

(21)申請案號：098141024

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 01 日

(51)Int. Cl.：

C01B33/037 (2006.01)

H05B6/02 (2006.01)

H05B6/24 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/01

美國

61/118,775

2009/11/25

美國

12/626,194

(71)申請人：殷達托德姆公司 (美國) INDUCTOTHERM CORP. (US)

美國

(72)發明人：費雪曼 歐利格 S FISHMAN, OLEG S. (US)；摩堤米 約翰 H MORTIMER, JOHN

H. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：3 共 19 頁

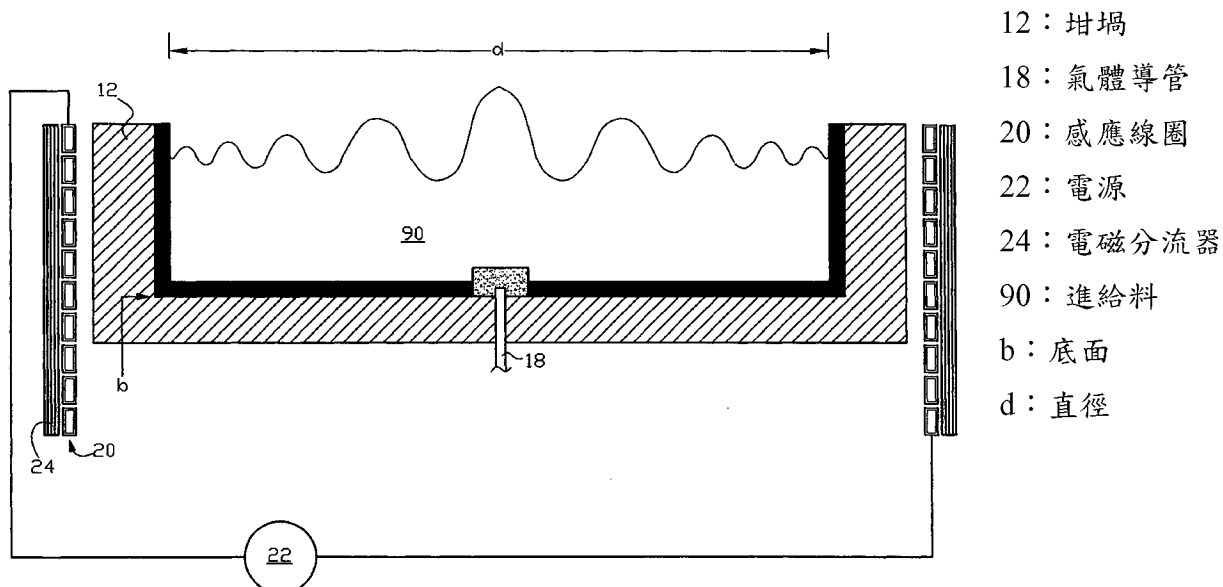
(54)名稱

利用電感應電力將在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之材料純化

PURIFICATION OF MATERIALS NON-ELECTRICALLY CONDUCTIVE IN THE SOLID STATE AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE IN THE MOLTEN STATE WITH ELECTRIC INDUCTION POWER

(57)摘要

本發明係一種藉由電感應電力在一感受器熔爐中加熱、熔化及純化一材料的裝置及方法。非電導性固態進給料可首先置於該熔爐中。來自一提供電流至一個或多個圍繞該熔爐之感應線圈的電源的輸出頻率經選擇以最大化與該感受器熔爐中之感受器材料的磁力耦合以便感應在該材料中加熱的渦電流。熱量藉由傳導從該感受器材料傳送至置於該感受器熔爐中的非電導性進給料以熔化該進給料。輸出頻率在該進給料熔化並變得導電時降低以增強與該熔爐中之熔化物的磁力耦合。來自該熔化物的雜質之除氣可藉由在該熔化物之表面水平被維持於真空時經由該熔化物發泡一氣體而實現。除氣藉由產生一在除氣處理時增加該熔化物之表面積的電磁漣波/波作用而增強。



(21)申請案號：098141024

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 01 日

(51)Int. Cl.：

C01B33/037 (2006.01)

