



(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 I512240 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 11 日

(21)申請案號：100120069

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 08 日

(51)Int. Cl. : *F22B21/26 (2006.01)* *F22B1/06 (2006.01)*

(30)優先權：2010/06/08 美國 12/796,360

(71)申請人：MEMC 電子材料公司 (美國) MEMC ELECTRONIC MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：哈利 亞伯拉吉斯 HARI, ABARAJITH (IN)；顧志輝 GU, ZHIHUI (CN)；布沙拉
普 薩堤區 BHUSARAPU, SATISH (IN)；卓恩 提姆帝 黛恩 TRUONG,
TIMOTHY DINH (US)；古普塔 潘尼特 GUPTA, PUNEET (IN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2001/0047541A1

US 2009/0202957A1

審查人員：鄭博軒

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 26 頁

(54)名稱

三氯矽烷汽化系統

TRICHLOROSILANE VAPORIZATION SYSTEM

(57)摘要

本文中揭示一種用於使一液體汽化之熱交換器及一種使用該熱交換器之方法。該熱交換器包括一外殼、一管、一加熱器及複數個非反應性部件。該管安置於該外殼之內部中且具有一入口及一出口。該加熱器經組態以加熱該管。該複數個非反應性部件係以使得複數個空隙界定於該等部件與該管之間的一配置安置於該管之一內部空腔中。該配置亦准許液體通過該等空隙且自該管之該入口行進至管之該出口。當該液體通過該複數個空隙時，該複數個非反應性部件及該管將熱傳遞至該液體以便使該液體汽化。

A heat exchanger for vaporizing a liquid and a method of using the same are disclosed herein. The heat exchanger includes a housing, a tube, a heater, and a plurality of non-reactive members. The tube is disposed in the interior of the housing and has an inlet and an outlet. The heater is configured to heat the tube. The plurality of non-reactive members are disposed in an interior cavity of the tube in an arrangement such that a plurality of voids are defined between the members and the tube. The arrangement also permits liquid to pass through the voids and travel from the inlet of the tube to the outlet of tube. The plurality of non-reactive members and the tube transfer heat to the liquid as the liquid passes through the plurality of voids in order to vaporize the liquid.

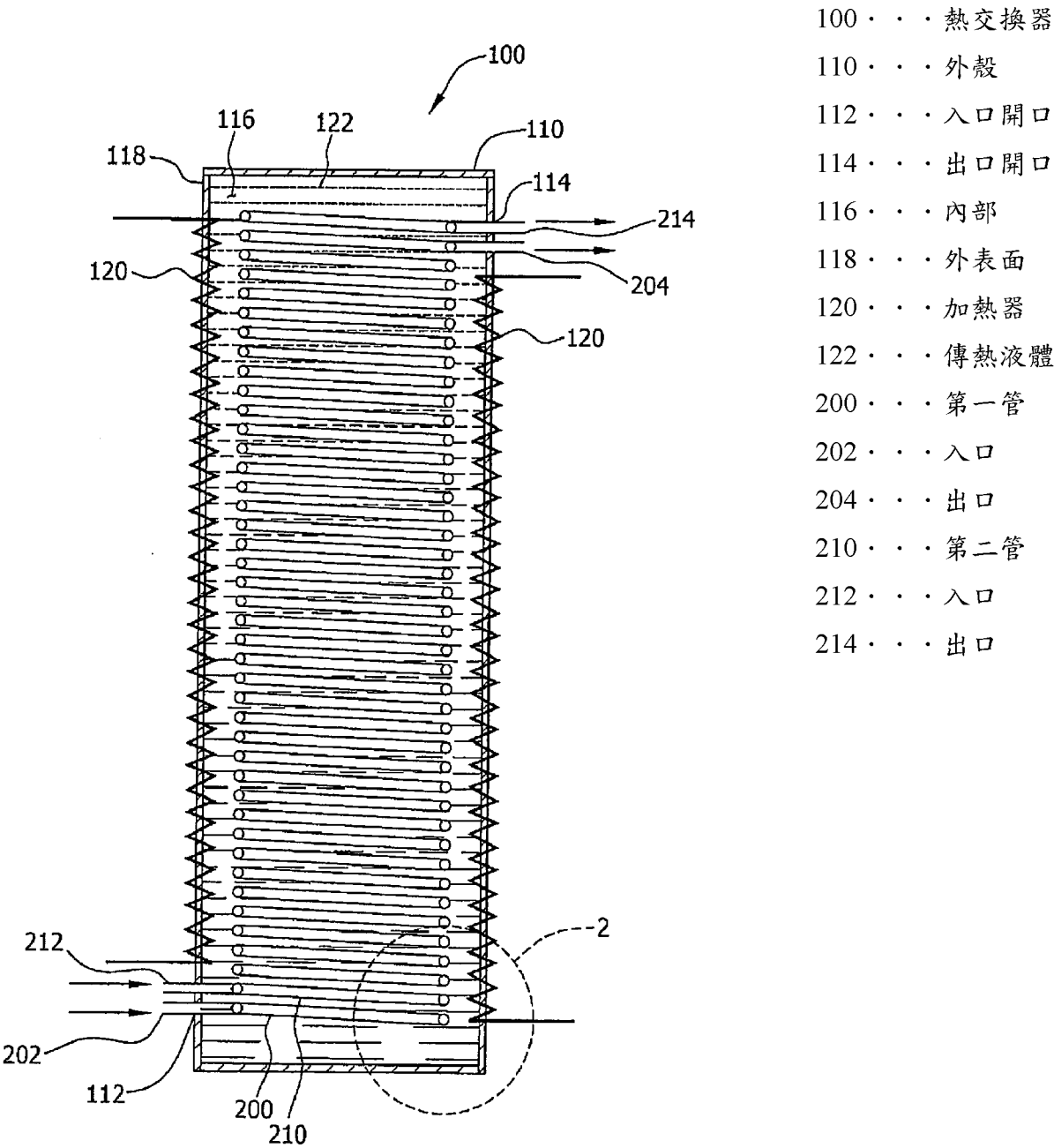


圖1

發明專利說明書

公告本

(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：100120069

※申請日：100.6.8

※IPC 分類：F25B7/06 (2006.01)

