

(21)申請案號：098115642

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 05 月 12 日

(51)Int. Cl.：

C30B25/08 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2008/05/23

美國

61/128,847

2009/02/11

美國

12/378,250

(71)申請人：R E C 多晶矽公司 (美國) REC SILICON INC (US)

美國

(72)發明人：休果 法蘭西 HUGO, FRANZ (DE)

(74)代理人：桂齊恆；閻啟泰

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：7 共 33 頁

(54)名稱

凝殼反應器

SKULL REACTOR

(57)摘要

本文揭示一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包括：將含矽進料或反應性含金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；在反應空間內產生足以產生液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；在反應器腔壁外部產生第二熱能使得來自第二熱能的熱流對反應器腔壁的外部表面產生起初影響；藉由控制第一熱能源和第二熱能源，建立在高於或低於矽或反應性金屬的熔點溫度的溫度範圍內之內部表面壁溫。

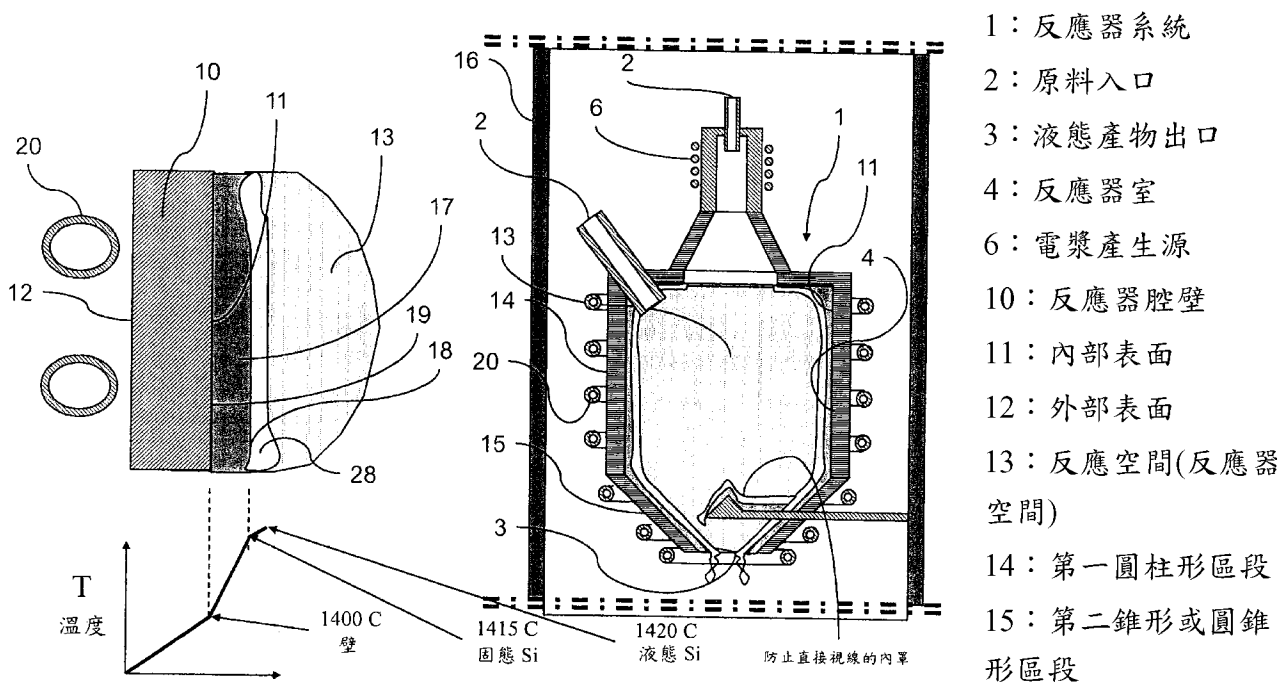


圖 1 A

圖 1 B

1：反應器系統

2：原料入口

3：液態產物出口

4：反應器室

6：電漿產生源

10：反應器腔壁

11：內部表面

12：外部表面

13：反應空間(反應器空間)

14：第一圓柱形區段

15：第二錐形或圓錐形區段

16：圍阻室壁

17：凝殼層

18：內部表面

19：壁接觸表面

20：熱感應線圈

28：液態矽薄膜

(21)申請案號：098115642

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 05 月 12 日

(51)Int. Cl.：

C30B25/08 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2008/05/23

美國

61/128,847

2009/02/11

美國

12/378,250

(71)申請人：R E C 多晶矽公司 (美國) REC SILICON INC (US)

美國

(72)發明人：休果 法蘭西 HUGO, FRANZ (DE)

(74)代理人：桂齊恆；閻啟泰

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：7 共 33 頁

(54)名稱

凝殼反應器

SKULL REACTOR

(57)摘要

本文揭示一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包括：將含矽進料或反應性含金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；在反應空間內產生足以產生液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；在反應器腔壁外部產生第二熱能使得來自第二熱能的熱流對反應器腔壁的外部表面產生起初影響；藉由控制第一熱能源和第二熱能源，建立在高於或低於矽或反應性金屬的熔點溫度的溫度範圍內之內部表面壁溫。

