201510461

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201510461 A

(43)公開日： 中華民國 104 (2015) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：103119635 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 06 月 06 日

(51)Int. Cl.： *F28D7/16 (2006.01)*

(30)優先權：2013/06/11 美國 61/833,812

(71)申請人：漢洛克半導體公司 (美國) HEMLOCK SEMICONDUCTOR CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：歐莉法 約翰 OLIVA, JOHN (US)；溫尼 布萊德 WERNER, BRAD (US)；薩拉 麥可 ZALAR, MICHAEL (US)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：25 共 37 頁

(54)名稱

熱交換器

HEAT EXCHANGER

(57)摘要

一種熱交換器在第一和第二材料流之間轉移熱。該熱交換器包括主體部分，該主體部分包括排料通道，該等排料通道經組態以使該第一材料流通過該主體部分。該主體部分進一步包括經組態以使該第二材料流通過該主體部分的進料通道。該等進料通道與該等排料通道分開並處於熱連通，使得該第一和第二材料流中之至少一者與該第一和第二材料流中之另一者轉移熱。該等進料通道中的各者皆有具有截面積的入口，且該等進料通道中之至少一者的入口之截面積與該等進料通道中之另一者的入口之截面積不同，以正規化該第二材料流通過該等進料通道的流速。

A heat exchanger transfers heat between first and second material streams. The heat exchanger includes a body portion including vent channels configured to pass the first material stream through the body portion. The body portion further includes feed channels configured to pass the second material stream through the body portion. The feed channels are spaced from and in thermal communication with the vent channels such that at least one of the first and second material streams transfer heat with another one of the first and second material streams. Each of the feed channels has an inlet having a cross-sectional area with the cross-sectional area of the inlet of at least one of the feed channels different than the cross-sectional area of the inlet of another one of the feed channels for normalizing a flow rate of the second material stream through the feed channels.

201510461

發明摘要

※ 申請案號：103119635

※ 申請日：103.6.6　　※IPC 分類：F28D 7/16 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

熱交換器

HEAT EXCHANGER

【中文】

一種熱交換器在第一和第二材料流之間轉移熱。該熱交換器包括主體部分，該主體部分包括排料通道，該等排料通道經組態以使該第一材料流通過該主體部分。該主體部分進一步包括經組態以使該第二材料流通過該主體部分的進料通道。該等進料通道與該等排料通道分開並處於熱連通，使得該第一和第二材料流中之至少一者與該第一和第二材料流中之另一者轉移熱。該等進料通道中的各者皆有具有截面積的入口，且該等進料通道中之至少一者的入口之截面積與該等進料通道中之另一者的入口之截面積不同，以正規化該第二材料流通過該等進料通道的流速。

【英文】

A heat exchanger transfers heat between first and second material streams. The heat exchanger includes a body portion including vent channels configured to pass the first material stream through the body portion. The body portion further includes feed channels configured to pass the second material stream through the body portion. The feed channels are spaced from and in thermal communication with the vent

channels such that at least one of the first and second material streams transfer heat with another one of the first and second material streams. Each of the feed channels has an inlet having a cross-sectional area with the cross-sectional area of the inlet of at least one of the feed channels different than the cross-sectional area of the inlet of another one of the feed channels for normalizing a flow rate of the second material stream through the feed channels.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（　無　）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

熱交換器

HEAT EXCHANGER

【相關申請案之交叉引用】

本專利申請案主張於2013年6月11日提出申請的美國臨時專利申請案第61/833,812號之優先權，以引用方式將該申請案全部併入本文中。

【0001】 本發明係關於熱交換器。更具體言之，本發明係關於具有複數個進料通道和複數個排料通道的熱交換器，用以在第一和第二材料流之間轉移熱。

【0002】 具有多個用以在第一和第二材料流之間轉移熱的通道的熱交換器是習知的。然而，當材料流的流速提高時（此常見於過程被持續推進以增加容積的工業設備中），大部分的材料流只使用了少數的通道。換句話說，當材料流的流速提高時，材料流在通道之間的分佈減少，使得一些通道幾乎完全未被使用。材料流在通道內的不均勻分佈降低了熱交換器的效能，因爲熱交換器的有效表面積和材料流在熱交換器內的滯留時間減少了。因此，在提高材料流通過熱交換器的流速的同時，仍有需要改良熱交換器的效能。

【發明內容】

【0003】 熱交換器係用以在第一和第二材料流之間轉移熱。熱交換器包括包含導熱材料的主體部分。該主體部分還包括複數個被界定通過該主體部分的排料通道，且該等排料通道經組態以使第一材料流通過該主體部分。該主體部分進一步包括複數個被界定通過該主體部分的進料通道。該等進料通道經組態以使第二材料流通過該主體部分。該等進料通道與該等排料通道分開並處於熱連通，使得在該主體部分內之該第一和第二材料流中之至少一者與該第一和第二材料流中之另一者轉移熱。該等進料通道中的各者皆具有允許該第二材料流進入該等進料通道的入口。該入口具有截面積，且該等進料通道中之至少一者的入口之截面積與該等進料通道中之另一者的入口之截面積不同，以正規化該第二材料流通過該主體部分之該等進料通道的流速。正規化該第一材料流通過該等進料通道的流速提高了該熱交換器之效率。

【圖式簡單說明】

【0004】 本發明的其他優點將可被輕易地理解，因爲當連同附圖一起考量時，藉由參照以下的實施方式，本發明的其他優點變得更易於被瞭解，其中：

圖 1 爲熱交換器之示意性截面圖；

圖 2 爲具有複數個排料通道和複數個進料通道的熱交換器之示意性透視圖，且該等排料通道實質上垂直於該等進料通道；

圖 3 爲熱交換器之示意性透視圖，且該等排料通道實質上平行於該等進料通道；

圖 4 爲熱交換器之示意性透視圖，且該等排料通道實質上平行於該等

進料通道；

圖 5 爲熱交換器之主體部分的示意性俯視圖；

圖 6 爲熱交換器之主體部分的俯視圖；

圖 7 爲圖 6 的熱交換器之一部分的放大俯視圖；

圖 8 爲沿著圖 5 的線 8-8 所取得的示意性熱交換器截面圖；

圖 9 爲熱交換器之示意性截面圖，其顯示該等進料通道之至少一進料入口相對於另一個進料入口具有不同的截面積；

圖 10 爲熱交換器之示意性截面圖，其顯示該等排料通道之至少一排料入口相對於另一個排料入口具有不同的截面積；

圖 11 爲熱交換器之示意性截面圖，且該等排料通道與該等進料通道實質上互相垂直；

圖 12 爲具有三個進料入口的熱交換器之示意性截面圖，且該等進料入口中的各者之截面積彼此不同；

圖 13 爲包括進料分佈器區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 14 爲包括進料分佈器區塊和排料分佈器區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 15 爲包括進料分佈器區塊和排料分佈器區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 16 爲包括進料轉換區塊(transition block)和排料轉換區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 17 爲包括進料轉換區塊和排料轉換區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 18 爲包括進料轉換區塊和排料轉換區塊的熱交換器之示意性截面圖；

圖 19 爲進料轉換區塊之平面圖；

圖 20 爲圖 19 的進料轉換區塊之截面圖；

圖 21 爲包括該熱交換器的反應器系統之示意圖；

圖 22 爲第一測試熱交換器之示意圖；

圖 23 爲第二測試熱交換器之示意圖；

圖 24 爲第三測試熱交換器之示意圖；以及

圖 25 爲第四測試熱交換器之示意圖。

【實施方式】

【0005】 參照圖式，其中在數張圖中，相似的數字表示相似的或相應的部件，熱交換器 30 被一般性地顯示在圖 1 的截面中。熱交換器 30 被用來在第一材料流 32 和第二材料流 34 之間轉移熱。更具體來說，第一和第二材料流 32、34 各者同時通過熱交換器 30，並且第一和第二材料流 32、34 被壁 36 分隔，以防止第一和第二材料流 32、34 混合。應理解的是，熱交換器 30 可以是任何適當類型的熱交換器 30，例如塊熱交換器、板熱交換器及殼和管熱交換器。此外，熱交換器 30 可以具有任何適當的組態，例如矩形、圓形、橢圓形及多邊形。

【0006】 典型上，第一和第二材料流 32、34 以不同的溫度進入熱交換器 30。應理解的是，第一材料流 32 和第二材料流 34 可以處於任何可能的物質狀態。然而，第一材料流 32 和第二材料流 34 通常是處於液態或氣態。

【0007】 然後熱在第一和第二材料流 32、34 之間經由熱交換器 30 的

壁 36 轉移。一般來說，熱交換器 30 被用在一系統內，其中從一種材料流重新補獲熱來加熱另一種材料流是有利的。從一種材料流重新補獲熱改良了該系統的整體效能，因爲加熱其他的材料流只需消耗較少的能量。

【0008】 第一和第二材料流 32、34 在進入熱交換器 30 之前具有速度。典型上，第一和第二材料流 32、34 之速度大於每秒 5 公尺，更典型地是從每秒約 5 至 30 公尺，甚至更典型地是從每秒約 10 至 15 公尺。典型上，第一和第二材料流中之至少一者包含選自下列之群組的組分：一或更多種氯矽烷物種（例如四氯化矽、三氯矽烷、二氯矽烷及單氯矽烷）、氫、氮、氯化氫、一或更多種含聚矽烷的物種（例如六氯二矽烷）、甲烷、以及一或更多種含碳的氯矽烷物種（例如甲基三氯矽烷或甲基二氯矽烷）。

【0009】 熱交換器 30 包括主體部分 38，主體部分 38 界定複數個排料通道 40 和複數個進料通道 42。更具體來說，該複數個排料通道 40 被界定通過主體部分 38。同樣地，該複數個進料通道 42 被界定通過主體部分 38。典型上，排料通道 40 和進料通道 42 具有圓形的橫截面。然而，應理解的是，排料通道 40 及/或進料通道 42 可以具有其他的橫截面組態，例如立方形的。

【0010】 進料通道 42 與排料通道 40 分開且處於熱連通。一般來說，熱交換器 30 的主體部分 38 之壁 36 將排料通道 40 與進料通道 42 分開。典型上，排料通道 40 經組態以使第一材料流 32 通過主體部分 38，並且進料通道 42 經組態以使第二材料流 34 通過主體部分 38。由於排料通道 40 與進料通道 42 在主體部分 38 內相鄰，故第一和第二材料流 32、34 互相轉移熱。換句話說，在熱交換器 30 之該主體部分 38 內，熱可以被從第一材料流 32 和第二材料流 34 中之至少一者轉移到第一材料流 32 和第二材料流 34 中之

另一者。例如，來自第一材料流 32 的熱可以被轉移到第二材料流 34，用於加熱第二材料流 34。或者，來自第二材料流 34 的熱可以被轉移到第一材料流 32，用於加熱第一材料流。還應理解的是，在過程期間，第一和第二材料流 32、34 中之一者的加熱可以交替，使得第一材料流 32 被第二材料流 34 加熱，然後在稍後的時間第二材料流 34 可以被第一材料流 32 加熱。