F25B7/06 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

三氯矽烷汽化系統

TRICHLOROSILANE VAPORIZATION SYSTEM

二、中文發明摘要：

本文中揭示一種用於使一液體汽化之熱交換器及一種使用該熱交換器之方法。該熱交換器包括一外殼、一管、一加熱器及複數個非反應性部件。該管安置於該外殼之內部中且具有一入口及一出口。該加熱器經組態以加熱該管。該複數個非反應性部件係以使得複數個空隙界定於該等部件與該管之間的一配置安置於該管之一內部空腔中。該配置亦准許液體通過該等空隙且自該管之該入口行進至管之該出口。當該液體通過該複數個空隙時，該複數個非反應性部件及該管將熱傳遞至該液體以便使該液體汽化。

三、英文發明摘要：

A heat exchanger for vaporizing a liquid and a method of using the same are disclosed herein. The heat exchanger includes a housing, a tube, a heater, and a plurality of non-reactive members. The tube is disposed in the interior of the housing and has an inlet and an outlet. The heater is configured to heat the tube. The plurality of non-reactive members are disposed in an interior cavity of the tube in an arrangement such that a plurality of voids are defined between the members and the tube. The arrangement also permits liquid to pass through the voids and travel from the inlet of the tube to the outlet of tube. The plurality of non-reactive members and the tube transfer heat to the liquid as the liquid passes through the plurality of voids in order to vaporize the liquid.

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：

100	熱交換器
110	外殼
112	入口開口
114	出口開口
116	內部
118	外表面
120	加熱器
122	傳熱液體
200	第一管
202	入口
204	出口
210	第二管
212	入口
214	出口

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：

【先前技術】

處於氣態之三氯矽烷常常用於含矽器件(諸如，半導體晶圓或太陽能電池)之製造中。在標準大氣條件下，三氯矽烷處於液態。在將三氯矽烷用於含矽器件之製造中之前，將三氯矽烷轉換成其氣態。此外，當將液態三氯矽烷轉換成其氣態時，可能不將其加熱至高於一特定溫度，此係因為如此進行導致三氯矽烷變得過度腐蝕性及/或反應性。

各種類型之鍋爐或汽化器已用以將液態三氯矽烷轉換成其氣態。舉例而言，開放式鍋爐通常加熱很大一池液態三氯矽烷且收集自該池蒸發之氣體。然而，此等開放式鍋爐產生不令人滿意之結果，此係由於鍋爐需要相當大之表面積以便在不超過指定溫度(三氯矽烷在該溫度下變得過度腐蝕性及/或反應性)之情況下使三氯矽烷汽化。已使用其他類型之鍋爐，其中使液態三氯矽烷通過一長的加熱管。然而，此等鍋爐亦產生不令人滿意之結果，此係因為該等鍋爐不能夠在不超過該溫度(三氯矽烷在該溫度下變得過度腐蝕性及/或反應性)之情況下使三氯矽烷完全汽化。

【發明內容】

一第一態樣為一種用於使一液體汽化之熱交換器，其包含一外殼、一管、一加熱器及複數個非反應性部件。該外殼具有一內部及一外表面。該管安置於該外殼之該內部中且具有一內部空腔。該管亦具有各自與該外殼之該外表面

向外隔開之一入口及一出口，且該入口經組態以用於將該液體之一流引入至該管中。該加熱器經安置而與該管及該外殼熱連通且經組態以加熱該管。該複數個非反應性部件係以使得複數個空隙界定於該複數個非反應性部件與該管之間的一配置安置於該管之該內部空腔中。該複數個非反應性部件之該配置准許該液體通過該複數個空隙且自該管之該入口行進至該管之該出口。當該液體通過該複數個空隙時，該複數個非反應性部件及該中空管將熱傳遞至該液體以便使該液體至少部分地汽化。

另一態樣為一種用於使一液體汽化之熱交換器，其包含一外殼、一管及複數個球形部件。該外殼具有一內部及一外表面。該管安置於該外殼中且具有經組態以用於將液體之一流引入至該管中之一入口。該管具有一內部空腔。該複數個球形部件係以使得複數個空隙安置於該複數個球形部件與該管之間的一配置安置於該管之該內部空腔中。該複數個球形部件之該配置准許該液體通過該複數個空隙且自該管之該入口行進至該管之出口。該複數個球形部件及該管經組態以在該液體通過該複數個空隙時，將熱傳遞至該液體以使該液體至少部分地汽化。

再一態樣為一種使一液體汽化之方法。該方法包含起始該液體至一熱交換器中之一管之一入口中的一流動，該管包括球形部件。接著加熱該熱交換器中之該管。接著藉由使該液體通過該管而使該液體汽化成一氣體。藉由一熱源加熱該等球形部件以在該液體通過界定於該等球形部件與

該管之間的複數個空隙時，將熱傳遞至該液體。接著自該熱交換器中移除該氣體。

再一態樣為一種使液態三氯矽烷汽化之方法。該方法包含起始液態三氯矽烷至一第一熱交換器之一入口中的一流動。接著藉由使該三氯矽烷通過該第一熱交換器中的具有複數個非反應性部件之一第一管而使該液態三氯矽烷部分地汽化成一氣態。藉由一第一熱源加熱該等非反應性部件且其中當該三氯矽烷通過該等非反應性部件時，該等非反應性部件將熱傳遞至該三氯矽烷。接著自該第一熱交換器中移除該部分汽化之三氯矽烷。接著混合該部分汽化之三氯矽烷與一第一氣體，從而產生部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之一混合物。接著起始部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之該混合物至一第二熱交換器中之一第二管中的一流動，該第二管包括非反應性部件。接著藉由使該混合物通過該第二管而使部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之該混合物汽化。藉由一第二熱源加熱該等非反應性部件，且在該混合物通過該等非反應性部件時，將熱傳遞至該混合物。接著自該第二熱交換器中移除汽化之三氯矽烷與第一氣體之該混合物。

存在關於上文所提及之態樣所註釋之特徵的各種改進。其他特徵亦可併入於上文所提及之態樣中。此等改進及額外特徵可個別地或以任何組合存在。舉例而言，下文關於所說明實施例中之任一者所論述的各種特徵可單獨地或以任何組合併入至上文所描述之態樣中之任一者中。

【實施方式】

現參看諸圖且特定參看圖1，大體上以100指示熱交換器。本文中所描述之熱交換器100用於在含矽器件(例如，晶圓或太陽能電池)之製造中後續使用的液態三氯矽烷(SiCl_3)之汽化中。然而，熱交換器100同等地極適合於用於加熱任何液體或使任何液體汽化，且在不偏離本發明之範疇的情況下，該熱交換器可用於任何此目的。本文中亦參考「使三氯矽烷汽化」且此參考應理解為意謂將液態三氯矽烷轉換成其氣態。部分汽化之三氯矽烷指代部分地轉換成氣體之三氯矽烷(亦即，某量之三氯矽烷保持處於液態)。