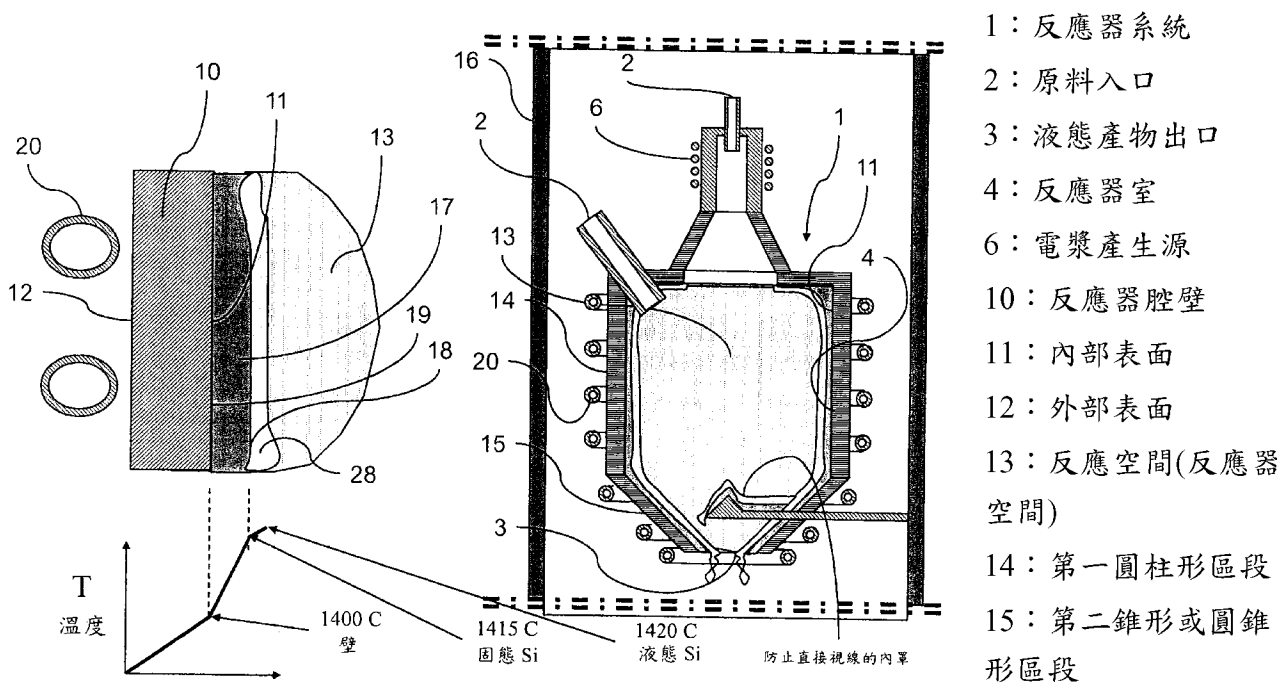


圖 1 A

圖 1 B

- 1：反應器系統
- 2：原料入口
- 3：液態產物出口
- 4：反應器室
- 6：電漿產生源
- 10：反應器腔壁
- 11：內部表面
- 12：外部表面
- 13：反應空間(反應器空間)
- 14：第一圓柱形區段
- 15：第二錐形或圓錐形區段
- 16：圍阻室壁
- 17：凝殼層
- 18：內部表面
- 19：壁接觸表面

六、發明說明：

相關申請案之交互參照

本申請案主張 2008 年 5 月 23 日申請之美國臨時申請案第 61/128,847 號以及 2009 年 2 月 11 日申請之美國專利申請案第 12/378,250 號之優先權權利，以上兩案的全部皆以引用的方式併入本文中。

【發明所屬之技術領域】

本揭示係關於用來處理含矽材料或反應性金屬材料的方法、裝置和系統。

【先前技術】

超純或高級的多晶形 (polycrystalline) 矽 (多晶矽 (polysilicon)) 對半導體 (SC) 和光電伏打 (PV) 工業來說都是關鍵原料。雖然對特定 PV 應用而言存在替代方案，但是在近期和可預見的未來，多晶矽仍將是較佳的原料。因此，改良製造多晶矽的可利用性和經濟將增加兩個工業增長的機會。

大多數的多晶矽係藉由一般被稱作西門子熱線法製造，其以矽烷或三氯矽烷 (TCS) 作為含矽氣體 (SBG) 的來源。通常與其他惰性或反應氣體混合的 SBG 係經高溫分解而沉積於加熱矽絲上。另一個方法是在流體化床中 SBG 的高溫分解。由於顯著較低的能量消耗以及連續製造的可能，此為在 PV 和半導體工業中製造多晶矽之具有吸引力的替代方案。此等優勢起源於極佳的質傳和熱傳以及增加的沉積表面。與西門子型反應器比較，流體化床反應器以一

小部分的能量消耗提供快很多的製造速率。流體化床反應器也將更加連續及高度自動化以同樣地顯著地降低人工成本。

在西門子法或流體化床反應器程序中作為 SBG 的矽烷或高級矽烷對 TCS 具有不利條件，因為除了(不勻相)多晶矽沉積之外，SBG 可經受(勻相)氣相分解成為粉末粒子。發生分解的溫度稱為臨界成核溫度(CNT)。CNT 依 SBG 物種、SBG 分壓、總壓和惰性稀釋氣體的類型而定。一旦達到 CNT，粒子濃度將在 $1-5^{\circ}\text{C}$ 的範圍內增加 10^4-10^6 倍。晶核矽粉粒子尺寸依滯留時間而定典型為 $1-100\text{nm}$ 且可為非晶形或晶形。在兩者中，在這些粒子表面上存在中等濃度的未鍵結電子，使得粒子容易黏聚成為較大粒子。依不同情況而定，這種粉末可為從非單核粒子、微米-尺寸之圓黏聚物到延伸到數個 100 微米的大粒子中的任一者。

這些粉末粒子(亦被稱為矽細料)在西門子法中被認為是污染物，如果多晶矽隨後是被用來生長無差排單晶，尤其在半導體工業中。因此，在使用矽烷或高級矽烷作為 SBG 的西門子法中，使反應器壁保持冷卻，施用熱泳法將粉末粒子從製造粉末粒子之靠近熱棒的區域朝沉積粉末粒子之冷卻反應器壁驅動。將粉末從氣相移除降低了污染矽棒的可能。

在流體化床反應器程序中，粉末可附著到顆粒上且併入粒子中，因此促成粒狀總體生長。然而，一大部分的粉末將會被廢氣載送離開流體床反應器。在製造粒狀矽的流

體化床反應器程序中，視該精細矽粉為製造損失因為其不促成粒狀材料。

矽粉亦可在其他 SBG 沉積程序中製造，例如，有意地在自由空間反應器中或非故意地在基板上薄膜沉積的化學蒸氣沉積(CVD)反應器中。另一個矽粉的來源是矽鑄塊的研磨或切削。製造速率和矽的品質依程序而定變化很大。

以上述的程序製造的粉末目前難以回收，因為粉末是疏鬆、低密度、高表面積的產物，容易受空浮物質污染。此外，矽粉係典型地以廢棄物處理或係以極低的報價進入矽零售市場。

【發明內容】

本文揭示用於熱處理含矽材料或反應性金屬的方法以將此材料轉變成更有用的產物形式。舉例而言，所揭示的方法將矽粉從低級、鬆散、高表面積的產物升級成適合 PV 和 SC 加工需求的矽原料。在熱處理程序期間避免污染對於獲得純，尤其超純，產物是重要的。一種污染來源是構成反應器系統的結構元件的材料。根據本文所揭示的裝置、系統和方法，包含固態矽或固態反應性金屬的凝殼層係形成在反應器內表面的至少一部分之上。固態凝殼層防止饋料和產物與反應器系統的表面接觸，因此避免或儘量減少污染。凝殼層亦可提供用來防止反應器壁的元素移動進入矽產物中之擴散障壁。

根據一個具體實例，本文揭示一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包含：

將含矽進料或反應性金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應空間內產生足以產生液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；

在反應器腔壁外部產生第二熱能使得來自第二熱能的熱流對反應器腔壁的外部表面產生起初影響；及

藉由控制第一熱能源和第二熱能源，建立在高於或低於矽或反應性金屬的熔點溫度的溫度範圍內之內部表面壁溫。

在進一步的具體實例中，揭示一種用來製造矽的方法，其包含：

將矽粉引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應器空間內產生電漿；

藉由使矽粉經由電漿經受比矽粉的熔點更高的溫度，其中該融熔程序製造液態矽；

使反應器腔壁的內部表面維持在低於矽粉熔點的平衡溫度上且同時使矽粉熱融熔；及

在液態矽離開反應器室後使之固化。

額外揭示的具體實例係關於一種用來製造固態多結晶體矽的方法，其包含：

將含矽氣體引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)