【0011】 應理解的是，第一和第二材料流 32、34 可以以任何適當的方式流過熱交換器 30 的主體部分 38 來轉移熱。例如，熱交換器 30 的代表示意圖被顯示在圖 2 至 4 中，並且圖 2 至 4 中之各圖皆顯示第一材料流 32 和第二材料流 34 之間的不同關係。更具體來說，圖 2 顯示第一材料流 32 和第二材料流 34 之間具有交叉流動關係的熱交換器 30 之示意圖，其中排料通道 40 和進料通道 42 彼此橫向。圖 3 顯示第一材料流 32 和第二材料流 34 之間具有逆流流動關係的熱交換器 30 之示意圖，其中排料通道 40 和進料通道 42 彼此平行，而且第一材料流 32 和第二材料流 34 以相反的方向流動。圖 4 顯示第一材料流 32 和第二材料流 34 之間具有平行流動關係的熱交換器 30 之示意圖，其中排料通道 40 和進料通道 42 彼此平行，而且第一材料流 32 和第二材料流 34 以相同的方向流動。應當理解的是，圖 2 至 4 意圖作爲第一材料流 32 和第二材料流 34 之間的可能關係之說明性實例。

【0012】 爲了有助於第一材料流 32 和第二材料流 34 之間的熱交換，主體部分 38 包含導熱材料。換句話說，主體部分 38 是由允許、甚至增強主體部分 38 內第一材料流 32 和第二材料流 34 之間的熱轉移的材料所製成的。一般來說，主體部分 38 的導熱材料係選自下列之群組：碳、石墨、碳纖維、陶瓷、陶瓷基質複合材料及金屬（諸如碳鋼、不銹鋼、鋁、銅、鎳、

鉬、鎢、鉭、鈦、以及上述之合金）。此外，主體部分 38（更具體來說是主體部分 38 的導熱材料）可以包括保護性塗層，例如熱解碳或碳化矽塗層。當被放在某些形式的碳、石墨、碳纖維、陶瓷或陶瓷基質複合材料上時，該保護性塗層可提供對抗腐蝕劑及、或高溫化學品例如氯矽烷、氯化氫，及其他通常被用於化學工業和多晶矽產業者的化學保護。

【0013】 參照圖 2 至 4，每個進料通道 42 具有進料入口 44，用於允許第二材料流 34 進入進料通道 42。每個進料通道 42 還具有與進料入口 44 相對的進料出口 46，用於允許第二材料流 34 離開排料通道 40。每個進料通道 42 具有介於進料入口 44 和進料出口 46 之間的主進料部分 48。換句話說，進料通道 42 包含三個部分，進料入口 44、主進料部分 48 以及進料出口 46。進料入口 44、主進料部分 48 以及進料出口 46 互相連通，使得第二材料流 34 在進料入口 44 進入熱交換器 30 的主體部分 38、通過主進料部分 48、以及在進料出口 46 離開熱交換器 30 的主體部分 38。

【0014】 類似於上述的進料通道 42，每個排料通道 40 具有排料入口 50，用於允許第一材料流 32 進入排料通道 40。每個排料通道 40 還具有與排料入口 50 相對的排料出口 52，用於允許第一材料流 32 離開排料通道 40。每個排料通道 40 具有介於排料入口 50 和排料出口 52 之間的主排料部分 54。換句話說，排料通道 40 包含三個部分，排料入口 50、主排料部分 54 以及排料出口 52。排料入口 50、主排料部分 54 以及排料出口 52 互相連通，使得該第一材料流在排料入口 50 進入熱交換器 30 的主體部分 38、通過主排料部分 54、以及在排料出口 52 離開熱交換器 30 的主體部分 38。

【0015】 應理解的是，排料通道 40 和進料通道 42 在熱交換器 30 的

主體部分 38 內可以實質上互相平行，如圖 3 和圖 4 所示。或者，排料通道 40 在熱交換器 30 的主體部分 38 內可以實質上彼此橫向，如圖 2 所示。

【0016】 主體部分 38 包括排料表面 56 及與排料表面 56 分開的進料表面 58。在一個實施例中，排料表面 56 界定每個排料通道 40 的排料入口 50，並且進料表面 58 界定每個進料通道 42 的進料入口 44。當排料通道 40 與進料通道 42 實質上互相平行時，排料表面 56 與進料表面 58 分開並在進料表面 58 的對面，如圖 3 和圖 4 所示。當排料通道 40 與進料通道 42 實質上彼此橫向時，排料表面 56 實質上橫向於進料表面 58，如圖 2 所示。

【0017】 參照圖 5 和圖 8，其等顯示熱交換器 30 的主體部分 38 之進料表面 58，進料入口 44 彼此隔開，而且與排料出口 52（若存在的話）隔開。間隔進料入口 44 及/或排料出口 52 在進料表面 58 上呈現一個圖案。更具體來說，進料入口 44 和排料出口 52 形成了該圖案。爲了簡易說明，由進料表面 58 呈現的圖案被安排成兩列，每列具有兩個進料入口 44 和兩個排料出口 52。然而，如圖 6 和圖 7 所示，應理解的是，該圖案可被複雜化，將進料入口 44 和排料出口 52 安排成交錯圖案。應理解的是，在圖 6 和圖 7 中，進料通道 42 的進料入口 44 被塗滿黑色只是爲了說明的目的，以容易區分進料入口 44 和排料出口 52。應理解的是，進料入口 44 和排料出口 52 的圖案可以是沿著進料表面 58 的線性圖案、同心圓圖案、以及放射狀圖案。

【0018】 如上所述，進料通道 42 具有三個部分：進料入口 44、主進料部分 48 及進料出口 46，並且排料通道 40 具有三個部分：排料入口 50、主排料部分 54 及排料出口 52。排料通道 40 和進料通道 42 的每個部分具有一個截面積。更具體來說，當提及排料通道 40，排料入口 50、主排料部分

54 及排料出口 52 各具有一個截面積。此外，當提及進料通道 42，進料入口 44、主進料部分 48 及進料出口 46 各具有一個截面積。應理解的是，排料通道 40 和進料通道 42 的不同部分之截面積係基於個別的部分，而且並非排料通道 40 或進料通道 42 任一者之部分中的所有之集體總稱。例如，排料入口 50 的截面積是指個別的排料入口 50，而不是指所有排料入口 50 的總截面積。

【0019】 第一材料流和第二材料流 34 各具有流速。第一材料流 32 和第二材料流 34 的流速是通過排料通道 40 和進料通道 42 的材料流之速度。通過排料通道 40 和進料通道 42 的材料流之流速是在進料通道 42 的進料入口 44 和排料通道 40 的排料入口 50 的壓力差之函數。

【0020】 不希望受到理論的束縛，據信降低進料入口 44 之間的壓力差將得到通過進料通道的第二材料流 34 之正規化流速。換句話說，據信降低進料入口 44 之間的壓力差將導致通過每個進料通道 42 的第二材料流 34 之流速彼此相同。正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速可確保每個進料通道 42 被均等地使用來轉移第二材料流 34 通過熱交換器 30 的主體部分 38。換句話說，正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速可在進料通道 42 內提供均勻分佈的第二材料流 34。確保每個進料通道 42 被均等地使用可提高第一材料流 32 和第二材料流 34 之間的熱轉移效率，因爲熱交換器 30 的有效表面積和第二材料流 34 在熱交換器 30 內的滯留時間增加了。

【0021】 一般來說，已經確定的是，第二材料流 34 通過個別進料通道 42 的流速可以藉由使第二材料流 34 更容易或更難進入個別進料通道 42 的進料入口 44 來完成。換句話說，個別進料入口 44 的壓力差可以藉由改變

個別進料入口 44 的截面積來修改。在一個實施例中，進料入口 44 是孔，而選擇的進料入口 44 之截面積係藉由改變孔的直徑來修改。然而，應理解的是，進料入口 44 可以是孔以外的組態，例如縫，而且仍可應用相同的原理來修改截面積。

【0022】 一般來說，若第二材料流 34 通過相應進料通道 42 的流速比第二材料流 34 通過所有進料通道 42 的平均流速更高時，則可減少進料入口 44 的截面積。相反地，若第二材料流 34 通過相應進料通道 42 的流速比第二材料流 34 通過所有進料通道 42 的平均流速更低時，則可增加進料入口 44 的截面積。

【0023】 典型上，進料入口 44 的截面積係藉由與通過相應進料通道 42 的第二材料流 34 之流速和通過所有進料通道 42 的第二材料流 34 之平均流速之間的差成比例的比率來減少或增加。

【0024】 上述用於正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速的原理可以被應用於排料通道 40，以正規化通過排料通道 40 的第一材料流 32 之流速。此外，上述用於正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速的原理可以被使用在任何熱交換器上。

【0025】 典型上，進料入口 44 及/或排料入口 54 的截面積係小於約 0.5 平方英吋，更典型是在 0.008 平方英吋至約 0.5 平方英吋之間，而且更典型爲約 0.008 平方英吋至約 0.2 平方英吋。

【0026】 參照顯示熱交換器 30 之示意圖的圖 5 和圖 8，至少一個進料通道 42 的進料入口 44 之截面積係與另一個進料通道 42 的進料入口 44 之截面積不同，以正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速。換句話

說，至少一個進料入口 44 的截面積與其餘的進料入口 44 之截面積不同。參照圖 9，應理解的是，至少一個排料通道 40 的排料入口 50 之截面積可以與另一個排料通道 40 的排料入口 50 之截面積不同，以正規化通過排料通道 40 的第一材料流 32 之流速。還應理解的是，進料通道 42 及/或排料通道 40 的任何部分之截面積可以不同，以正規化第一或第二材料流 32、34 中任一者之流速。

【0027】 參照圖 10，至少一個進料通道 42 的進料出口 46 之截面積可以與另一個進料通道 42 的進料出口 46 之截面積不同。換句話說，至少一個進料出口 46 之截面積與其餘的進料出口 46 不同。類似地，至少一個排料通道 40 的排料出口 52 之截面積可以與另一個排料通道 40 的排料出口 52 之截面積不同。

【0028】 典型上，減少進料入口 44 之截面積來正規化通過進料通道 42 的第二材料流 34 之流速。如此一來，至少一個進料通道 42 的主進料部分 48 之截面積可以大於進料通道 42 的進料入口 44 之截面積，如圖 9 和圖 10 所示。同樣地，至少一個排料通道 40 的主排料部分 54 之截面積可以大於排料通道 40 的排料入口 50 之截面積。據信可以修改進料通道 42 的主進料部分 48 或排料通道 40 的主排料部分 54 之截面積來正規化分別通過進料通道 42 和排料通道 40 的第二材料流 34 和第一材料流 32 之流速。在這樣的實施例中，主進料部分 48 或主排料部分 54 的截面積可以分別大於或小於進料入口 44 和排料入口 50 的截面積。應理解的是，進料通道 42 的主進料部分 48 和排料通道 40 的主排料部分 54 之截面積，在進料入口 44 和進料出口 46 之間或在排料入口 50 和排料出口 52 之間可以是均一的。選擇主進料部

