅物氣體導入該外殼內的氣體分配器、一用於形成該前驅物氣體之一電漿的電漿產生器，以及一自該外殼而移除包括未反應的前驅物氣體及副產物之該廢氣的一排氣孔；

(b) 一廢氣處理反應器，包括：

(i) 一室，具有一入口以接收來自該製程室之該排氣孔的該廢氣；

(ii) 一添加氣體口，一添加氣體係通過該添加氣體口而提供至該室中；以及

(iii) 一氣體激發器，係激發在該室中的該廢氣及該添加氣體；

(c) 一紅外線感應器，係能夠在偵測到該廢氣中之一煙類氣體的一紅外線光譜特徵 (infrared signature) 時產生一訊號，該紅外線感應器位於該製程室之該排氣孔與該

廢氣處理反應器之該氣體入口之間的一氣體管線中的一窗 (window) 外側；以及

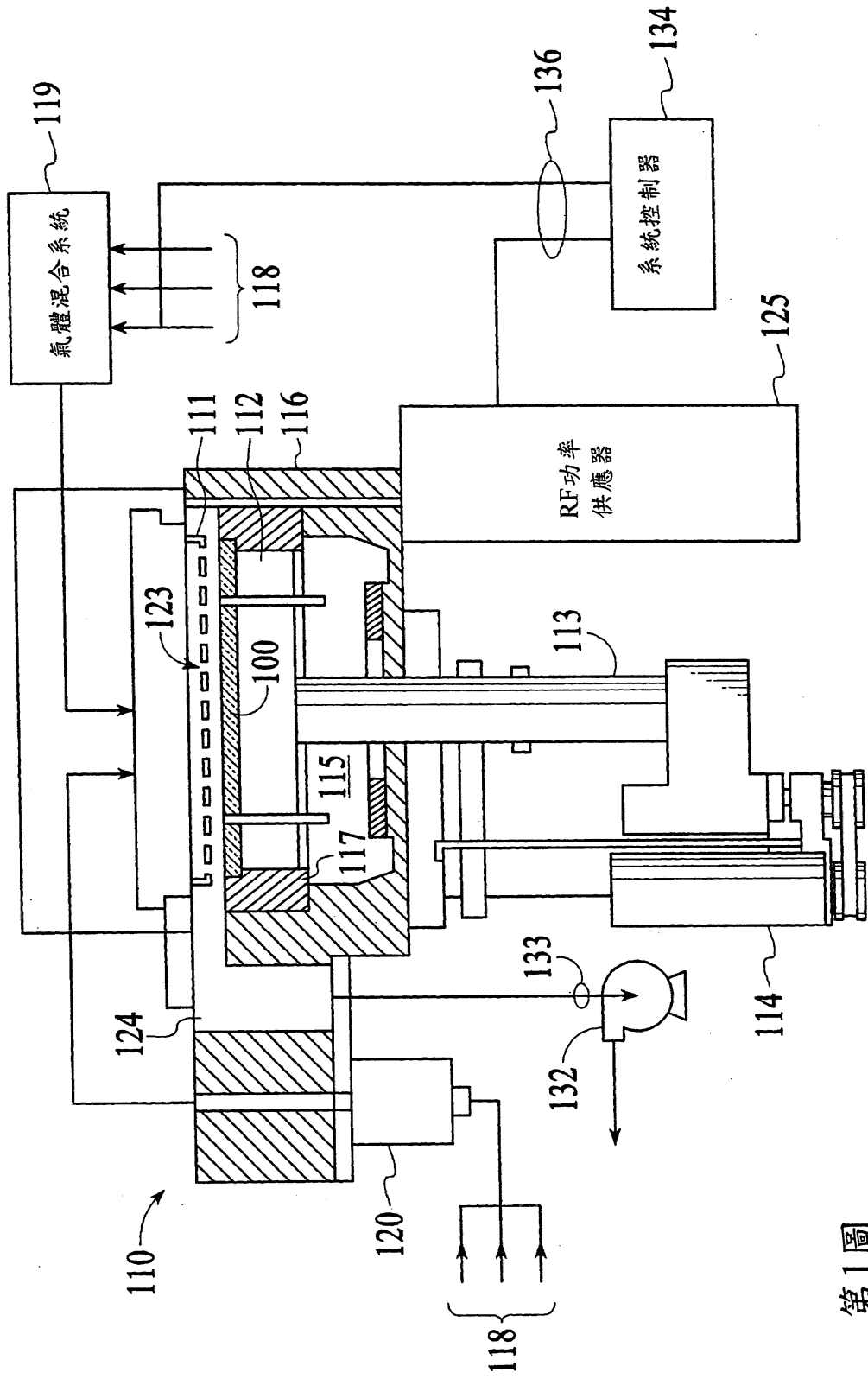
(d) 一控制器，係用以操作該製程室及該廢氣處理反應器，該控制器包括一廢氣處理控制程式碼，以接收來自該紅外線感應器的該訊號，並且當該訊號指示該廢氣中存在有煙時，啟動該廢氣處理反應器的該氣體激發器。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之設備，其中該紅外線感應器能夠偵測相應於煙類寡聚物或 α -茶樹精油 (α -terpenene) 或氟化對應物 (counterpart) 的一紅外線光譜特徵。