面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁以及產物出口；

在反應器空間內產生電漿；

藉由使含矽氣體經受足以製造液態矽的溫度使含矽氣體熱分解；

使反應器腔壁的內部表面維持在低於矽熔點的平衡溫度上且同時使含矽氣體熱分解；及

將液態矽從產物出口直接引進進入用來將液態矽鑄造成固態多結晶體矽鑄塊或晶圓的模組中。

本文揭示一種額外用來製造矽的方法，其包括：

將矽烷氣體引進反應器室，其中該反應室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁以及產物出口；

在反應器空間內產生電漿；

藉由使矽烷氣體經受電漿使矽烷氣體熱分解以製造液態矽；及

使反應器腔壁的內部表面維持在低於矽熔點的平衡溫度上且同時使矽烷氣體熱分解。

本文亦揭示一種反應器系統，其包含：

含矽原料或一種反應性金屬原料；

反應室，其包括界定腔反應空間的反應器腔壁且包括(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面；

與反應室耦合的電漿能源，且其經配置以在腔反應空間內產生熱能；

外部熱能源經配置使反應器腔壁外部表面經受加熱且該外部熱能源位於反應器室之外；及

產物出口，其經配置用來將液態矽或液態反應性金屬從反應室抽出。

從接下來的詳細敘述(參考伴隨的圖示以繼續)以上所載將變得更明顯。

【實施方式】

“一”及“該”等單數術語包括其複數指示對象除非上下文有清楚的相反指示。“包含”一字指示“包括”。除非有相反指示，組份之化學命名的敘述涉及在添加至任何在敘述中清楚指明之組合時的組份，但是不必然排除在混合物的組份間(一旦經混合)的化學交互作用。任何本文所載之數值包括以一個單位的增量從低值到高值中所有的值，倘若在任何低值和高值之間有至少兩個單位的分隔。作為一個例子，如果言明組份的量或程序變數的值係從 1 到 90，較佳從 20 到 80，更佳從 30 到 70，則其意為諸如 15 到 85、22 到 68、43 到 51、30 到 32 等之值，明確地列舉於本說明書中。對於小於一個單位差距的值，將 0.1、0.01、0.001、或 0.0001 視為合適的一個單位。因此在本文中列舉之在最低值和最高值之間所有數值的可能組合被認為明確地載於本申請案中。

本文所揭示的反應器系統係經熱設計而得以在反應器腔壁的內部表面上維持實質上固態之矽或反應性金屬進料的凝殼層。再者，該系統的熱設計使得可以更精確的控制

凝殼層的厚度。該凝殼層可僅覆蓋內部壁表面的一部分或可覆蓋內部表面的整個表面積。在反應器腔壁的內部表面上形成固態凝殼層保護腔壁構造材料以免受液態矽或液態反應性金屬的腐蝕攻擊。換句話說，凝殼層防止腔壁和液態矽之間的直接接觸因而儘量減少液態矽產物的污染。藉由維持反應器腔壁內部表面的溫度在矽的熔點或個別反應性金屬熔點以下而形成凝殼層。

該熱控制系統包括在反應器室內的內部熱能源和位於反應器室外之外部熱能源的組合。該外部熱能源亦位於亦圍繞反應器室的侷限室內。該外部熱能源可經由感應加熱、電阻加熱或兩者的組合直接提供熱到反應器壁的外部表面。在示於圖 1A、1B、3 及 7B 之具體實例中，該外部能源為感應線圈。在另一示於圖 2 之具體實例中，該外部能源為電阻加熱器。微波為另外一種可能的外部能源。該內部熱能源可為如下更加詳細敘述的電漿。可替代地，該內部熱能源可為電子束、電阻加熱元件或感應加熱元件。

藉由內部熱能源和外部能源產生的熱流個別地示於圖 7A 和 7B 中。該內部熱流如下進行：經加熱的反應氣體→液態矽薄膜→固態矽凝殼層→反應器腔壁。該外部熱流如下進行：反應器腔壁→固態矽凝殼層→液態矽薄膜。該內部熱能源提供原料材料熱分解的能量。該外部熱能源提供反應器腔壁內部表面溫度的精確控制在足夠靠近(但低於)矽或反應性金屬的熔點。所得的溫度梯度示於圖 6 中。

該外部熱能源可配置在至少一個溫度控制區域之中。

可使用不同的溫度控制區域以建立沿著反應器室的軸向長度之不同的溫度分布或區域。

如上所述，本文所揭示的程序從反應器室的外部表面到反應器室內的反應空間建立溫度梯度，如圖 6 所示。該特定溫度梯度依數個因素而變化，其包括原料材料、進料速率、反應器空間內的操作壓力等。此外，溫度梯度係時間相依因為溫度梯度將從反應器起始開始改變直到穩態操作。於是，熱控制系統的特定溫度將會變化。然而，一般而言，反應器腔壁的內部表面可為原料材料的熔點以下 1 至 300°C，更尤其地原料材料的熔點以下 1 至 100°C；凝殼層可處於原料材料的熔點到原料材料的熔點以下 300°C，更尤其地熔點到熔點以下 100°C；且反應器空間可處於矽或反應性金屬的熔點到高達超過 5000°C。

總體熱控制工作方式亦可包括熱絕緣如下更詳細的敘述。

反應器系統的例示性具體實例示於圖 1-5 中。一般而言，反應器系統 1 包括至少一個原料入口 2、至少一個液態產物出口 3、反應器室 4、外部圍阻室 5 以及電漿產生源 6。

原料入口 2 可為任何形式的通口或閥使得將原料引進進入反應器室 4 受到控制。舉例而言，入口 2 可為噴嘴，諸如以石英、石墨及/或矽製成的水冷結構。

反應器室 4 包括界定位於反應器腔壁 10 內的反應空間 13 之反應器腔壁 10。反應器腔壁 10 包括面向反應器空間 13 的內部表面 11 以及反向的外部表面 12。反應器室可以

任何諸如圓柱形、橢圓形、長方形等的形狀提供。圓柱形反應器室示於圖式中。在某些具體實例中，反應器室可具有數個不同尺寸及/或形狀的區段。舉例而言，圖 1 描繪第一圓柱形區段 14 及第二錐形或圓錐形區段 15。第二區段 15 逐漸變細而成為產物出口 3。反應器腔壁 10 可為抵抗原料或產物之腐蝕和污染的任何材料所製成，反應器腔壁 10 係經得起凝殼層的形成，且反應器腔壁 10 提供所欲熱或能量的傳導或阻抗性質。例示性壁構造材料包括石墨、鉬、鎢、鈦、陶瓷(例如，氧化鋁)以及石英。

內部表面 11 的面積應該夠大使得在內部表面 11 上可以進行原料材料的收集和液態轉化。依以 kg/h 計之所欲產量而定，對產物產量在 1 到 50kg/h 的範圍而言，內部表面 11 的面積應該在 0.2 m^2 至 5 m^2 的範圍。

產生電漿的電源可為任何形式的電源。例示性的電漿包括 RF、直流電弧或微波電漿。依特定的電漿形式而定，電漿電力的範圍可為從 1 到 1000 kW，更尤其 10 到 200 kW。

產物出口 3 可與產物收集模組及/或產物凝固模組偶合。舉例而言，若 mm-尺寸的小滴為所欲，則產物可在自由落下經過凝固塔的期間冷卻然後在水冷槽中收集。

在圖 1A 和 1B 的具體實例中，至少一個熱感應線圈 20 係位於或靠近反應器腔壁的外部表面 12。線圈 20 可圍繞反應器室的整個週邊或僅一部分的週邊。線圈 20 是以使反應器腔壁能夠充分加熱的任何熱傳材料來製造。線圈 20 亦可作為熱匯座且補充亦作為熱匯座的外部水冷圍阻室壁。