分 48 和主排料部分 54 的截面積，以在第一和第二材料流 32、34 之間產生所需的熱連通。

【0029】 雖然排料通道 40 和進料通道 42 在圖 8 至 10 中被顯示爲在第一材料流 32 和第二材料流 34 之間具有逆流流動的關係，但應理解的是，排料通道 40 和進料通道 42 也可以具有交叉流動的關係（如圖 11 所示）或平行流動的關係。

【0030】 應理解的是，所有進料入口 44 的截面積可以彼此不同。例如，如圖 12 所示，應理解的是，三個不同的進料通道 42 的進料入口 44 之截面積可以全部彼此不同。在圖 12 中，將進料入口 44 顯示爲沿著進料表面 58 從左移動到右具有遞減的截面積。類似地，三個不同的排料通道 40 的排料入口 50 之截面積可以全部彼此不同。

【0031】 如以上所介紹且如圖 5 至 7 所示，進料入口 44 和排料出口 52 在熱交換器 30 的主體部分 38 之進料表面 58 上呈現出圖案。參照圖 6 和圖 7，進料入口 44 和排料出口 52 的序列 60 可以出現在該圖案內。進料入口 44 和排料出口 52 的截面積可以沿著序列 60 改變，如圖 7 最佳顯示的。例如，當每個進料入口 44 隨著序列 60 往進料表面 58 的中心前進時，進料入口 44 的截面積沿著序列 60 減少。然後，進料入口 44 的截面積開始沿著序列 60 往進料表面 58 的中心增加。

【0032】 應理解的是，熱交換器 30 可以包括分佈器區塊，用以完成上述用於正規化第一材料流 32 和第二材料流 34 中之一或兩者通過排料通道 40 和進料通道 42 的流速之原理。換句話說，該分佈器區塊可以被採用以改變進料入口 44 和排料入口 50 中之一或兩者的截面積，以正規化第一材料流

32 和第二材料流 34 中之一或兩者通過排料通道 40 和進料通道 42 的流速。與試圖製造具有不同截面積的進料入口 44 的熱交換器 30 主體部分 38 相比，具有不同截面積的進料入口 44 的分佈器區塊較容易製造且製造上較不昂貴。

【0033】 該分佈器區塊還可以被用以允許翻新的應用，以完成上述用於正規化通過排料通道 40 和進料通道 42 的流速之原理。例如，可以將該分佈器區塊加到現有的熱交換器 30 中，以完成上述用於正規化通過排料通道 40 和進料通道 42 的流速之原理。此效果對於由石墨材料製成且可能塗佈有抗化學層的專用石墨區塊熱交換器尤其爲真。這樣的熱交換器可以在腐蝕化學品工業、多晶矽生產工業及他者中找到。諸如此些材料受限於生產尺寸，因此無法被放大以避免較高流速的流動分佈問題。

【0034】 如圖 13 所示，在一個實施例中，熱交換器 30 之分佈器區塊可以被進一步界定爲進料分佈器區塊 62，且進料分佈器區塊 62 鄰接主體部分 38。當存在時，進料分佈器區塊 62 界定每個進料通道 42 的進料入口 44。在這樣的實施例中，由進料分佈器區塊 62 界定的進料入口 44 對齊主體部分 38 內的進料通道 42 之主進料部分 48。應理解的是，排料通道 40 的排料出口 52 可以由進料分佈器區塊 62 界定，如圖 13 所示。或者，當採用進料分佈器區塊 62 時，排料出口 52 可以由熱交換器 30 的主體部分 38 界定，如圖 14 所示。應理解的是，當進料分佈器區塊 62 界定進料入口 44 和排料出口 52 時，進料分佈器區塊 62 呈現進料入口 44 和排料出口 52 的圖案。

【0035】 參照圖 14 和圖 15，在另一個實施例中，熱交換器 30 可以進一步包括界定每個排料通道 40 之排料入口 50 的排料分佈器區塊 64。在

這樣的實施例中，由排料分佈器區塊 64 界定的排料入口 50 與主體部分 38 內的排料通道 40 之主排料部分 54 對齊。當排料分佈器區塊 64 存在時，進料出口 46 可以由熱交換器 30 的主體部分 38 界定，如圖 14 所示，或者進料出口 46 可以由排料分佈器區塊 64 界定，如圖 15 所示。

【0036】 應理解的是，熱交換器 30 的主體部分 38 及/或分佈器區塊可以由多個組件形成，使得至少兩個區段被連接在一起而形成主體部分 38 及/或該分佈器區塊。

【0037】 如以上所介紹，第一和第二材料流 32、34 被壁 36 分隔，以防止第一和第二材料流 32、34 混合。如此一來，參照圖 16 至 18，熱交換器 30 可以包括配置於鄰接進料表面 58 的進料轉換區塊 66 和鄰接主體部分 38 之排料表面 56 的排料轉換區塊 68。應理解的是，進料轉換區塊 66 和排料轉換區塊 68 被示意性顯示在圖 16 中。進料轉換區塊 66 和排料轉換區塊 68 以不同方向導引第一和第二材料流 32、34，以使第一和第二材料流 32、34 在進入熱交換器 30 之前或離開熱交換器 32 後保持彼此分隔。

【0038】 進料轉換區塊 66 和排料轉換區塊 68 各具有由劃分壁 74 分隔的第一路徑 70 和第二路徑 72。如圖 16 所示，第一材料流 32 流經進料轉換區塊 66 的第一路徑 70 和出口 76。第二材料流 34 在口 78 流進進料轉換區塊 66 的第二路徑 72。口 76、78 彼此分開，以將第一材料流 32 和第二材料流 34 保持分離。參照圖 16 的排料轉換區塊 68，第一材料流 32 在排料口 76 進入排料轉換區塊 68 的第一路徑 70，而且第二材料流 34 流經第二路徑 72 並流出進料口 78。

【0039】 應理解的是，具有進料轉換區塊 66 和排料轉換區塊 68 的熱

交換器 30 之另外的實施例被示意性顯示在圖 17 和圖 18 中。當存在時，排料分佈器區塊 64 被配置在排料轉換區塊 68 和熱交換器 30 的主體部分 38 之間。也可能將進料分佈器區塊 62 放在進料轉換區塊 66 和熱交換器 30 的主體部分 38 之間。應理解的是，排料分佈器 64 和進料分佈器 62 可以被獨立或同時使用。應理解的是，熱交換器 30 可以包括任何數量的進料轉換區塊 66 或排料轉換區塊 68。

【0040】 參照圖 6 和圖 7，進料入口 44 和排料出口 52 的圖案可以使得進料入口 44 和排料出口 52 在熱交換器 30 的主體部分 38 之進料表面 58 被混雜在一起。爲了防止第一材料流 32 和第二材料流 34 混合，進料轉換區塊 66 和排料轉換區塊 68 可以包括多個第一路徑 70 和多個第二路徑 72，如圖 19 和圖 20 所示。

【0041】 參照圖 21，在一個實施例中，熱交換器 30 被用在反應器系統 80 中處理進料氣體 82。例如，熱交換器 30 可被用在反應器系統 80 中氫化四氯化矽。然而，應理解的是，熱交換器 30 可被用在任何需要在兩種或更多種材料流之間交換熱的系統中。

【0042】 反應器系統 80 包括具有進入口 86 的反應室 84，用以將第二材料流 34 引入反應室 84。典型上，第二材料流 34 包含進料氣體 82。反應室 84 還界定排出口 88，用以排出來自反應室 84 的第一材料流 32，第一材料流 32 包含進料氣體 82 及/或反應室 84 內的反應之產物及/或副產物。典型上，第一材料流 32 在進料氣體 82 的處理發生之後通過排出口 88。

【0043】 在存在反應室 84 的實施例中，進料通道 42 的進料出口 46 與反應室 84 的進入口 86 連通，使得第二材料流 34 在進入反應室 84 之前通

過熱交換器 30。此外，排料通道 40 的排料入口 50 與反應室 84 的排出口 88 連通，使得第一材料在被從反應室 84 排出之後通過熱交換器 30。典型上，進料氣體 82 在反應室 84 內進行加熱。因此，離開反應室 84 的第一材料流 32 比進入反應室 84 的第二材料流 34 更熱。在此實施例中，在第二材料流 34 進入反應室 84 之前，第一材料流 32 轉移熱到第二材料流 34 來加熱第二材料流 34。換句話說，離開反應室 84 的較熱第一材料流 32 在熱交換器 30 內加熱第二材料流 34，並從而加熱進料氣體 82，以減少在反應室 84 內加熱進料氣體 82 所需的能量。

【0044】 這些實例旨在說明本發明的一些實施例，而且不應被解讀爲限制申請專利範圍中提出的發明範圍。參考的實例不應被視爲前案，除非有這樣的指示。

【0045】 在第一測試熱交換器 86 和第二測試熱交換器 88 上進行第一運算流體動力模擬。第一和第二測試熱交換器 86、88 在第一材料流 32 和第二材料流 34 之間皆具有交叉流動的流動關係。第一測試熱交換器 86 並不包括分佈器區塊。第一測試熱交換器 86 的進料入口 44 各具有 0.40 英吋的直徑。第一測試熱交換器 86 的示意圖被顯示在圖 22 中。

【0046】 第二測試熱交換器 88 包括界定進料入口 44 的進料分佈器區塊 66。第二測試熱交換器 88 的進料入口 44 之直徑具有在 0.24 和 0.40 英吋之間變化的直徑。第二測試熱交換器 88 的示意圖被顯示在圖 23 中。

【0047】 進入第一和第二測試熱交換器 86、88 的進料速度爲每秒十公尺，並具有每立方公尺十公斤的密度和 1.75E-5 Pa-s 的黏度。下表 1 列出進料入口 44 的直徑和所得的通過第一和第二測試熱交換器 86、88 之進料通

道 42 的流速。

	第一測試熱交換器 86		第二測試熱交換器 88	
孔#	進料入口 44 之直徑	所得的流速	進料入口 44 之直徑	所得的流速
1	0.40 英吋	1.97 lb/s	0.24 英吋	1.55 lb/s
2	0.40 英吋	2.01 lb/s	0.26 英吋	1.50 lb/s
3	0.40 英吋	1.98 lb/s	0.28 英吋	1.63 lb/s
4	0.40 英吋	1.93 lb/s	0.30 英吋	1.73 lb/s
5	0.40 英吋	1.85 lb/s	0.31 英吋	1.79 lb/s
6	0.40 英吋	1.75 lb/s	0.33 英吋	1.82 lb/s
7	0.40 英吋	1.61 lb/s	0.35 英吋	1.82 lb/s
8	0.40 英吋	1.45 lb/s	0.37 英吋	1.78 lb/s
9	0.40 英吋	1.26 lb/s	0.38 英吋	1.69 lb/s
10	0.40 英吋	1.01 lb/s	0.40 英吋	1.50 lb/s