如圖1中所展示，熱交換器100包括形成一封閉體之外殼110及入口開口112及出口開口114。外殼110具有內部116及外表面118。外殼110係由任何合適材料(諸如，鋼或其合金)形成。外殼110之總體形狀為大體上圓柱形，但在不偏離本發明之範疇的情況下，外殼可以不同方式塑形(例如，矩形、正方形、圓形等)。外殼110亦經足夠密封(入口開口及出口開口除外)，以使得外殼能夠將傳熱流體122(廣泛地，傳熱介質)包含於其中(下文加以更詳細論述)。外殼110亦可含有攪拌器(圖中未繪示)或其他器件以使傳熱流體122在外殼內循環。

加熱器120圍繞外殼110之至少一部分而安置。加熱器120為適合於加熱外殼110及安置於外殼內的熱交換器100之其他組件(亦即，管、球形部件、傳熱流體及三氯矽烷)

的任何器件。加熱器120鄰近外殼而安置，且在圖1中，加熱器120安置於外殼110之外表面118上，而在其他實施例中，加熱器可安置於外殼之內部116中或可改為與外殼整體形成。在圖1中，加熱器120為一電阻加熱器，而在其他實施例中，加熱器可為輻射或燃燒加熱器。加熱器120連接至一控制其操作之合適控制系統(圖中未繪示)。

第一管200及第二管210係以螺旋狀配置安置於外殼110之內部116中。在其他實施例中，可使用單一管，而在再其他實施例中，可使用兩個以上管。此外，管200、210可並不處於螺旋狀配置且可改為配置於外殼110之內部116內的任何合適位置中。舉例而言，管200、210可以環狀配置安置於外殼110內。

如圖2中所展示，管200、210係以螺旋狀配置安置且各自彼此分離一距離，以使得傳熱流體122可在該等管中之每一者內循環。根據一實施例，管200、210可分離一等於約該等管之直徑的距離。管200、210之側壁206、216為不透液體及氣體的且准許液體(例如，三氯矽烷)在其中流動而無液體自管洩漏。管200、210之側壁206、216在高溫下在存在三氯矽烷之情況下亦為足夠非反應性的(例如，不鏽鋼或鈦)。管200、210中之每一者具有各別入口202、212及出口204、214。此外，管200、210中之每一者具有一內部空腔，且第一管之內部空腔220展示於圖3中。

如圖3中所展示，球形部件300(廣泛地，「非反應性部件」)係以一密排配置安置於管200、210中之每一者中，

以便限制該等球形部件在該等管內移動。保持部件(圖中未繪示)可用於管200、210中之每一者之入口202、212及出口204、214處，以使球形部件300保持在該等管內。該等保持部件可具有形成於其中之開口，該等開口之直徑小於球形部件300之直徑，以便允許液體及/或氣體流經該等開口同時防止該等球形部件穿過該等開口。球形部件300經定位以使得藉由加熱器120加熱外殼110及管200、210導致該等球形部件之加熱。

空隙310係藉由球形部件300與管200、210之側壁206、216之間的空的空間來界定。空隙310准許氣體流經管200、210且球形部件300經設定大小以使得足夠量之液體及/或氣體能夠流經該等空隙。舉例而言，球形部件300中之每一者之直徑可小於管200、210之直徑的二分之一。在圖3中，球形部件300之直徑為管200之直徑的約20%且因此五個球形部件與沿著該管之一直徑繪製的線D相交。在一實施例中，管200、210之直徑為約0.75英吋，側壁206、216之厚度為約0.065英吋，且球形部件300之直徑為約0.125英吋。

不同大小之球形部件300可用於管200、210中以便使空隙310之容積變化。舉例而言，較大直徑(相對於管之直徑而言)球形部件300可用以增加空隙310之容積，此係由於球形部件之相當較大之直徑導致空隙具有對應較大之容積。此外，較小直徑球形部件300可用以減小空隙310之容積且對應地增加球形部件之總表面積，液體及/或氣體在

其流經管200、210中之空隙時與該等球形部件接觸。增加管200、210中所含有的球形部件300之表面積導致至流經空隙310且接觸該等球形部件之三氯矽烷的熱傳遞的增加之量與速率兩者。

球形部件300係由在高溫下在存在三氯矽烷之情況下不會與三氯矽烷起反應或降解的非反應性材料形成。此等材料之實例包括各種類型之不鏽鋼、鈦及超合金。此外，雖然圖3中展示球形部件300，但該等部件可改為以不同方式塑形。部件300可具有允許該等部件以一密排配置安置於管200、210中之任何幾何形狀，該密排配置導致產生准許液體及/或氣體流經之空隙310。舉例而言，部件300可各自具有一不同形狀(例如，一些部件可為球形，而其他部件為立方體或不同類型之多邊形)，或該等部件可各自以類似方式塑形。此外，部件300可各自具有不同之不規則形狀。

傳熱流體122安置於外殼110之內部116中且環繞管200、210。傳熱流體122用以將來自外殼110及加熱器120之熱傳遞至管200、210。可使用具有一合適之較高熱導率的任何合適流體。合適傳熱流體之實例包括液態金屬(例如，鈉或汞)、水、鹽水、油或其組合。在此等實施例中，可自外殼110中移除管200、210以用於維護(例如，清洗)或替換。

在另一實施例中，未使用傳熱流體，且改為將管200、210包裹於環繞外殼110內之該等管之鋁(亦即，傳熱介質)

中。首先使鋁熔融成液態且接著將鋁澆注至外殼110中，以使得熔融鋁環繞管200、210且接著凝固。在此實施例中，鋁用以包裹管200、210(由於鋁之熱導率)。在其他實施例中，可由一不同類型之金屬來環繞管200、210。

圖4展示用於使液態三氯矽烷汽化之系統400。該系統使用與圖1至圖3中所展示之熱交換器類似或相同的多個熱交換器。圖4中所展示之熱交換器之數目及組態本質上為例示性的且可在不偏離本發明之範疇的情況下加以修改。舉例而言，系統400中所使用之加熱器之數目及組態可受以下各者影響：汽化之液體之流動速率、液體之沸點、液體之熱性質(例如，熱導率)，及液體可被加熱至之最高溫度。