在圖 2 的具體實例中，將至少一個電阻加熱器 21 置於或靠近反應器腔壁的外部表面 12。電阻加熱器 21 使反應器腔壁加熱。圖 2 的具體實例亦包括置於反應室壁和圍阻室壁之間的絕緣元件 22。絕緣厚度可設計成沿著反應器的垂直高度軸線具有不同的厚度。

舉例而言，在圖 2 和 3 中顯示了外部圍阻室 5。圍阻室 5 至少使反應室 4 氣密封。圍阻室 5 包括可經水冷的圍阻室壁 16。該經水冷的圍阻室壁 16 亦可為上述反應器室熱能和熱流的熱匯座。

圖 3-5 例示數種不同可與反應器系統耦合的凝固模組。

圖 3 包括與使得矽鑄塊的鑄造為可能的連續鑄造系統耦合的電磁坩堝。圖 4 描繪使得方向性固化矽鑄塊製造為可能的組態。來自出口 3 的液態矽可以被傳送進入電磁坩堝。直接耦合電磁鑄造的優點包括沒有額外運輸容器的費用，矽沒有被再熔融，且使污染最小化因為超純矽係在無污染凝殼層坩堝中固化。圖 5 描繪藉由將目前所揭示反應器系統的液態矽產物引進至移動的水平支撐載體 27 上使得製造直接晶圓鑄造為可能的組態。美國專利第 4,670,096 號，將之以引用的方式併入本文中，描述以正在移動的水平支撐上之液態矽直接晶圓鑄造的程序。

圖 3 亦包括連接到排氣處理系統之排氣通口 23。

反應器系統的操作可藉由將反應器腔壁加熱(經由來自外部熱源、內部熱源或外部和內部熱源兩者之組合的熱能)到超過原料材料的熔點而啟動。此與存在的含矽材料預熱

將會在石墨反應器腔壁上形成碳化矽層。然後降低反應器腔壁溫使得其內部表面低於原料材料的熔點。在反應空間 13 內融熔的材料將會與內部表面接觸因而啟動固態(凍結)凝殼層 17 的形成。凝殼層 17 包括內部表面 18 和反向的壁接觸表面 19。建立橫越反應器腔壁、凝殼層和在反應空間內的氣體之溫度梯度，如圖 6 所示。在熱平衡狀態下，凝殼層厚度不再增加且凝殼層的溫度在面向反應器反應空間 13 的表面 18 上達到液態材料的溫度。液態矽薄膜 28 將冷凝在內部表面 18 上，然後沿著內部表面 18 朝反應器室的垂直軸線向下流動。該融熔程序亦可製造矽蒸氣。

對含矽材料原料而言，在凝殼層形成和穩態操作期間，腔壁內部表面 11 的最高溫度不應該超過 1414°C (低於矽的熔點 1°C)。在某些具體實例中，內部表面 11 的溫度範圍可從 1115 到 1414°C ，更尤其 1215 到 1414°C 。來自外部熱能源的熱維持反應器腔壁溫在所欲的溫度範圍，使凝殼的厚度得以透過控制壁溫而控制。

來自反應器室的熱流典型消散至反應器室外側的熱匯座。熱匯座可為積極冷卻者(例如，水冷圍阻室壁)及/或諸如絕緣之被動冷卻者。

該原料材料係經由入口 2 引進進入反應器室 4。該原料材料可為任何含矽材料或反應性金屬。含矽材料可為諸如矽粉或矽細料(如在本文中更詳細地描述者)的固態矽或含矽氣體諸如矽烷、二矽烷、高級矽烷($\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)、二氯矽烷、三氯矽烷、四氯化矽、二溴矽烷、三溴矽烷、四溴化矽、

二碘矽烷、三碘矽烷、四碘化矽或其混合物。諸如鈦或鋅的反應性金屬亦可使用本文所揭示的程序和裝置而被還原。引進進入反應器系統的矽粉可為以矽處理(例如,破裂、研磨或切削)或藉由任何分解含矽氣體程序製造的小矽粒子(細料/粉末)。粉末可分散或懸浮在用來噴射進入反應器系統的載體媒介中。舉例而言,載體媒介可為對矽為惰性及/或諸如 Ar 之具有相當低的游離電位的氣體。

反應空間 13 內的操作壓力範圍可為從 0.1 巴到 2.0 巴,更尤其 0.5 巴到 2.0 巴。

如果原料材料為含矽氣體,則臨界溫度為將氣體分解成為液體的熱分解溫度。因此,反應器腔壁的內部表面係維持在低於熔點溫度的平衡溫度。示於圖 4 和 5 之具體實例使直接從含矽氣體(例如,矽烷)原料來製造矽鑄塊(圖 4)或晶圓(圖 5)成為可能,因而避免多晶形矽之成形、再融熔和切削之昂貴步驟。第二氣體氫與含矽氣體存在於反應空間 13 中。氫係肇因於 SiH_4 熱分解成 Si 和氫。

凝殼層應該具有足以保護液態產物免於被反應器腔壁材料污染的厚度。然而,凝殼層厚度不應該過大以致其佔據反應器室內部非必要量的空間而有害地減少可用的反應空間。非必要之厚凝殼層在其平衡厚度亦會較難以熱控制。一般而言,平均凝殼層厚度應為 0.01 到 200 mm,更尤其 0.1 到 30 mm。

液態矽或液態反應性金屬經由液態產物出口 3 流出。可藉由產物出口 3 的設計來控制液態產物的幾何形式(和尺

寸)。舉例而言，出口 3 可經設計而卸料(例如，經由噴嘴噴射)小滴或球體(其為用於單結晶體或多結晶體鑄塊製造之較佳的原料物理形式)。在一個具體實例中，該等小滴可經凝固塔自由落下而固化。小滴可收集在凝固塔底部的容器中或經氣動傳送進入收集容器中。出口 3 亦可經震動或經受氣體流以影響小滴的尺寸。

鑒於可將所揭示的程序、裝置和系統之原則應用於許多可能的具體實例中，應認清的是例示性的具體實例僅為較佳的實例且不應視為限定本發明的範圍。

【圖式簡單說明】

圖 1A 和 1B 係所揭示反應器系統之一個具體實例的示意圖。圖 1A 是示於圖 1B 之反應器的壁剖面之展開圖。

圖 2 係所揭示反應器系統之進一步具體實例的示意圖。

圖 3 係包括一個凝固具體實例之反應器系統的示意圖。

圖 4 係包括另一個凝固具體實例之反應器系統的示意圖。

圖 5 係包括進一步凝固具體實例之反應器系統的示意圖。

圖 6 係在所揭示反應器系統中之溫度梯度的示意圖。

圖 7A 和 7B 係在所揭示反應器系統中之兩股熱流的示意圖。

在圖中，相同的元件符號參照相同的元件除非另外註明。

【主要元件符號說明】

- | | |
|----|-------------|
| 1 | 反應器系統 |
| 2 | 原料入口 |
| 3 | 液態產物出口 |
| 4 | 反應器室 |
| 5 | 外部圍阻室 |
| 6 | 電漿產生源 |
| 10 | 反應器腔壁 |
| 11 | 內部表面 |
| 12 | 外部表面 |
| 13 | 反應空間(反應器空間) |
| 14 | 第一圓柱形區段 |
| 15 | 第二錐形或圓錐形區段 |
| 16 | 圍阻室壁 |
| 17 | 凝殼層 |
| 18 | 內部表面 |
| 19 | 壁接觸表面 |
| 20 | 熱感應線圈 |
| 21 | 電阻加熱器 |
| 22 | 絕緣元件 |
| 23 | 排氣通口 |
| 27 | 支撐載體 |
| 28 | 液態矽薄膜 |