表 1

【0048】 通過第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的平均所得流速爲 1.68 lb/s。通過第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的最大流速比第一測試熱交換器 86 的平均所得流速高 20%。通過第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的最小流速比第一測試熱交換器 86 的平均所得流速低 40%。此外，通過第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的最大流速比通過第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的最小流速高 99%。

【0049】 通過第二測試熱交換器 88 之進料通道 42 的平均所得流速爲 1.68 lb/s。通過第二測試熱交換器 88 之進料通道 42 的最大流速比第二測試熱交換器 88 的平均所得流速高 8%。通過第二測試熱交換器 88 之進料通道 42 的最小流速比第二測試熱交換器 88 的平均所得流速低 11%。此外，通過

第二測試熱交換器 88 之進料通道 42 的最大流速比通過第二測試熱交換器 88 之進料通道 42 的最小流速高 21%。

【0050】 因此，因爲第二測試熱交換器 88 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差，並不像第一測試熱交換器 86 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差那麼大，所以可以得到的結論是，與第一測試熱交換器 86 之進料通道 42 的流速相比，第二測試熱交換器 88 在進料通道 42 內具有較平均分佈的流速。

【0051】 在第三測試熱交換器 90 和第四測試熱交換器 92 上進行第二運算流體動力模擬。第三和第四測試熱交換器 90、92 在第一材料流 32 和第二材料流 34 之間皆具有逆流流動的關係。第三測試熱交換器 90 不包括分佈器區塊。第三測試熱交換器 90 的進料入口 44 各具有 0.40 英吋的直徑。第三測試熱交換器 90 的示意圖被顯示在圖 24 中。

【0052】 第四測試熱交換器 92 包括界定進料入口 44 的進料分佈器區塊 66。第四測試熱交換器 92 的進料入口 44 之直徑具有在 0.23 和 0.40 英吋之間變化的直徑。第四測試熱交換器 92 的示意圖被顯示在圖 25 中。

【0053】 進入第三和第四測試熱交換器 90、92 的進料速度爲每秒十公尺，並且具有每立方公尺十公斤的密度和 1.75E-5 Pa-s 的黏度。下表 2 列出進料入口 44 的直徑和所得的通過第三和第四測試熱交換器 90、92 之進料通道 42 的流速。

	第三測試熱交換器 90		第四測試熱交換器 92	
孔 #	進料入口 44 之直徑	所得的流速	進料入口 44 之直徑	所得的流速
1	0.40 英吋	1.27 lb/s	0.40 英吋	1.75 lb/s
2	0.40 英吋	1.17 lb/s	0.36 英吋	1.58 lb/s
3	0.40 英吋	1.65 lb/s	0.31 英吋	1.62 lb/s
4	0.40 英吋	2.08 lb/s	0.27 英吋	1.74 lb/s
5	0.40 英吋	2.23 lb/s	0.23 英吋	1.71 lb/s
6	0.40 英吋	2.23 lb/s	0.23 英吋	1.71 lb/s
7	0.40 英吋	2.08 lb/s	0.27 英吋	1.74 lb/s
8	0.40 英吋	1.65 lb/s	0.31 英吋	1.62 lb/s
9	0.40 英吋	1.17 lb/s	0.36 英吋	1.58 lb/s
10	0.40 英吋	1.27 lb/s	0.40 英吋	1.75 lb/s

表 2

【0054】 所得的通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的平均流速爲 1.68 lb/s。通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最大流速比第三測試熱交換器 90 的平均所得流速高 33%。通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最小流速比第三測試熱交換器 90 的平均所得流速低 33%。此外，通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最大流速比通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最小流速高 90%。

【0055】 通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的平均所得流速爲 1.68 lb/s。通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最大流速比第四測試熱交換器 92 的平均所得流速高 4%。通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最小流速比第四測試熱交換器 92 的平均所得流速低 6%。此外，通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最大流速比通過第四測試熱交換器

92 之進料通道 42 的最小流速高 11%。

【0056】 因此，因爲第四測試熱交換器 92 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差並不像第三測試熱交換器 90 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差那麼大，所以可以得到的結論是，與第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的流速相比，第四測試熱交換器 92 在進料通道 42 內具有較平均分佈的流速。

【0057】 雖然已經參照例示性實施例描述了本發明，但本技術領域中具有通常知識者將瞭解的是，在不偏離本發明的範圍下可以做出各種變化而且其元件可被等同物取代。此外，在不偏離本發明的基本範圍下可以對本發明的教示做出許多修改來適應特定的情況或材料。因此，意圖使本發明不受限於所揭示之特定實施例，該揭示之特定實施例是考量用來進行本發明的最佳模式，而是本發明將包括所有落入所附申請專利範圍之範圍內的實施例。

【符號說明】

【0058】

申請專利範圍

1. 一種熱交換器，用於在第一和第二材料流之間轉移熱，該熱交換器包含：一主體部分，包含一導熱材料，該主體部分包含；複數個被界定通過該主體部分的排料通道，且該等排料通道經組態以使該第一材料流通過該主體部分，

複數個被界定通過該主體部分的進料通道，且該等進料通道經組態以使該第二材料流通過該主體部分，該等進料通道與該等排料通道分開並處於熱連通，使得在該主體部分內之該第一和第二材料流中之至少一者與該第一和第二材料流中之另一者轉移熱，其中該等進料通道中的各者皆具有允許該第二材料流進入該等進料通道的一進料入口，且該進料入口具有一截面積，而且該等進料通道中之至少一者的該進料入口之該截面積與該等進料通道中之另一者的該進料入口之該截面積不同，用以正規化該第二材料流通過該主體部分之該等進料通道的一流速。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱交換器，其中該等進料通道中的各者具有一進料出口，該進料出口與該等進料通道的該進料入口相對，用以允許該第二材料流離開該等進料通道，且該等進料通道中的各者之該進料出口具有一截面積，並且該等進料通道中的至少一者之該進料出口的該截面積與該等進料通道中的另一者之該進料出口的該截面積不同。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之熱交換器，其中該等進料通道具有一介於該等進料通道之該進料入口和該進料出口之間的主進料部分，且該

等進料通道之該主進料部分具有一截面積，而且該等進料通道中之至少一者的該主進料部分之該截面積大於該等進料通道之該進料入口的該截面積。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱交換器，其中該等排料通道中的各者具有一排料入口，用以允許該第一材料流進入該等排料通道，且該等排料通道之該排料入口具有一截面積，而且該等排料通道中之至少一者的一該排料入口之該截面積與該等排料通道中之另一者的該排料入口之該截面積不同，用以正規化該第一材料流通過該主體部分之該等排料通道的一流速。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之熱交換器，其中該等排料通道中的各者具有一排料出口，該排料出口與該等排料通道之該排料入口相對，用以允許該第一材料流離開該等排料通道，且該等排料通道中的各者之該排料出口具有一截面積，而且該等排料通道中之至少一者的該排料出口之該截面積與該等排料通道中之另一者的該排料出口之該截面積不同。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之熱交換器，其中該等排料通道具有一介於該等排料通道之該排料入口和該排料出口之間的主排料部分，且該等排料通道之該主排料部分具有一截面積，而且該等排料通道中之至少一者的該主排料部分之該截面積大於該等排料通道中之另一者的該排料入口之該截面積。

7. 如申請專利範圍第 4 項所述之熱交換器，其中該主體部分包括一進料表面，該進料表面界定該等進料通道之該進料入口，而且該主體部分

包括一與該進料表面相對的排料表面，且該排料表面界定該等排料通道之該排料入口，而且該等進料通道實質上與該主體部分內的該等排料通道平行。

8. 如申請專利範圍第項所述之熱交換器，其中該主體部分包括一進料表面，該進料表面界定該等進料通道之該進料入口，而且該主體部分包括一實質上橫向於該進料表面的排料表面，且該排料表面界定該等排料通道之該排料入口，而且該等進料通道實質上橫向於該主體部分內的該等排料通道。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱交換器，進一步包括一進料分佈器區塊，該進料分佈器區塊鄰接該主體部分並界定該等進料通道之該進料入口。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之熱交換器，進一步包括一排料分佈器區塊，該排料分佈器區塊鄰接該主體部分並與該進料分佈器區塊相對，且該排料分佈器區塊界定該等排料通道之該排料入口。