首先將液態三氯矽烷之流分裂成各自接著分別饋入至第一熱交換器402及第二熱交換器404中之兩個平行流。接著在自各別熱交換器中之每一者中移除液態三氯矽烷(亦即，自熱交換器之出口流出)之前，在第一熱交換器402及第二熱交換器404中之每一者中使液態三氯矽烷部分地汽化。接著將部分汽化之三氯矽烷(亦即，三氯矽烷之一部分保持處於液態形式，而另一部分處於氣態)分別導引至第三熱交換器410及第四熱交換器412中。接著在自各別熱交換器中移除部分汽化之三氯矽烷之前，在第三熱交換器410及第四熱交換器412中使部分汽化之三氯矽烷進一步汽化(亦即，氣態三氯矽烷對液態三氯矽烷之百分比增加)。

接著將部分汽化之三氯矽烷之平行流重新混合在一起且

混合氫氣與部分汽化之三氯矽烷。接著將該流重新分裂成各自接著分別饋入至第五熱交換器420及第六熱交換器422中之兩個平行流。接著在第五熱交換器420及第六熱交換器422中使部分汽化之三氯矽烷進一步汽化至實質上所有三氯矽烷處於氣態之點。然而，相對較少量(亦即，小於1重量%)之三氯矽烷可在離開第五熱交換器420及第六熱交換器422後保持處於液態形式。接著使汽化之三氯矽烷之平行流一起返回至一單一槽中且加以儲存以用於稍後使用或導引至一後續處理操作。

圖5描繪在上文關於圖1至圖3所描述之熱交換器中使液體汽化之方法500。該方法以區塊510開始，在區塊510中，起始一液體(例如，溫度敏感性液體，諸如三氯矽烷)至一熱交換器中之一管之一入口中的一流動。在區塊520中，藉由一加熱器或其他熱源加熱該熱交換器中之該管。接著在區塊530中，藉由使該液體通過熱交換器中的填充有球形部件之管而使該液體汽化成一氣體。該液體係藉由自管內之球形部件傳遞至該液體之熱而汽化。接著在區塊540中，自熱交換器中之管中移除氣體且儲存該氣體或在一後續處理操作中使用該氣體。

圖6描繪以與上文在圖4中所展示之汽化類似或相同之三氯矽烷汽化使液態三氯矽烷汽化之方法600。該方法以區塊610開始，在區塊610中，起始液態三氯矽烷在第一熱交換器中之一流動。接著在區塊620中，在該第一熱交換器中藉由使該三氯矽烷通過填充有非反應性部件(例如，上

文在圖1至圖3中所描述之球形部件)之一管而使該液態三氯矽烷部分地汽化。

在區塊630中，自該第一熱交換器中移除部分汽化之三氯矽烷。接著在區塊640中，混合部分汽化之三氯矽烷與氫氣。接著在區塊650中，將部分汽化之三氯矽烷與氫氣之混合物導引至一第二熱交換器中。一旦處於該第二熱交換器中，便接著在區塊660中，藉由使該混合物通過該第二熱交換器中的填充有非反應性部件之管而使該混合物汽化。在區塊670中，接著自該第二熱交換器中移除三氯矽烷與氫氣之汽化混合物。

不受任何特定理論束縛，咸信，安置於管中之球形部件增加傳遞至三氯矽烷之熱之速率及量，此係因為該等球形部件增加與三氯矽烷接觸之熱交換器之表面積。與三氯矽烷接觸之熱交換器之表面積的增加准許以比習知管型熱交換器中可能之速率大的速率將更多熱傳遞至三氯矽烷。在操作中，當液態三氯矽烷開始汽化且氣態對液態三氯矽烷之比例增加時，傳熱係數增加。傳熱係數之此增加顯著地減小傳遞至部分汽化之三氯矽烷之熱之速率及量。在不使用球形部件之傳統管型熱交換器中，將剩餘量之液態三氯矽烷轉換成氣態耗費較長時間(與本發明之實施例相比較)。因此，管必須愈來愈長或必須減小三氯矽烷之流動速率以便確保：將足夠熱傳遞至三氯矽烷以便使三氯矽烷汽化。如上文所描述，僅增加熱交換器之溫度並非增加汽化率之可行選項，此係因為在高於特定溫度(例如，450°F)

之溫度下，三氯矽烷變得過度腐蝕性及反應性。因此，在傳統管型熱交換器中，使三氯矽烷完全汽化變得愈來愈困難(若非不可能)。

上文所描述之熱交換器及球形部件極大地增加了與通過熱交換器之三氯矽烷接觸的熱交換器之表面積(亦即，管及球形部件之表面積)。表面積之此增加導致熱交換器將熱傳遞至三氯矽烷之能力的對應增加(甚至當三氯矽烷之實質部分已汽化時亦如此)。因此，傳遞至三氯矽烷之熱的速率及量之增加導致實質上所有液態三氯矽烷被轉換成其氣態。上文所描述之熱交換器之效率亦增加，此係因為當與傳統管型熱交換器相比較時，較大量之熱經傳遞至三氯矽烷且液態三氯矽烷更迅速地轉換成其氣態。歸因於熱交換器之增加之效率，故管之相當大小、管之長度及使三氯矽烷汽化所需的熱量減小(當與傳統管型熱交換器相比較時)。管之相當大小、管之長度及使三氯矽烷汽化所需的熱量之此減小亦顯著地減少與使三氯矽烷汽化相關聯之資金成本(亦即，系統之組件之實際成本)與系統之操作成本兩者。

除非另外指定，否則本文中所說明及所描述的本發明之實施例中的操作之實行或執行之次序並非必需的。亦即，除非另外指定，否則操作可以任何次序執行，且本發明之實施例可包括額外操作或比本文中所揭示之操作少的操作。舉例而言，預期，在另一操作之前、同時或之後實行或執行一特定操作在本發明之態樣之範疇內。

當引入本發明或本發明之實施例之元件時，詞「一」及「該」意欲意謂存在該等元件中之一或多者。術語「包含」、「包括」及「具有」意欲為包括性的且意謂可存在除所列舉元件之外的額外元件。