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98115642

※申請日：98. 5. 12

※IPC 分類：C30B 25/08(2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

凝殼反應器

SKULL REACTOR

二、中文發明摘要：

本文揭示一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包括：

將含矽進料或反應性含金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應空間內產生足以產生液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；

在反應器腔壁外部產生第二熱能使得來自第二熱能的熱流對反應器腔壁的外部表面產生起初影響；

藉由控制第一熱能源和第二熱能源，建立在高於或低於矽或反應性金屬的熔點溫度的溫度範圍內之內部表面壁溫。

三、英文發明摘要：

A method for producing silicon or a reactive metal is disclosed herein that includes:

introducing a silicon-bearing feed or reactive metal-bearing feed into a reactor chamber, wherein the reactor chamber includes a reactor chamber wall having (i) an inside surface facing a reaction space and (ii) an opposing outside surface;

generating a first thermal energy within the reaction space sufficient to generate a liquid silicon product or a liquid reactive metal product;

generating a second thermal energy exterior to the reactor chamber wall such that a heat flow from the second thermal energy initially impacts the outside surface of the reactor chamber wall; and

establishing an inside surface wall temperature within a temperature range that is above or below a melting point temperature of the silicon or the reactive metal by controlling the first thermal energy source and the second thermal energy source.

七、申請專利範圍：

1.一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包含

將含矽進料或反應性含金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應空間內產生足以產生液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；

在反應器腔壁外部產生第二熱能使得來自第二熱能的熱流對反應器腔壁的外部表面產生起初影響；及

藉由控制第一熱能源和第二熱能源，建立在高於或低於矽或反應性金屬的熔點溫度的溫度範圍內之內部表面壁溫度。

2.根據申請專利範圍第1項的方法，其中藉由控制第一熱能源和第二熱能源以製造從反應空間到反應器腔壁之1到2000 kW/m²的可調整能量流。

3.根據申請專利範圍第2項的方法，其中該可調整能量流的範圍係從50到500 kW/m²。

4.根據申請專利範圍第1項的方法，其中第一熱能為電漿能量而第二熱能為感應加熱或電阻加熱。

5.根據申請專利範圍第1項的方法，其進一步包含在反應器腔壁的內部表面上形成矽或反應性金屬的固態凝殼層。

6.根據申請專利範圍第1項的方法，其中第一熱能在反應空間內在高於矽的熔點溫度產生熱，且將第一熱能源和

第二熱能源組合以將內部表面壁溫度維持在低於矽的熔點的溫度。

7.根據申請專利範圍第 1 項的方法，其中該反應器腔壁係經垂直校直使得液態矽或液態金屬可沿著腔壁往下流。

8.根據申請專利範圍第 5 項的方法，其中該固態凝殼層具有小於 200 mm 的厚度。

9.根據申請專利範圍第 1 項的方法，其中來自第二熱能的熱係經控制以將內部表面壁溫度維持在低於含矽進料或反應性金屬進料的熔點溫度。

10.根據申請專利範圍第 9 項的方法，其中該內部表面壁溫度係維持在低於矽或反應性金屬的熔點溫度 1 至 300 °C。

11.根據申請專利範圍第 10 項的方法，其中該內部表面壁溫度係維持在低於矽或反應性金屬的熔點溫度 1 至 200 °C。

12.根據申請專利範圍第 1 項的方法，其中將含矽進料引進反應室且第二熱能將內部表面壁溫度維持在 1115 到 1414 °C 的溫度。

13.一種用來製造矽的方法，其包含：

將矽粉引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應器空間內產生電漿；

藉由使矽粉經由電漿經受比矽粉的熔點更高的溫度，

其中該融熔方法製造液態矽；

使反應器腔壁的內部表面維持在低於矽粉熔點的平衡溫度且同時使矽粉融熔；及

在液態矽離開反應器室後使之固化。

14.根據申請專利範圍第 13 項的方法，其進一步包含可控制之反應器腔壁的外部表面加熱。

15.根據申請專利範圍第 13 項的方法，其進一步包含在反應器腔壁的內部表面上形成固態矽凝殼層。

16.根據申請專利範圍第 5 項的方法，其中第一熱能在反應空間內在高於矽的熔點溫度下產生熱，且將第一熱能源和第二熱能源組合以將內部表面壁溫度維持在低於矽的熔點的溫度。

17.一種用來製造矽或反應性金屬的方法，其包含

將含矽進料或反應性含金屬進料引進反應器室，其中該反應器室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁；

在反應空間內產生足以產生經加熱的反應氣體和液態矽產物或液態反應性金屬產物的第一熱能；

在反應器腔壁外部產生第二熱能；

在反應器腔壁的內部表面上形成矽或反應性金屬的固態凝殼層；

形成液態矽產物或液態反應性金屬產物的薄膜使得該薄膜可沿著至少一部分之固態凝殼層往下流；

其中第一熱能產生如下進行之第一熱流：經加熱的反

應氣體→液態矽或反應性金屬薄膜→固態矽或反應性金屬凝殼層→反應器腔壁，以及第二熱能產生如下進行之第二熱流：反應器腔壁→固態矽或反應性金屬凝殼層→液態矽或反應性金屬薄膜。

18.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中該含矽進料為選自 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ ，其中 n 為 1 到 4，二氯矽烷、三氯化矽、四氯矽烷、二溴矽烷、三溴矽烷、四溴化矽、二碘矽烷、三碘矽烷、四碘化矽或其混合物之含矽氣體。

19.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中該含矽進料為矽烷氣體。

20.一種用來製造矽的方法，其包含：

將矽烷氣體引進反應器室，其中該反應室包括具有(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面之反應器腔壁，以及產物出口；