圖式

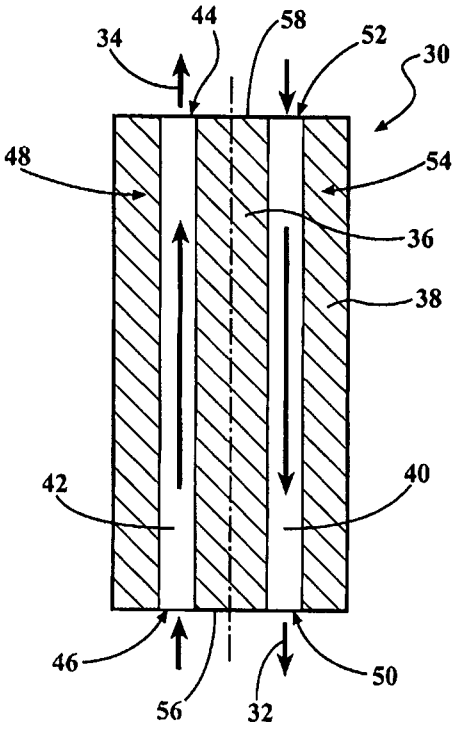

34
44
58
52
30
48
54
36
38
42
40
46
56
32
50

圖1

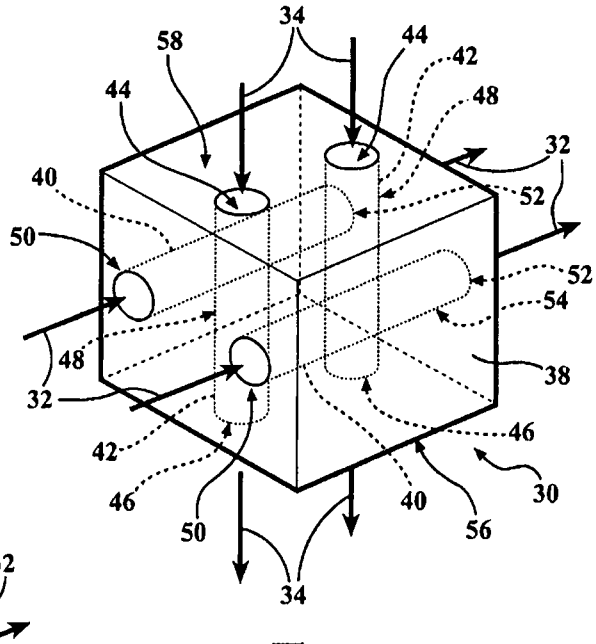

34
58
44
42
44
48
32
40
52
50
52
54
48
38
32
42
46
30
46
40
50
56
34

圖2

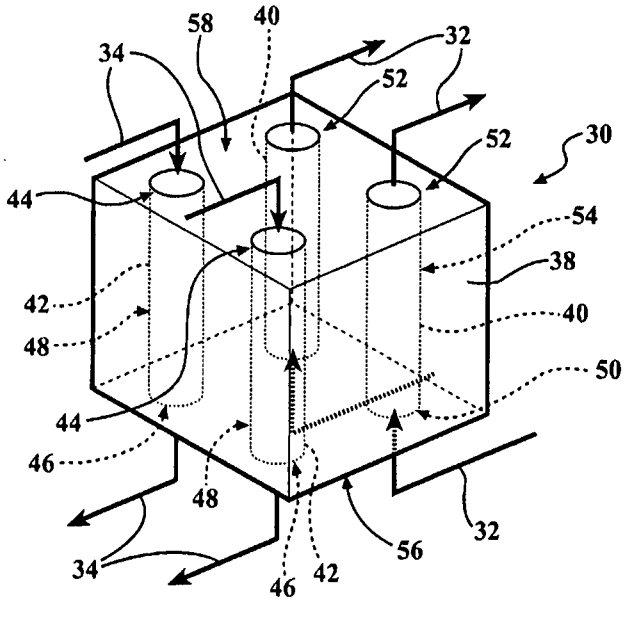

58
40
34
32
52
52
30
44
54
38
42
40
48
50
44
46
48
56
32
34
46
42

圖3

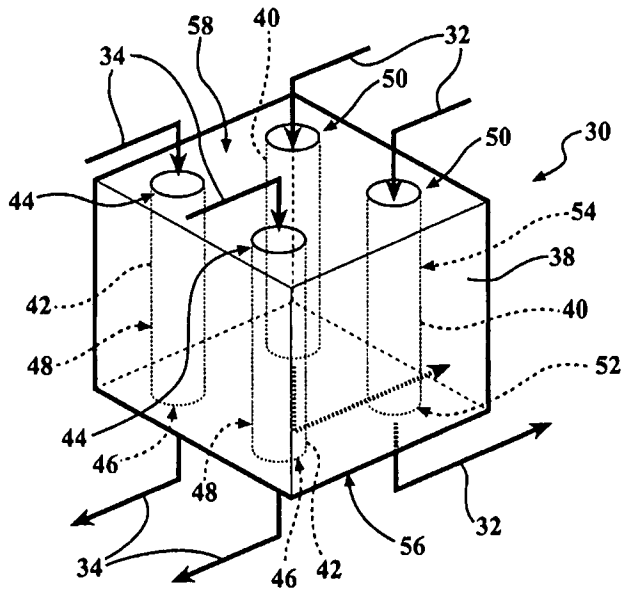

58
40
32
34
50
50
30
44
54
38
42
40
48
52
44
46
48
56
32
34
46
42

圖4

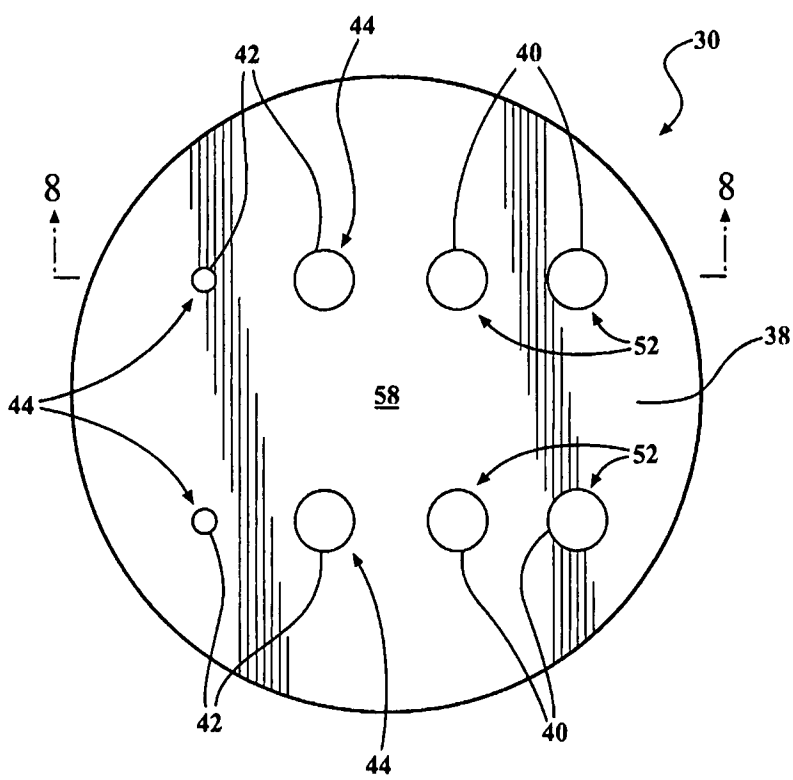

44
42
40
30
8
8
52
38
58
44
52
42
44
40

圖5

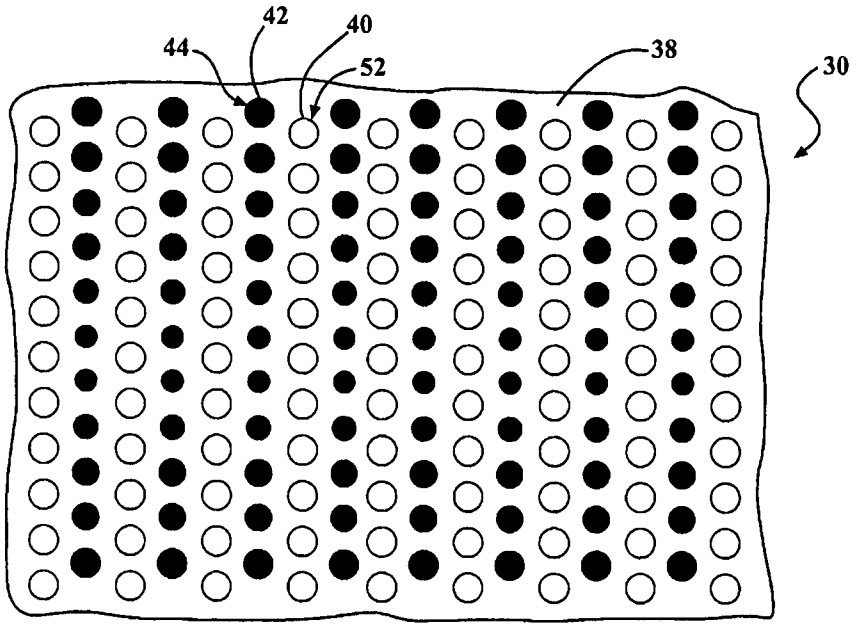


圖6

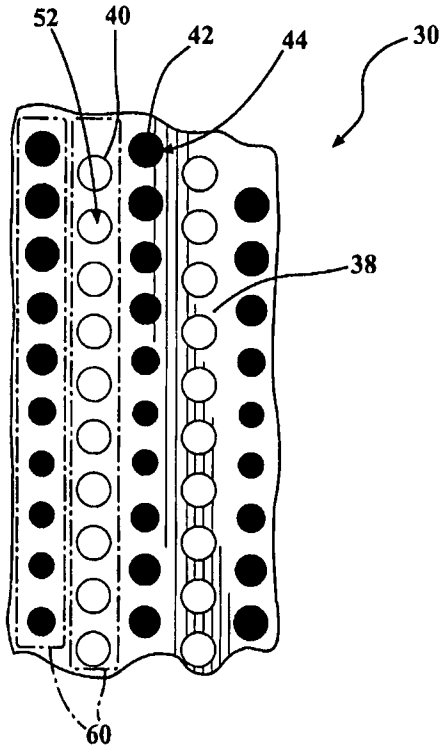


圖7

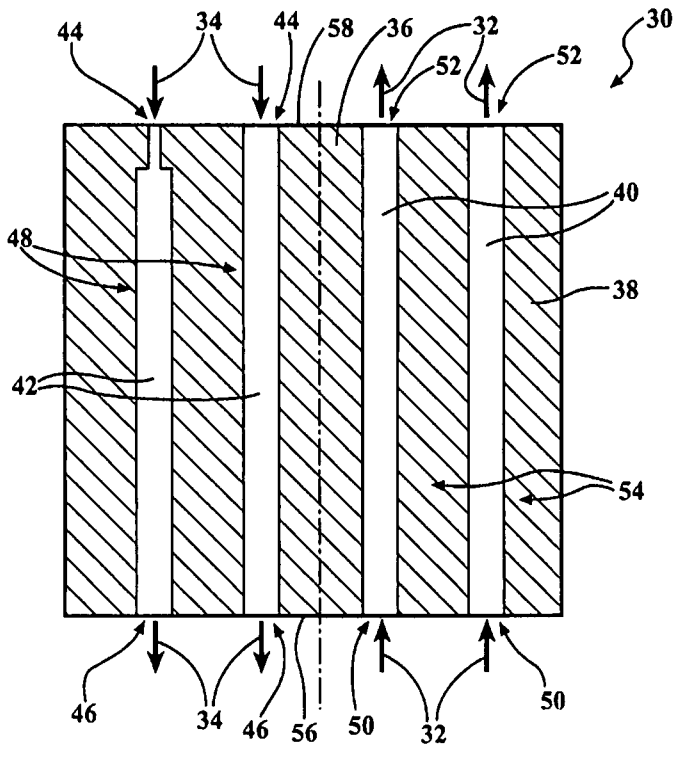

44
34
44
58
36
32
52
52
30
40
48
38
42
54
46
34
46
56
50
32
50

圖8

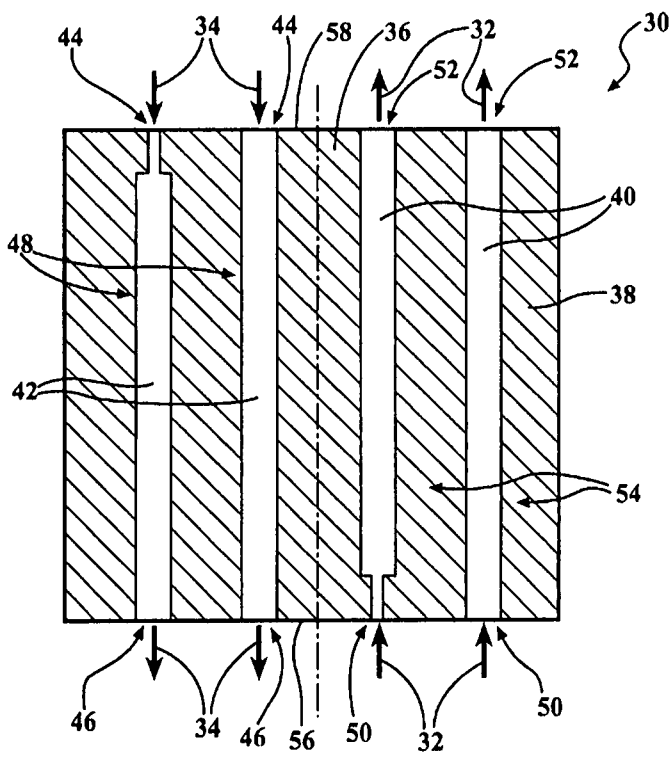

44
34
44
58
36
32
52
52
30
40
48
38
42
54
46
34
46
56