由於可在不偏離本發明之範疇的情況下對上述構造作出各種改變，故希望上述描述中所含有的且附圖中所展示之所有內容應被解譯為說明性的且無限制性意義。

【圖式簡單說明】

圖1為一實施例之一熱交換器之橫截面；

圖2為圖1之熱交換器之一部分的放大圖；

圖3為圖2之熱交換器中之管的一部分沿著線3-3截取的橫截面；

圖4為三氯矽烷汽化系統之示意圖；

圖5為描繪使一液體汽化之方法之方塊圖；及

圖6為描繪使液態三氯矽烷汽化之方法之方塊圖。

【主要元件符號說明】

100	熱交換器
110	外殼
112	入口開口
114	出口開口
116	內部
118	外表面
120	加熱器
122	傳熱液體

200	第一管
202	入口
204	出口
206	側壁
210	第二管
212	入口
214	出口
216	側壁
220	內部空腔
300	球形部件
310	空隙
400	用於使液態三氯矽烷汽化之系統
402	第一熱交換器
404	第二熱交換器
410	第三熱交換器
412	第四熱交換器
420	第五熱交換器
422	第六熱交換器
500	在熱交換器中使液體汽化之方法
600	使液態三氯矽烷汽化之方法
D	沿著管之直徑繪製之線

七、申請專利範圍：

1. 一種用於使一液體汽化之熱交換器，其包含：

一外殼，其具有一內部及一外表面；

一管，其安置於該外殼之該內部中，該管具有一內部空腔，該管具有各自與該外殼之該外表面向外隔開之一入口及一出口，該入口經組態以用於將該液體之一流引入至該管中；

一金屬傳熱介質，其包裝該外殼中之該管；

一加熱器，其經安置而與該管及該外殼熱連通且經組態以加熱該管；

複數個非反應性部件，該複數個非反應性部件係以使得複數個空隙界定於該複數個非反應性部件與該管之間的一配置安置於該管之該內部空腔中，其中該複數個非反應性部件之該配置准許該液體通過該複數個空隙且自該管之該入口行進至該管之該出口，且其中該複數個非反應性部件之一第一子集具有不同於該複數個非反應性部件之一第二子集的一形狀，該第一子集包含多個非反應性部件且該第二子集包含多個非反應性部件；且

其中當該液體通過該複數個空隙時，該複數個非反應性部件及該中空管將熱傳遞至該液體以便使該液體至少部分地汽化。

2. 如請求項1之熱交換器，其中該管係以一螺旋狀配置安置於該外殼之該內部中。

3. 如請求項1之熱交換器，其中該複數個非反應性部件之

該第一子集係以球形方式塑形。

4. 如請求項3之熱交換器，其中該複數個非反應性部件包括金屬。
5. 如請求項1之熱交換器，其中該複數個非反應性部件之該第一子集中之每一者具有一直徑，其小於該管之一直徑的二分之一。
6. 如請求項1之熱交換器，其進一步包含一傳熱介質，該傳熱介質安置於該外殼之該內部中且至少部分地環繞該管。
7. 一種用於使一液體汽化之熱交換器，其包含：
 - 一外殼，其具有一內部及一外表面；
 - 一管，其安置於該外殼中，該管具有經組態以用於將液體之一流引入至該管中之一入口，該管具有一內部空腔；
 - 一金屬傳熱介質，其包裝該外殼中之該管；複數個非反應性部件，該複數個非反應性部件係以使得複數個空隙安置於該複數個非反應性部件與該管之間的一配置安置於該管之該內部空腔中，其中該複數個非反應性部件之該配置准許該液體通過該複數個空隙且自該管之該入口行進至該管之出口，且其中該複數個非反應性部件及該管經組態以在該液體通過該複數個空隙時將熱傳遞至該液體以使該液體至少部分地汽化，且其中該複數個非反應性之一第一子集具有一球形，且該複數個非反應性之一第二子集具有不同形狀，該第一子集包

含多個非反應性部件且該第二子集包含多個非反應性部件。

8. 如請求項7之熱交換器，其中該複數個非反應性部件一起之一容積為該管之一容積之至少約30%。
9. 如請求項7之熱交換器，其中一加熱器經組態以加熱該管，該加熱器鄰近該外殼而安置。
10. 如請求項7之熱交換器，其中一加熱器鄰近該外殼之該外表面及該外殼之該內部中的一者而定位。
11. 如請求項7之熱交換器，其中該等非反應性部件包括不鏽鋼及鈦中之至少一者。
12. 如請求項7之熱交換器，其中該複數個非反應性部件之該第一子集中之每一者具有一直徑，其小於該管之一直徑之約25%。
13. 如請求項7之熱交換器，其進一步包含：

一第二管，其安置於該外殼之該內部中且具有經組態以用於將液體之一流引入至該第二管之一入口及一出口，該第二管具有一內部空腔；及

第二複數個非反應性部件，該第二複數個非反應性部件係以使得第二複數個空隙安置於該第二複數個非反應性部件與該第二管之間的一配置安置於該管之該內部空腔中，其中該第二複數個非反應性部件之該配置准許該液體通過該第二複數個空隙且自該第二管之該入口行進至該第二管之該出口，且其中該第二複數個非反應性部件及該管經組態以在該液體通過該第二複數個空隙時將

熱自一熱源傳遞至該液體以使該液體至少部分地汽化。

14. 一種使一液體汽化之方法，該方法包含：

起始該液體至一熱交換器中之一管之一入口中的一流動，該管包括非反應性部件，其中該非反應性部件之一第一子集具有一球形，且該非反應性部件之一第二子集具有不同形狀，該第一子集包含多個非反應性部件且該第二子集包含多個非反應性部件；

加熱該熱交換器中之該管，其中一金屬傳熱介質包裝一外殼中之該管；

藉由使該液體通過該管而使該液體汽化成一氣體，其中該等非反應性部件係藉由一熱源加熱且其中當該液體通過界定於該等非反應性部件與該管之間的複數個空隙時，該等非反應性部件將熱傳遞至該液體；及

自該熱交換器中移除該氣體。

15. 如請求項14之使一液體汽化之方法，其中該熱交換器中之該管係藉由一電阻加熱器加熱。

16. 如請求項14之使一液體汽化之方法，其中該等非反應性部件安置於該管之一內部空腔中，以使得該液體能夠流經安置於該複數個非反應性部件之間的複數個空隙。

17. 如請求項14之使一液體汽化之方法，其進一步包含混合自該熱交換器中移除之該氣體與一第一氣體。

18. 一種使液態三氯矽烷汽化之方法，該方法包含：

起始液態三氯矽烷至一第一熱交換器之一入口中的一流動；

藉由使該三氯矽烷通過該第一熱交換器中的具有複數個非反應性部件之一第一管而使該液態三氯矽烷部分地汽化成一氣態，其中該等非反應性部件係藉由一第一熱源加熱且其中當該三氯矽烷通過該等非反應性部件時，該等非反應性部件將熱傳遞至該三氯矽烷；