在反應器空間內產生電漿；

藉由使矽烷氣體經受電漿使矽烷氣體熱分解以製造液態矽；及

使反應器腔壁的內部表面維持在低於矽熔點溫度的平衡溫度且同時使矽烷氣體熱分解。

21.根據申請專利範圍第 20 項之方法，其進一步包含在反應器外部產生熱能；且

其中該電漿在反應器空間內在高於矽的熔點溫度下產生熱，且將該電漿和外部能源組合以將內部表面壁溫度維持在低於矽的熔點的溫度。

22.一種反應器系統，其包含：

含矽原料或反應性金屬原料；

反應室，其包括界定腔反應空間的反應器腔壁且包括(i)面向反應空間的內部表面及(ii)反向的外部表面；

與反應室耦合的電漿能源，且其經配置以在腔反應空間內產生熱能；

外部熱能源，其經配置使反應器腔壁外部表面經受加熱且該外部熱能源位於反應器室之外；及

產物出口，其經配置用來將液態矽或液態反應性金屬從反應室抽出。

23.根據申請專利範圍第 22 項之反應器系統，其進一步包含用來將矽粉末原料噴射進入反應室內的裝置。

24.根據申請專利範圍第 22 項之反應器系統，其進一步包含至少圍繞反應器室和外部熱能源的氣密封圍阻室。

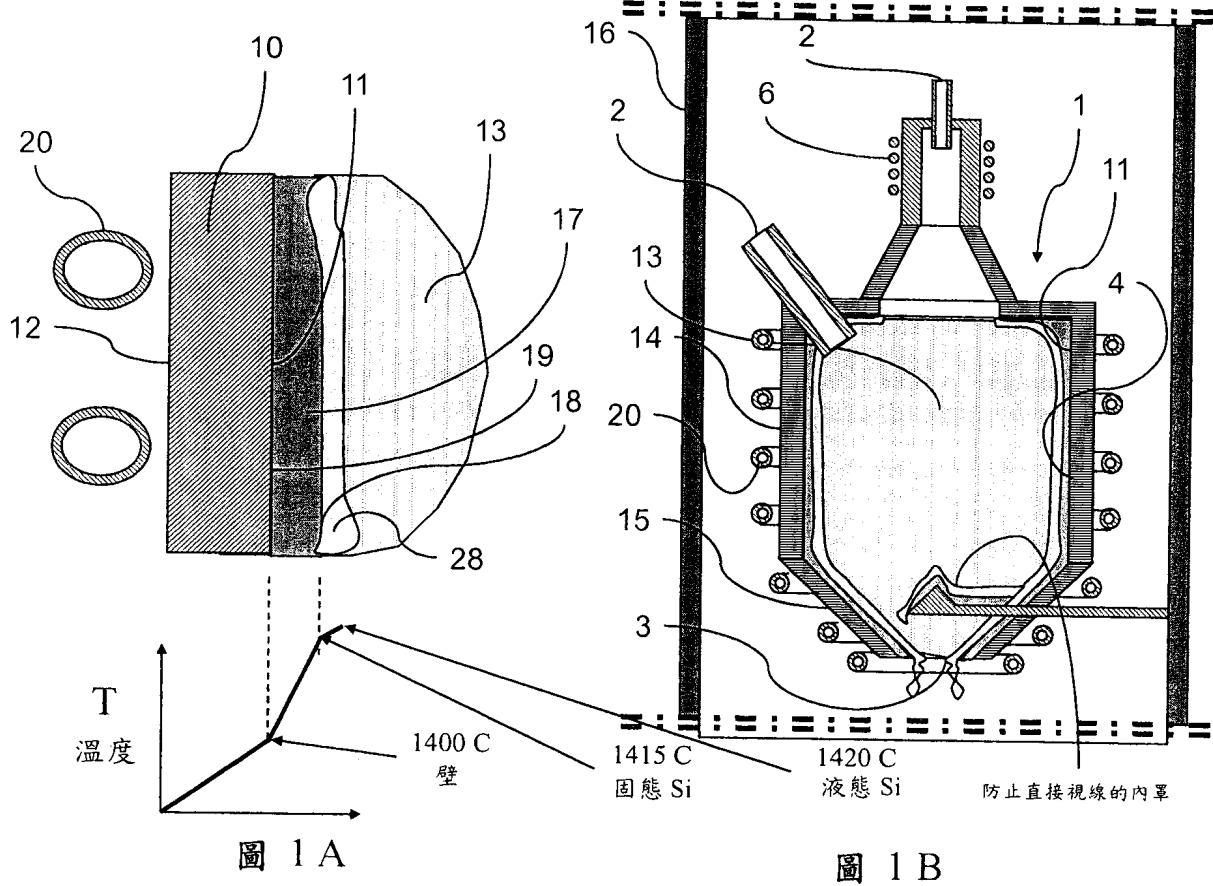
25.根據申請專利範圍第 22 項之反應器系統，其進一步包含用來震動產物出口的裝置。

26.根據申請專利範圍第 22 項之反應器系統，其中該外部能源包含至少一個經放置而圍繞反應器腔壁的外部表面之一部分的感應線圈。

27.根據申請專利範圍第 22 項之反應器系統，其中該外部能源包含至少一個經放置而與反應器腔壁的外部表面之一部分接觸的電阻加熱器。

八、圖式：

(如次頁)