50
32
50

圖9

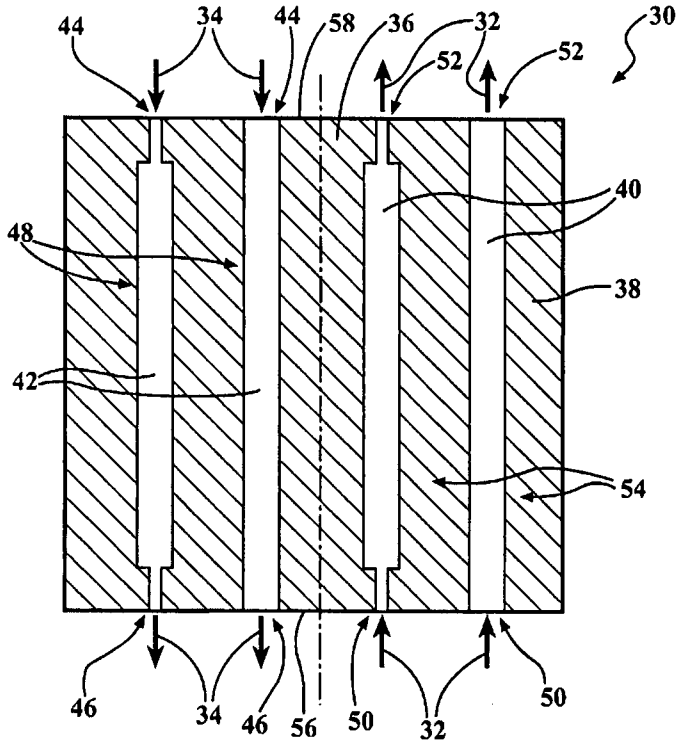

44
34
44
58
36
32
30
52
52
40
48
38
42
54
46
34
46
56
50
32
50

圖10

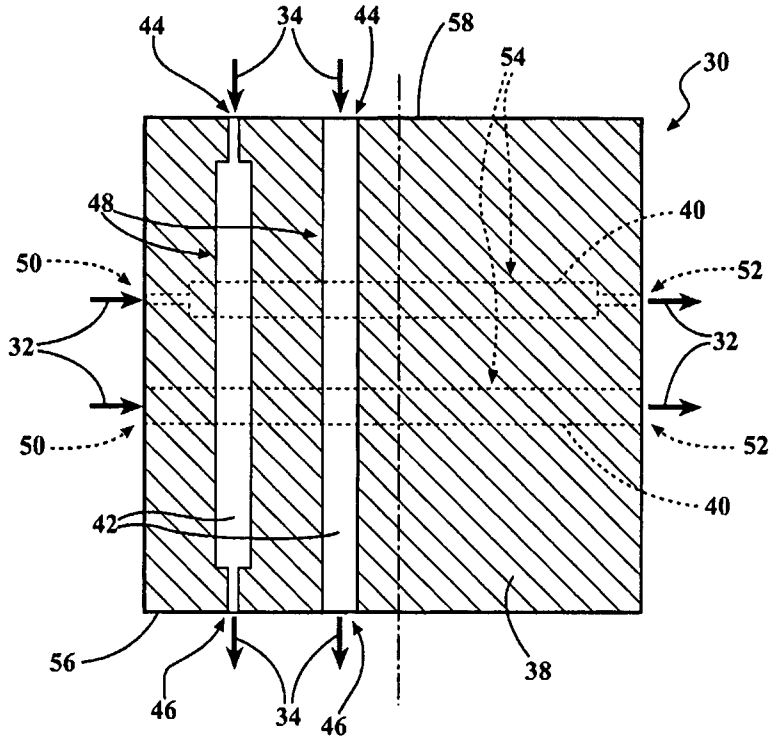

44
34
44
58
54
30
48
40
50
52
32
32
50
52
42
40
56
38
46
34
46

圖11

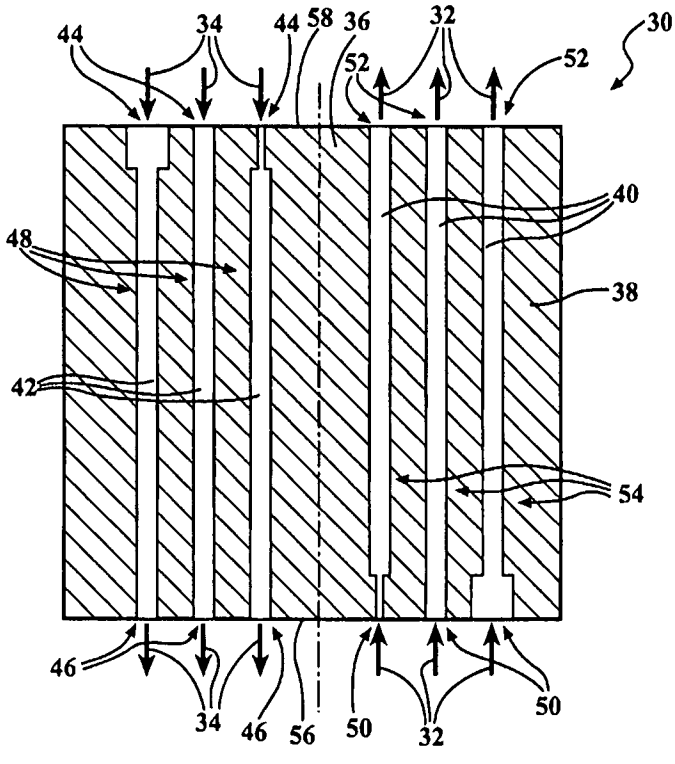

44
34
44
58
36
32
30
52
52
40
48
38
42
54
46
34
46
56
50
32
50

圖12

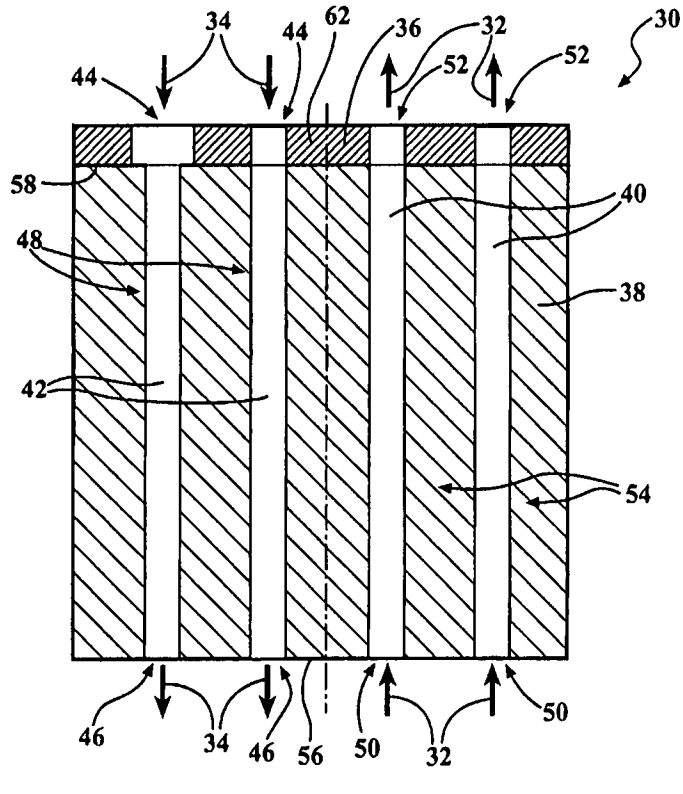

34
44
62
36
32
30
44
52
52
58
40
48
38
42
54
46
34
46
56
50
32
50

圖13

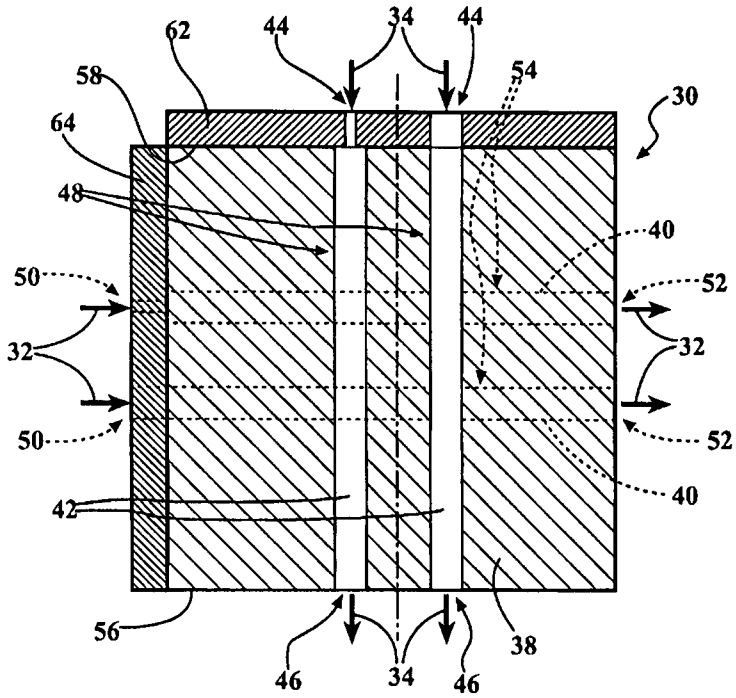

62
44
34
44
58
54
30
64
48
40
50
52
32
32
50
52
42
40
56
38
46
34
46

圖14

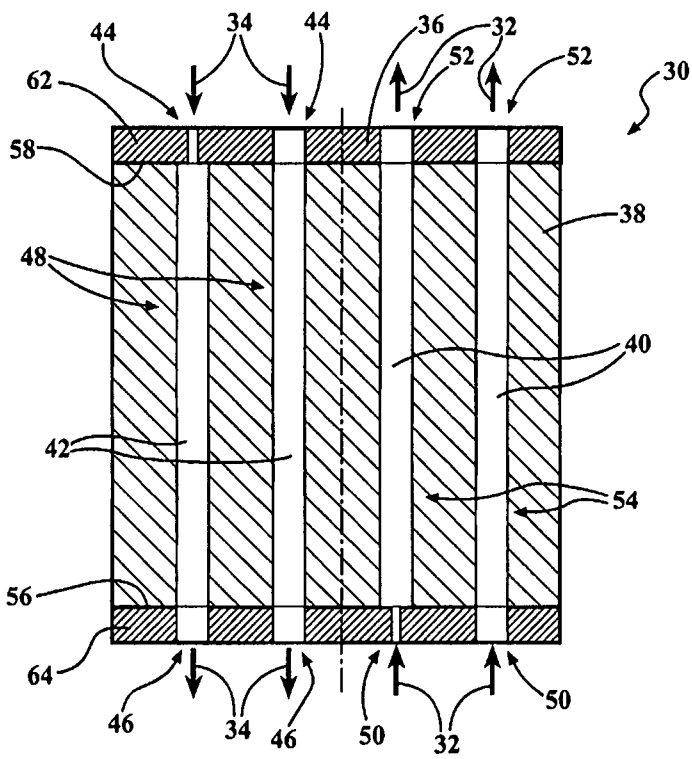

44
34
44
36
32
52
52
30
62
58
38
48
40
42
54
56
64
46
34
46
50
32
50

圖15

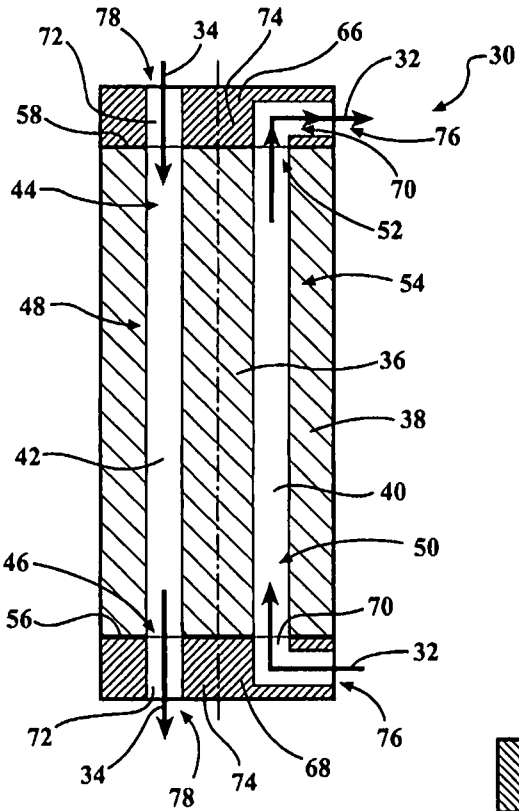

78
34
74
66
72
32
30
58
76
70
44
52
54
48
36
38
42
40
50
46
56
70
32
72
76
34
78
74
68