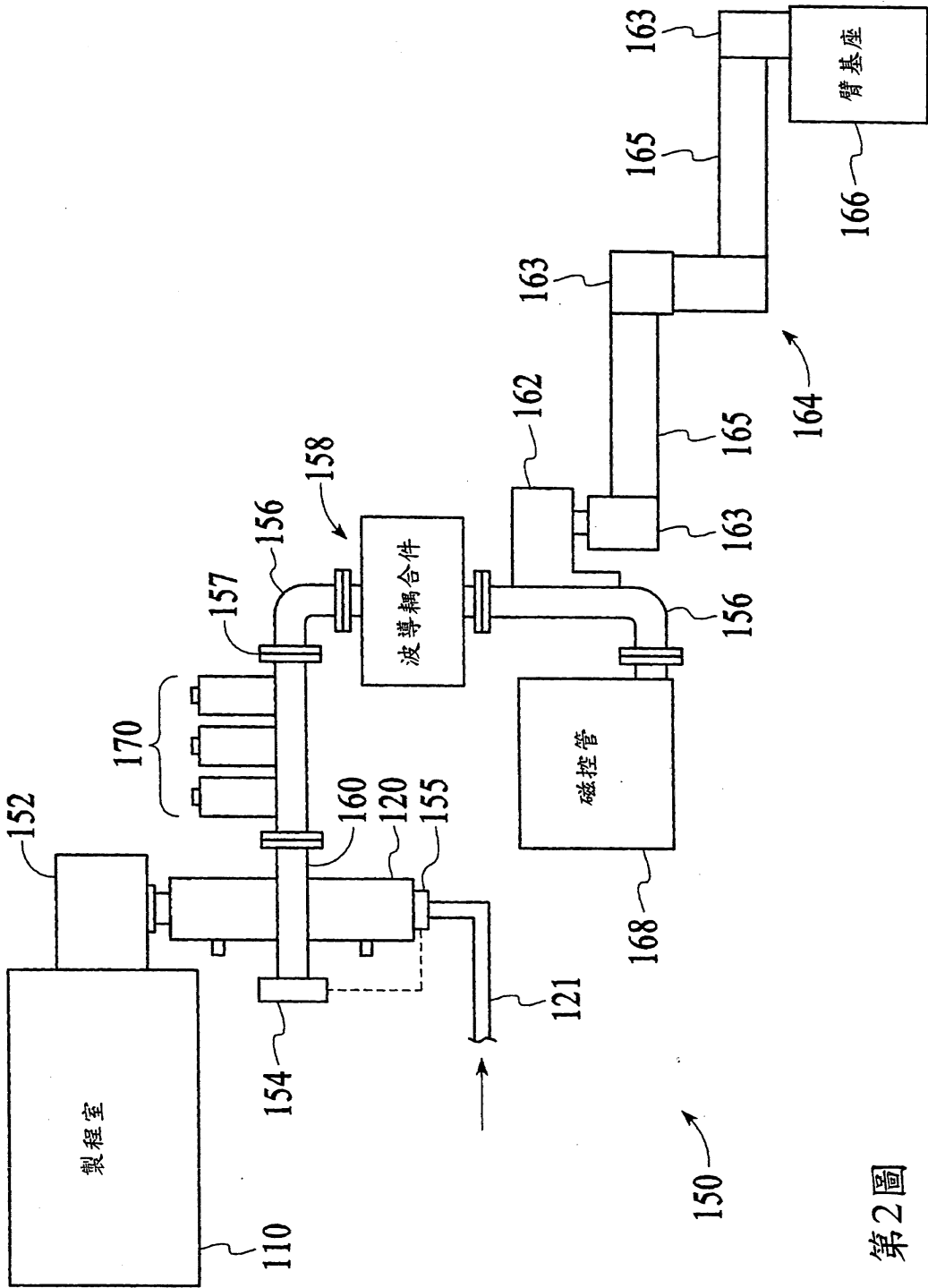
12. 如申請專利範圍第 10 項所述之設備，其中該氣體激發器係將射頻 (RF) 功率感應地或電容地耦合至該廢氣。