自該第一熱交換器中移除該部分汽化之三氯矽烷；

混合該部分汽化之三氯矽烷與一第一氣體，從而產生部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之一混合物；

起始部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之該混合物至一第二熱交換器中之一第二管中的一流動，該第二管包括非反應性部件；

藉由使該混合物通過該第二管而使部分汽化之三氯矽烷與該第一氣體之該混合物汽化，其中該等非反應性部件係藉由一第二熱源加熱且其中當該混合物通過該等非反應性部件時，該等非反應性部件將熱傳遞至混合物；及

自該第二熱交換器中移除汽化之三氯矽烷與第一氣體之該混合物。

19. 如請求項18之方法，其中該第一管及該第二管中之該等非反應性部件為由不鏽鋼及鈦中之一者形成的複數個球形部件。
20. 如請求項19之方法，其中該第一管中之該複數個球形部件中之每一者的一直徑小於該第一管之一直徑的二分之一且其中該第二管中之該複數個球形部件中之每一者的一直徑小於該第二管之一直徑的二分之一。

八、圖式：

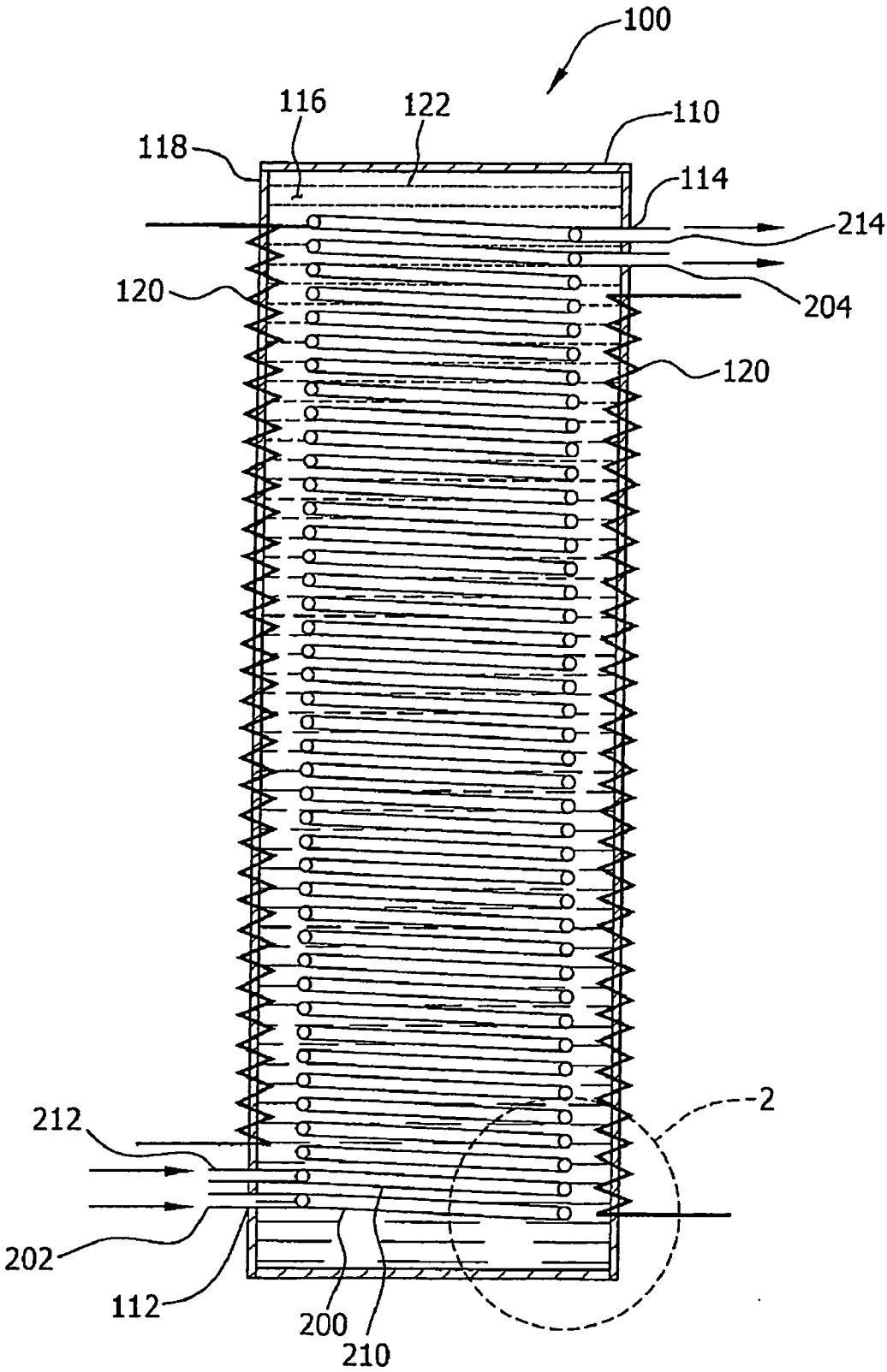


圖1

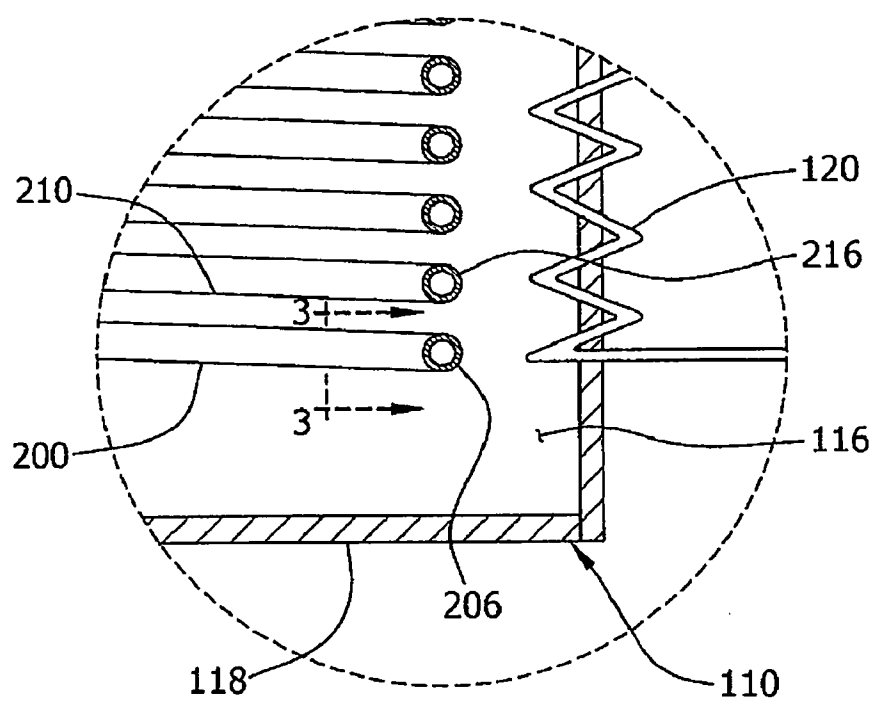


圖2

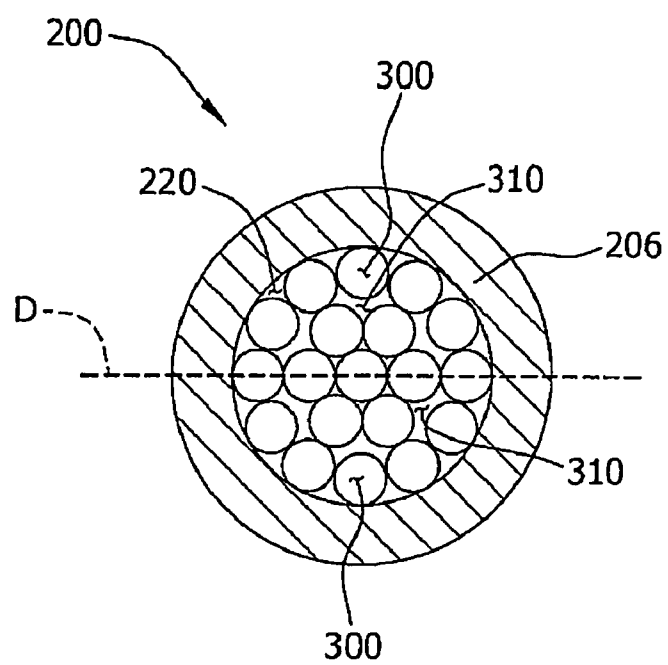
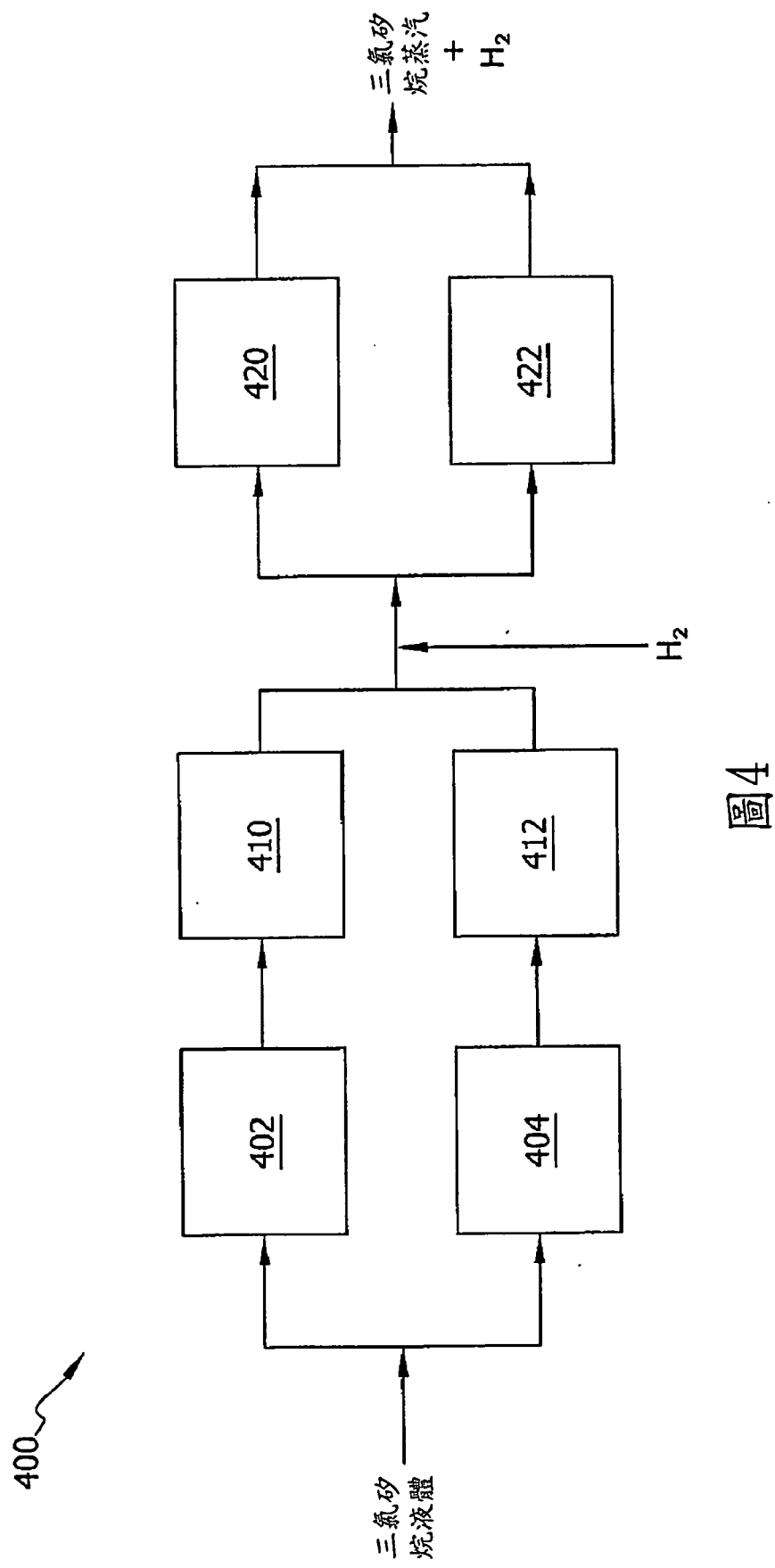