圖16

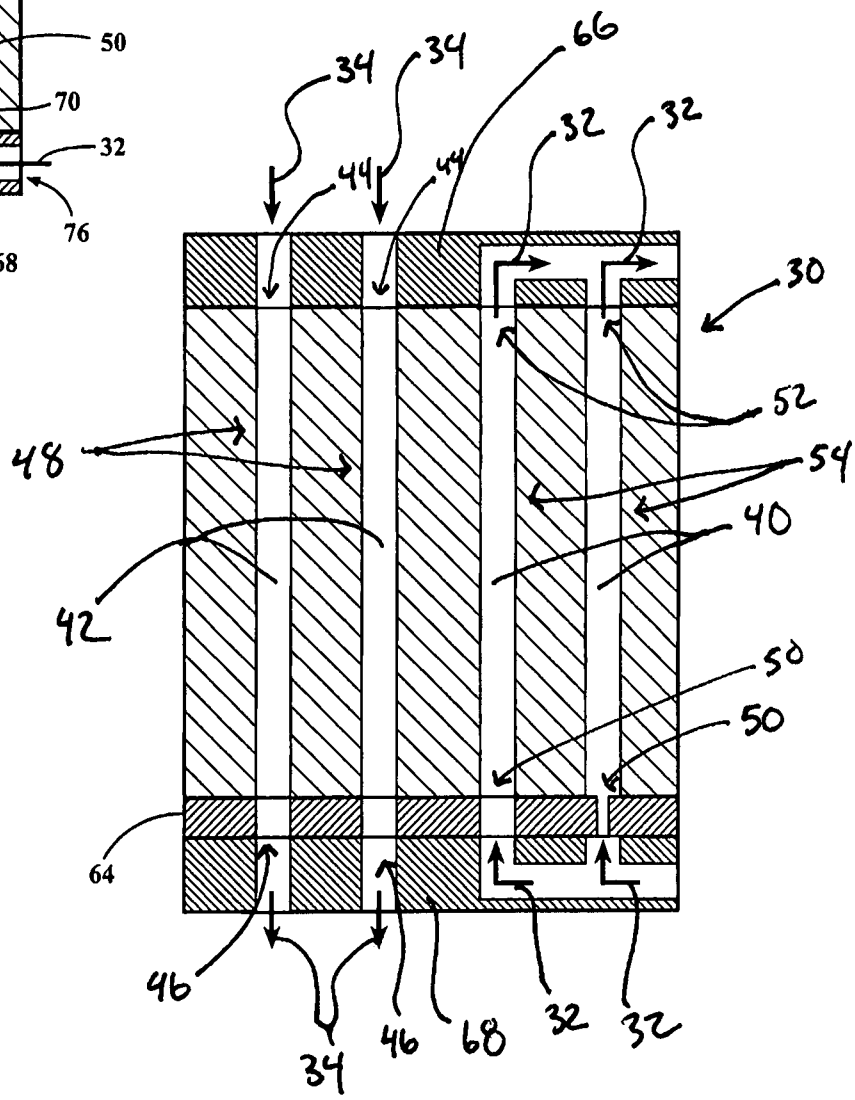

34
34
66
44
44
32
32
30
52
48
54
40
42
50
50
64
46
34
46
68
32
32

圖17

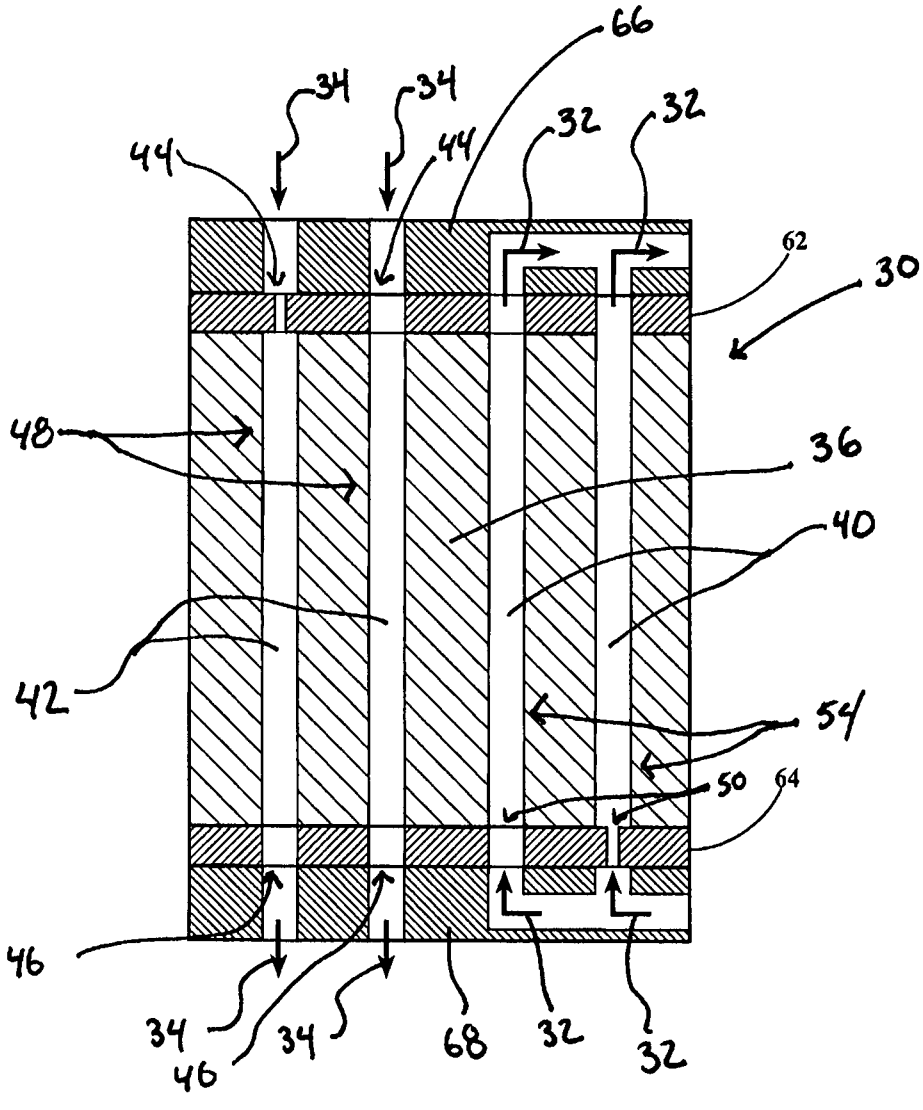

66
34
34
44
44
32
32
62
30
48
36
40
42
54
50
64
46
34
34
46
68
32
32

圖18

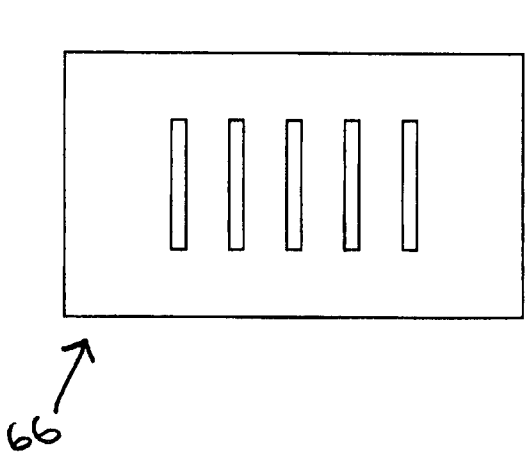

66

圖19

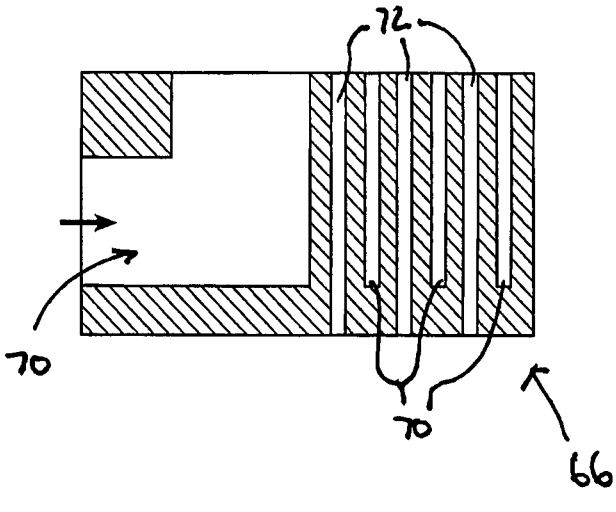

72
70
70
66

圖20

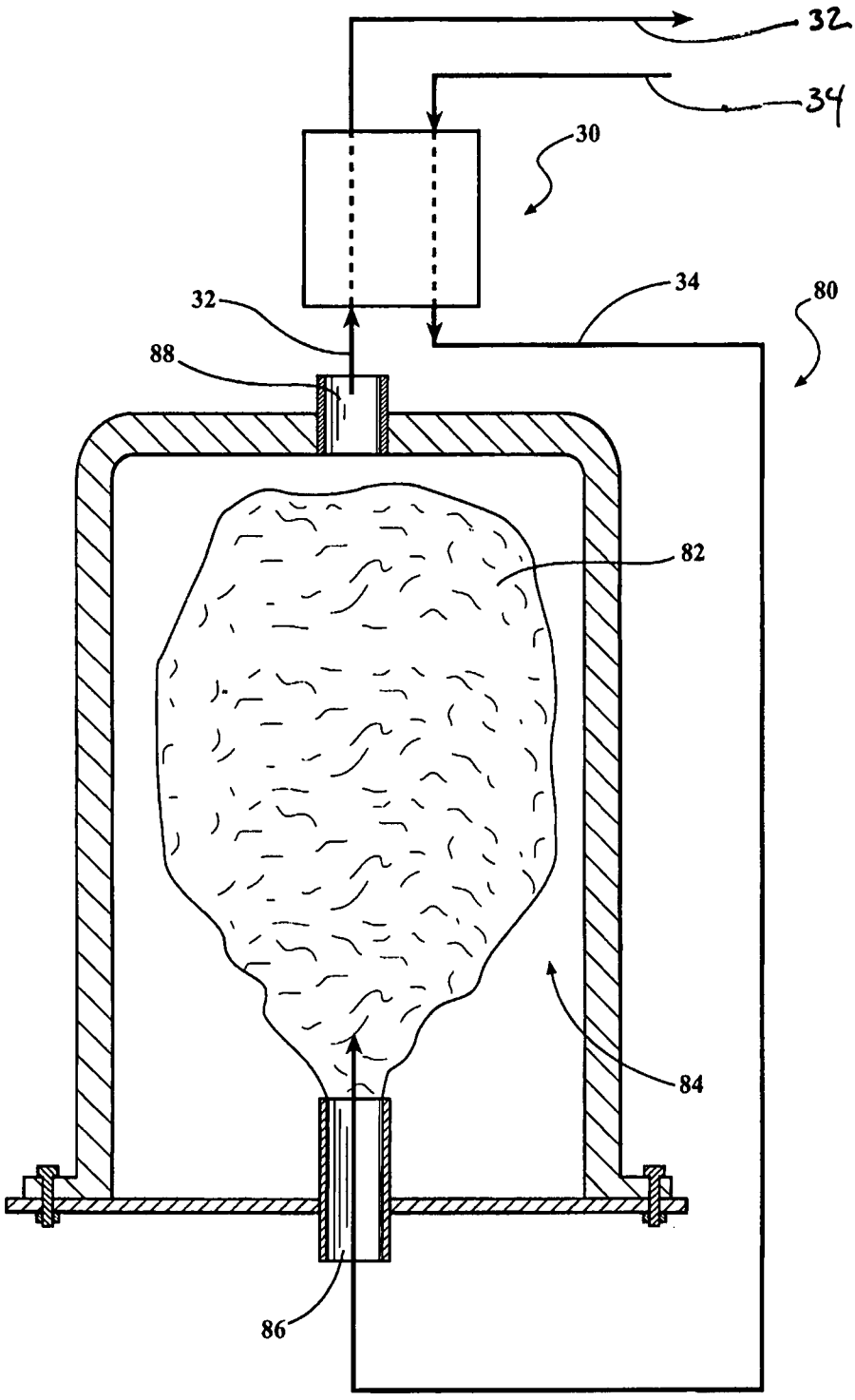


圖21

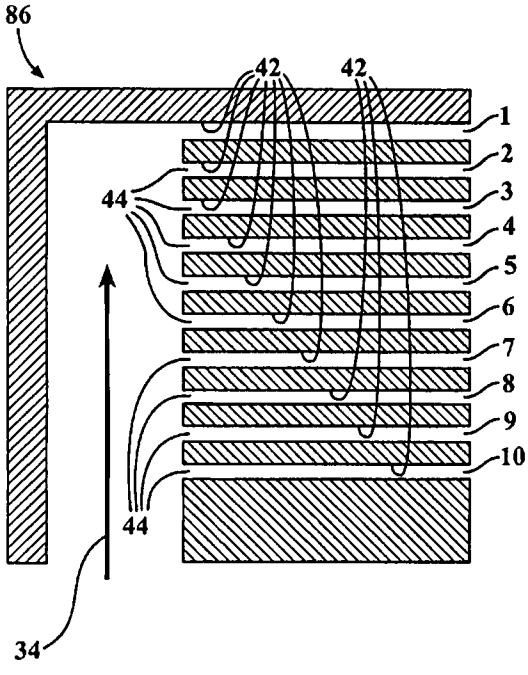


圖22

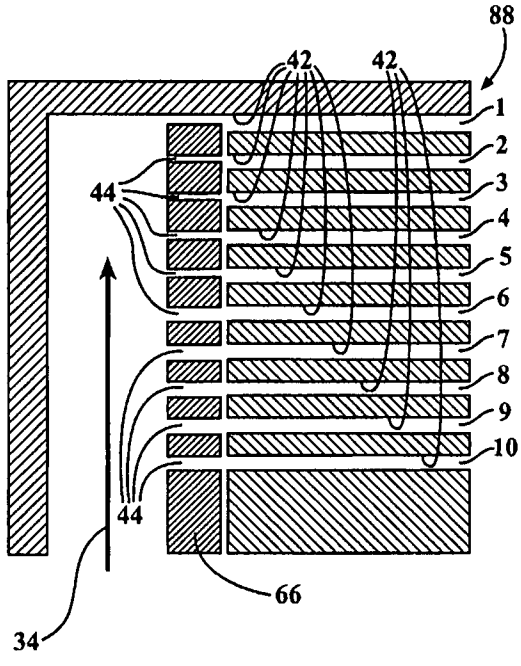


圖23

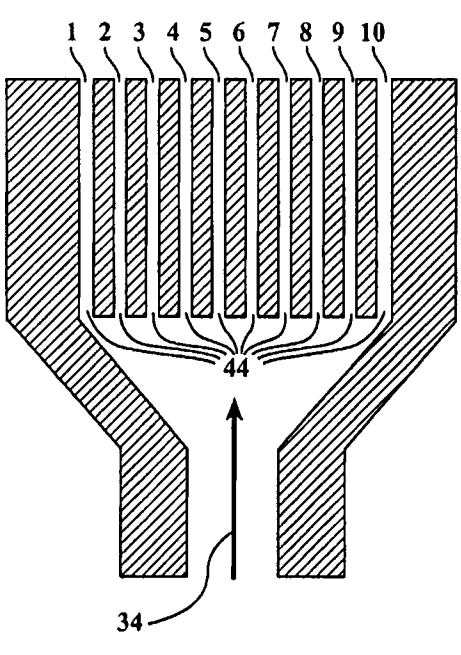


圖24

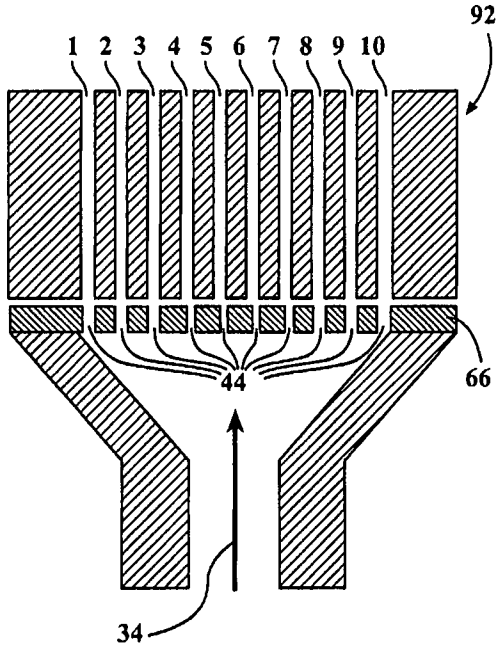


圖25

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

30 熱交換器

32 第一材料流

34 第二材料流

38 主體部分

40 排料通道

42 進料通道

44 進料入口

46 進料出口

48 主進料部分

50 排料入口

52 排料出口

54 主排料部分

56 排料表面

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

	第三測試熱交換器 90		第四測試熱交換器 92	
孔 #	進料入口 44 之直徑	所得的流速	進料入口 44 之直徑	所得的流速
1	0.40 英吋	1.27 lb/s	0.40 英吋	1.75 lb/s
2	0.40 英吋	1.17 lb/s	0.36 英吋	1.58 lb/s
3	0.40 英吋	1.65 lb/s	0.31 英吋	1.62 lb/s
4	0.40 英吋	2.08 lb/s	0.27 英吋	1.74 lb/s
5	0.40 英吋	2.23 lb/s	0.23 英吋	1.71 lb/s
6	0.40 英吋	2.23 lb/s	0.23 英吋	1.71 lb/s
7	0.40 英吋	2.08 lb/s	0.27 英吋	1.74 lb/s
8	0.40 英吋	1.65 lb/s	0.31 英吋	1.62 lb/s
9	0.40 英吋	1.17 lb/s	0.36 英吋	1.58 lb/s
10	0.40 英吋	1.27 lb/s	0.40 英吋	1.75 lb/s

表 2