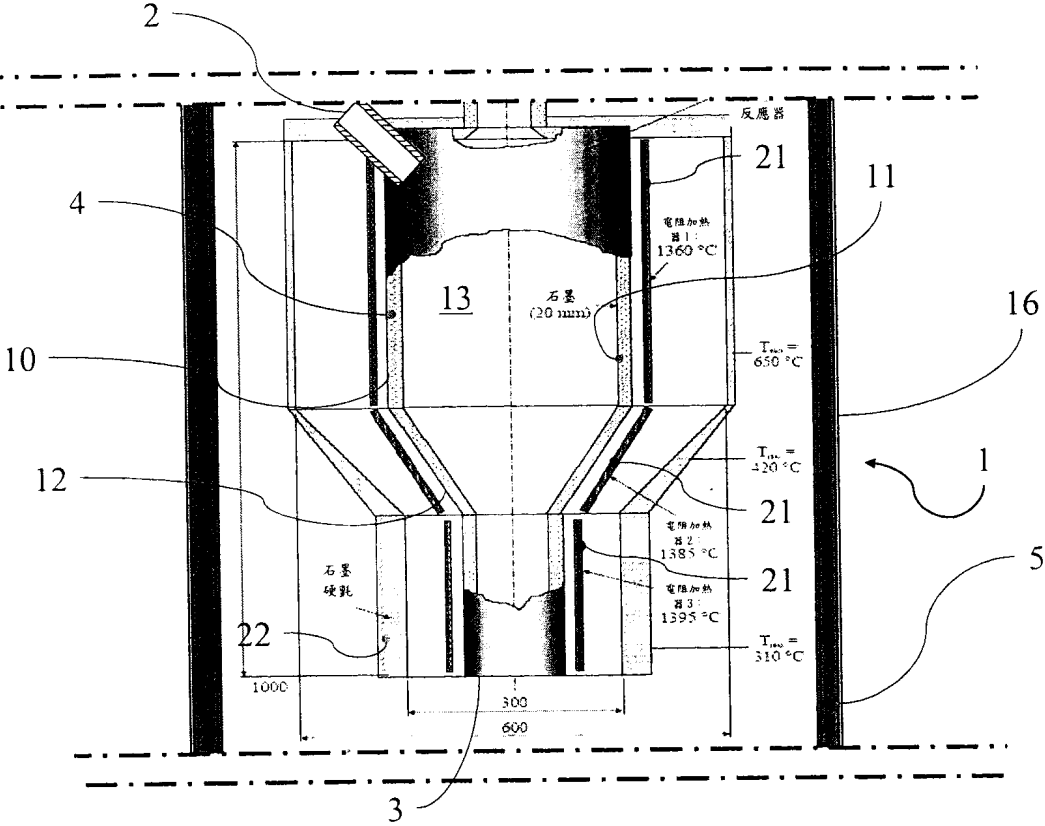


圖 2

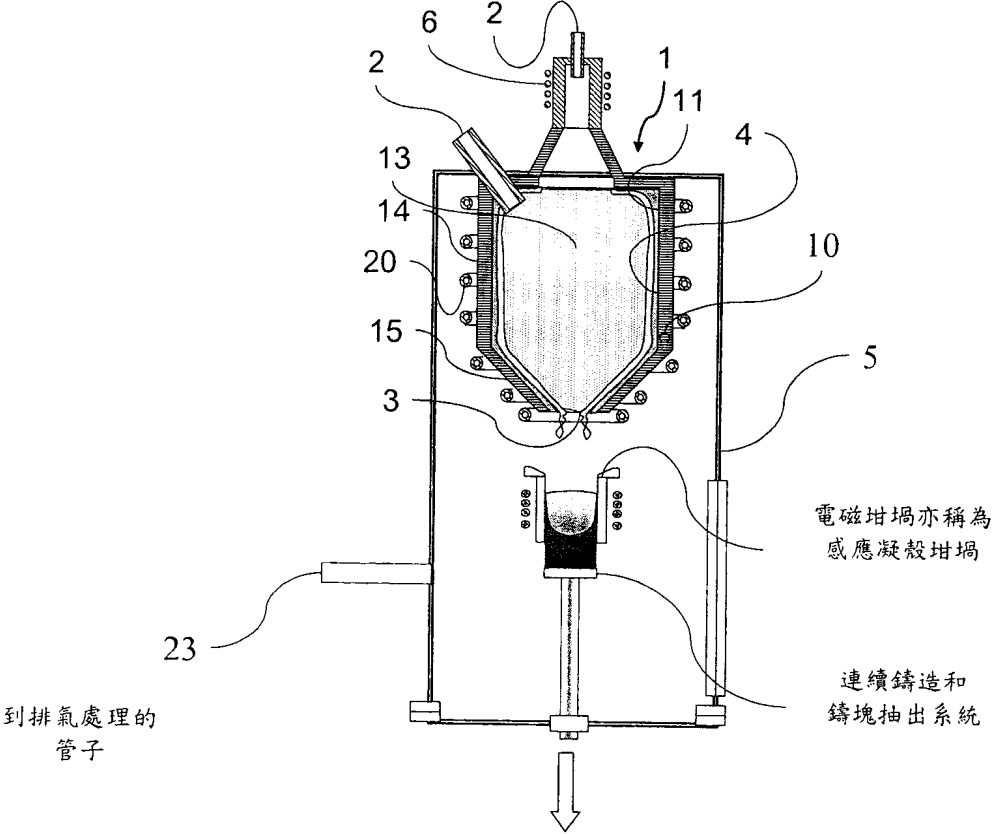
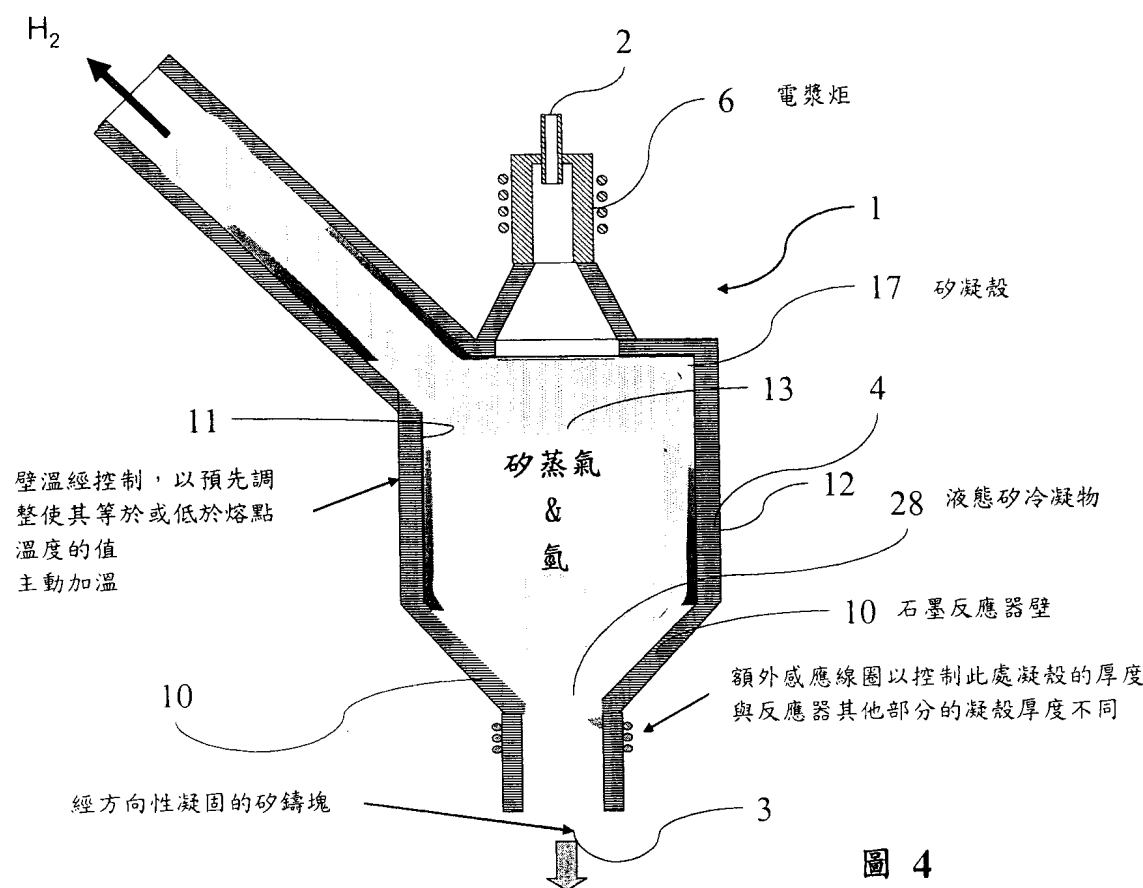