13. 如申請專利範圍第 10 項所述之設備，其中該室包括一陶瓷。

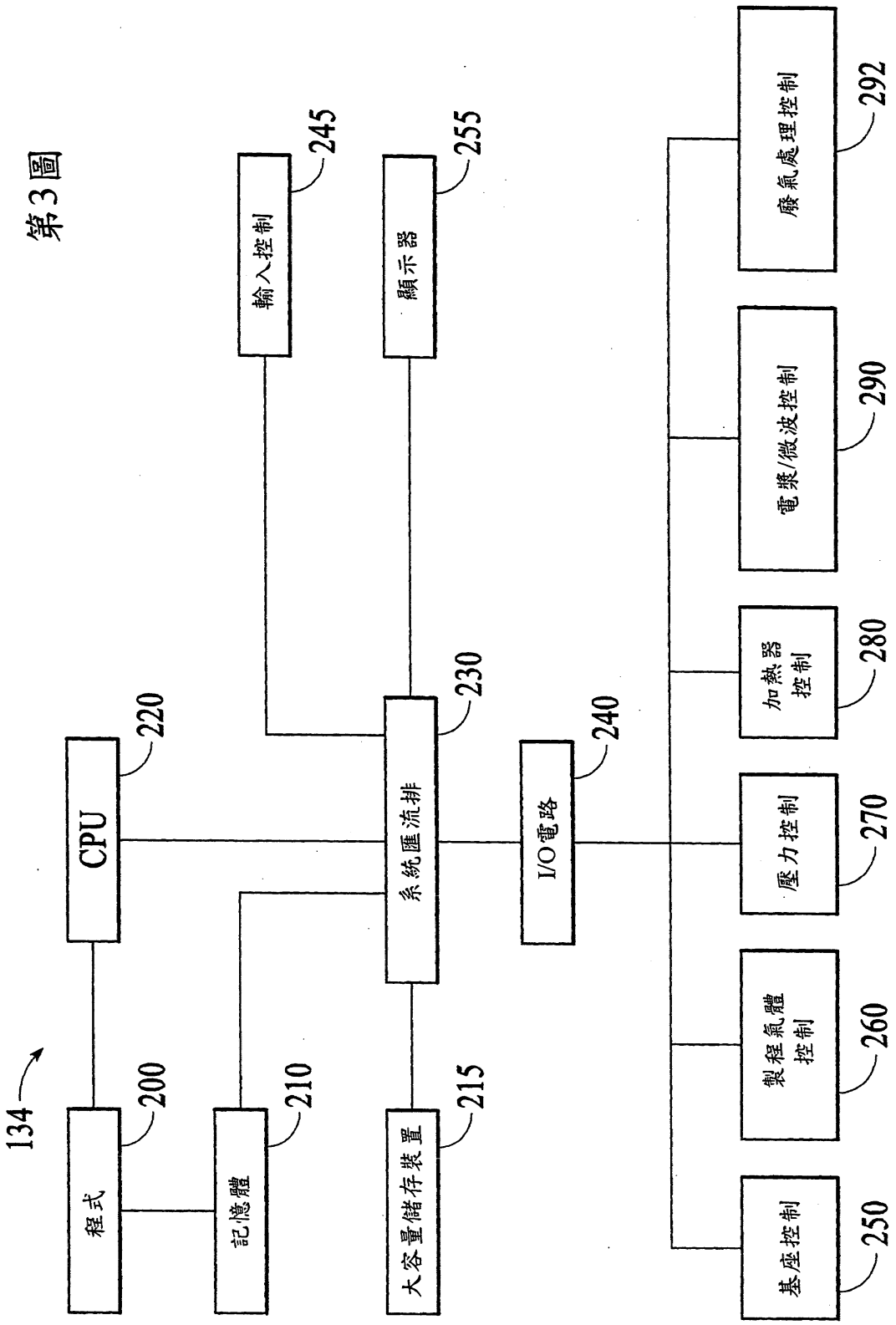
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之設備，其中該陶瓷係為氧化鋁 (Al_2O_3) 圓柱體。