圖3



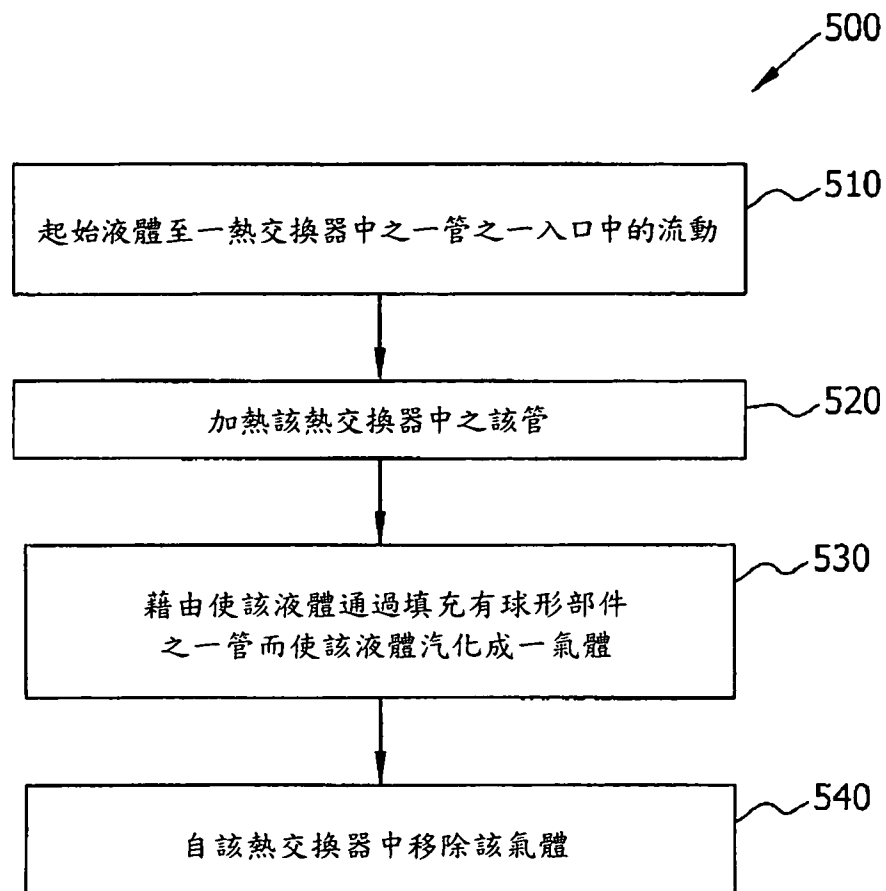


圖5

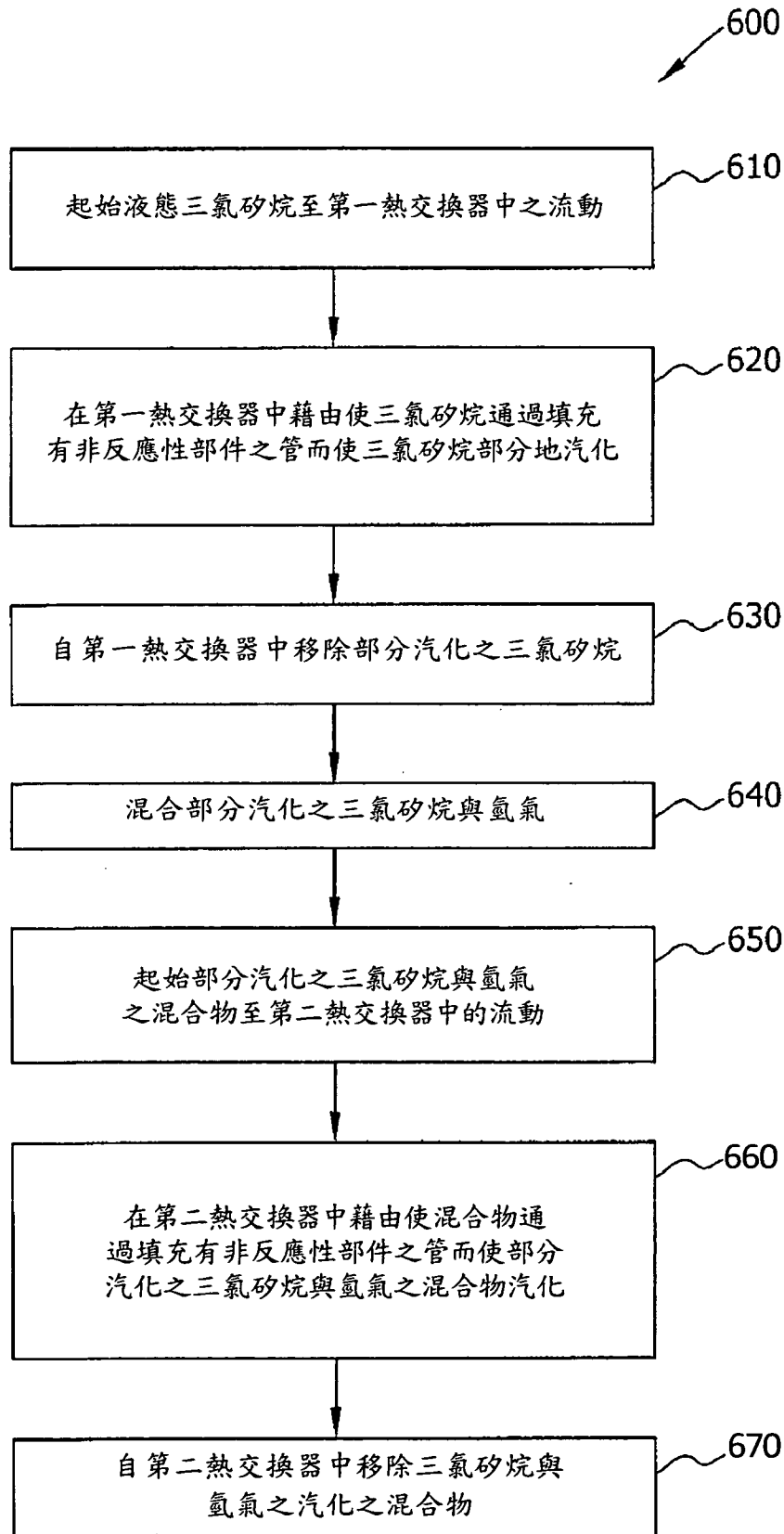


圖6