圖 3



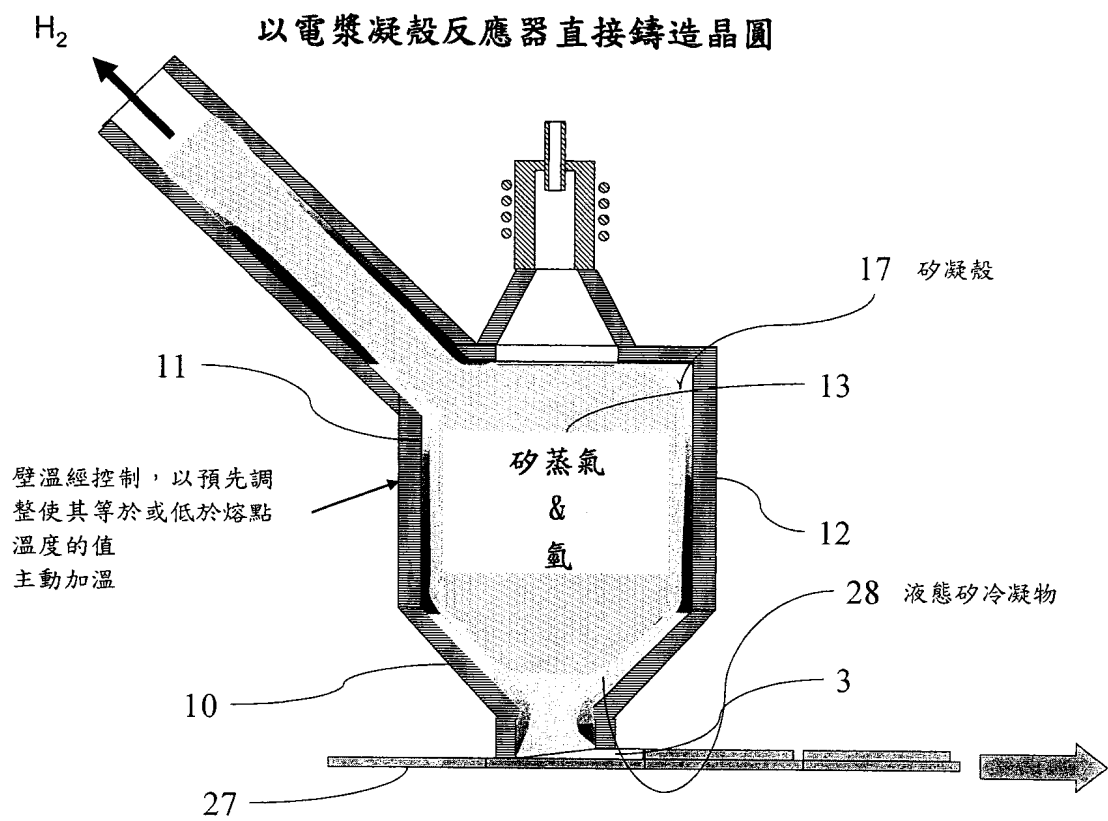


圖 5

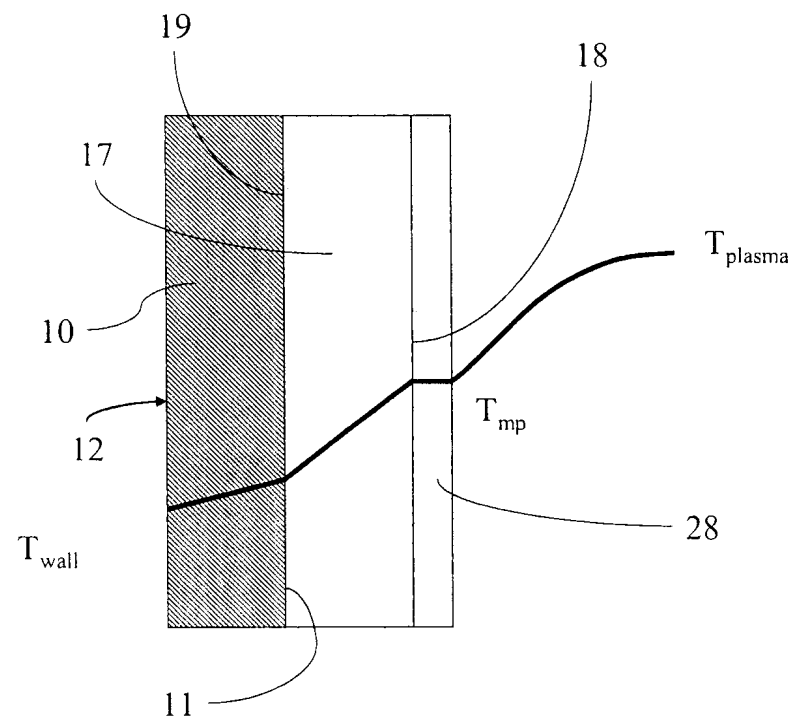


圖 6

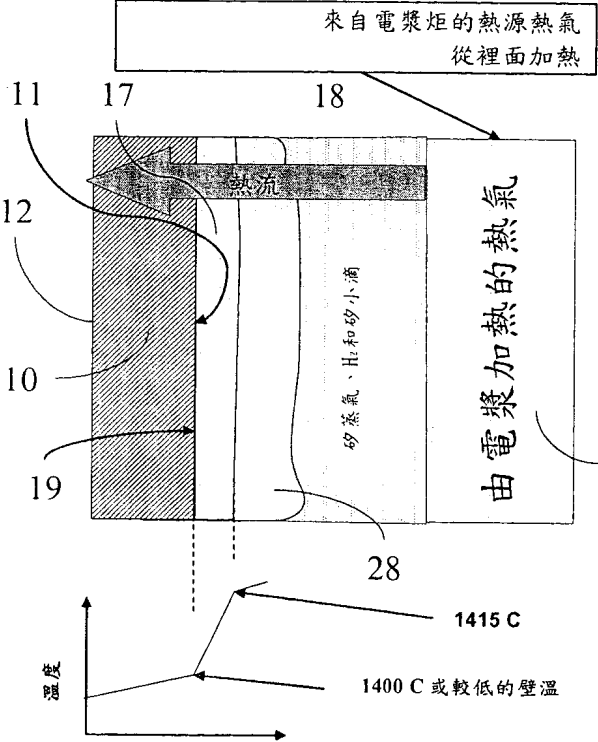


圖 7 A

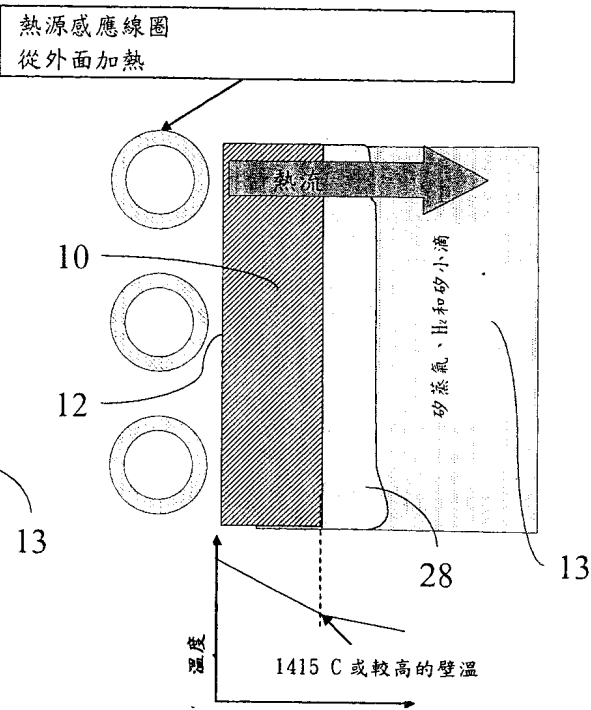


圖 7 B

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1A,1B ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 反應器系統
- 2 原料入口
- 3 液態產物出口
- 4 反應器室
- 6 電漿產生源
- 10 反應器腔壁
- 11 內部表面
- 12 外部表面
- 13 反應空間(反應器空間)
- 14 第一圓柱形區段
- 15 第二錐形或圓錐形區段
- 16 圍阻室壁
- 17 凝殼層
- 18 內部表面
- 19 壁接觸表面
- 20 熱感應線圈
- 28 液態矽薄膜

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