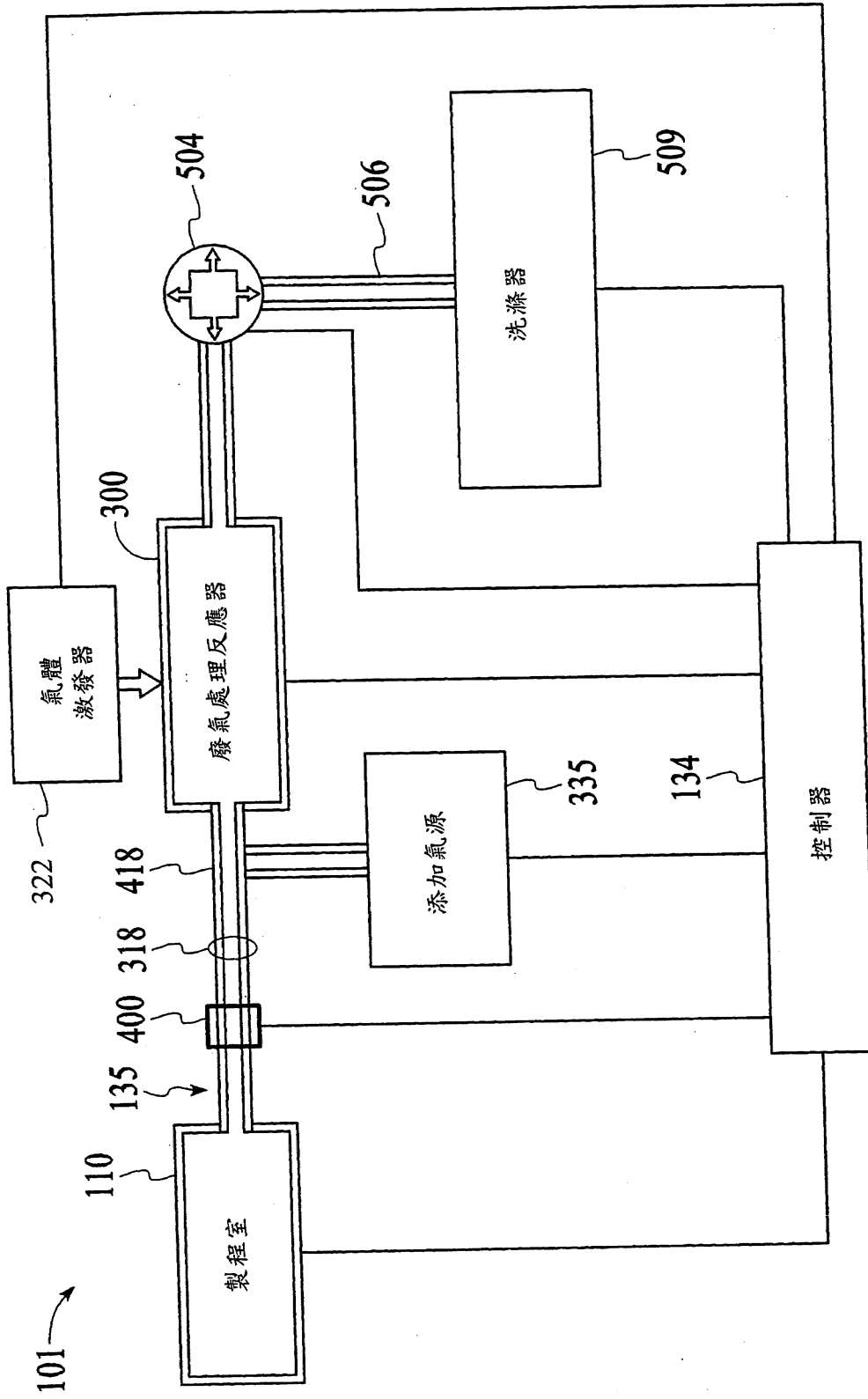


第1圖

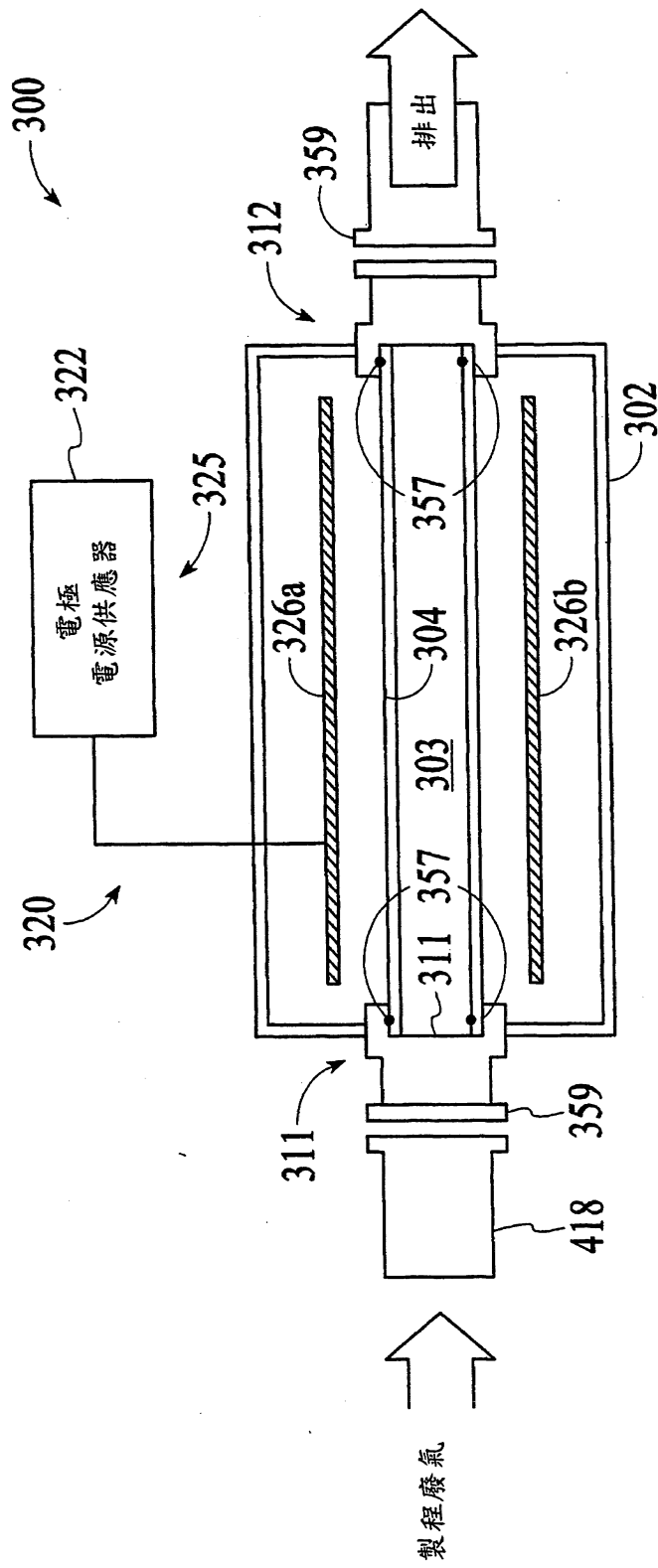


第2圖

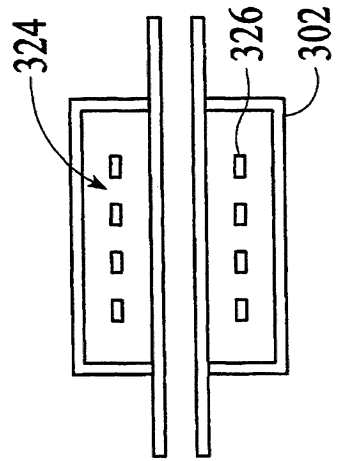




第4圖



第5圖



第5A圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

101	基材處理設備	110	製程室
134	控制器	135	排氣孔
300	反應器/設備	318	旁通閥/節流閥
335	氣源	400	紅外線感應器
418	氣體管線/前級管線	504	幫浦
506	管路	509	洗滌器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無