【0054】 所得的通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的平均流速爲 1.68 lb/s。通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最大流速比第三測試熱交換器 90 的平均所得流速高 33%。通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最小流速比第三測試熱交換器 90 的平均所得流速低 33%。此外，通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最大流速比通過第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的最小流速高 90%。

【0055】 通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的平均所得流速爲 1.68 lb/s。通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最大流速比第四測試熱交換器 92 的平均所得流速高 4%。通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最小流速比第四測試熱交換器 92 的平均所得流速低 6%。此外，通過第四測試熱交換器 92 之進料通道 42 的最大流速比通過第四測試熱交換器

92 之進料通道 42 的最小流速高 11%。

【0056】 因此，因爲第四測試熱交換器 92 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差並不像第三測試熱交換器 90 之最大和最小流速相對於平均流速之間的差那麼大，所以可以得到的結論是，與第三測試熱交換器 90 之進料通道 42 的流速相比，第四測試熱交換器 92 在進料通道 42 內具有較平均分佈的流速。

【0057】 雖然已經參照例示性實施例描述了本發明，但本技術領域中具有通常知識者將瞭解的是，在不偏離本發明的範圍下可以做出各種變化而且其元件可被等同物取代。此外，在不偏離本發明的基本範圍下可以對本發明的教示做出許多修改來適應特定的情況或材料。因此，意圖使本發明不受限於所揭示之特定實施例，該揭示之特定實施例是考量用來進行本發明的最佳模式，而是本發明將包括所有落入所附申請專利範圍之範圍內的實施例。

【符號說明】

【0058】

30 熱交換器

32 第一材料流

34 第二材料流

36 壁

38 主體部分

40 排料通道

42 進料通道

44 進料入口

46 進料出口

48 主進料部分

50 排料入口

52 排料出口

54 主排料部分

56 排料表面

58 進料表面

60 序列

62 進料分佈器區塊

64 排料分佈器區塊

66 進料轉換區塊

68 排料轉換區塊

70 第一路徑

72 第二路徑

74 劃分壁

76 出口/排料口

78 口

80 反應器系統

82 進料氣體

84 反應室

86 進入口/第一測試熱交換器

88 排出口/第二測試熱交換器

90 第三測試熱交換器

92 第四測試熱交換器