H05B6/02 (2006.01)

H05B6/24 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/01

美國

61/118,775

2009/11/25

美國

12/626,194

(71)申請人：殷達托德姆公司 (美國) INDUCTOTHERM CORP. (US)

美國

(72)發明人：費雪曼 歐利格 S FISHMAN, OLEG S. (US)；摩堤米 約翰 H MORTIMER, JOHN

H. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：3 共 19 頁

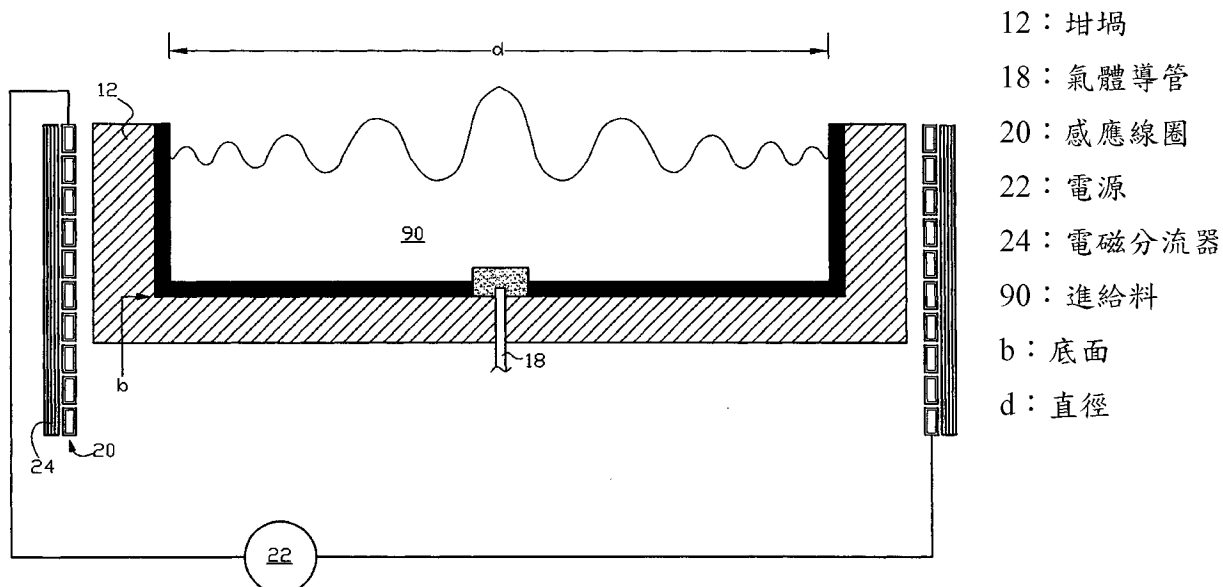
(54)名稱

利用電感應電力將在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之材料純化

PURIFICATION OF MATERIALS NON-ELECTRICALLY CONDUCTIVE IN THE SOLID STATE AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE IN THE MOLTEN STATE WITH ELECTRIC INDUCTION POWER

(57)摘要

本發明係一種藉由電感應電力在一感受器熔爐中加熱、熔化及純化一材料的裝置及方法。非電導性固態進給料可首先置於該熔爐中。來自一提供電流至一個或多個圍繞該熔爐之感應線圈的電源的輸出頻率經選擇以最大化與該感受器熔爐中之感受器材料的磁力耦合以便感應在該材料中加熱的渦電流。熱量藉由傳導從該感受器材料傳送至置於該感受器熔爐中的非電導性進給料以熔化該進給料。輸出頻率在該進給料熔化並變得導電時降低以增強與該熔爐中之熔化物的磁力耦合。來自該熔化物的雜質之除氣可藉由在該熔化物之表面水平被維持於真空時經由該熔化物發泡一氣體而實現。除氣藉由產生一在除氣處理時增加該熔化物之表面積的電磁漣波/波作用而增強。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於在固態基本為非電導性且在液態或熔融狀態為電導性的材料藉由反應性除氣而純化，其中該加熱及熔化處理使用電感應電力。

本申請案主張2008年12月1日申請的美國臨時專利申請案第61/118,775號之權利，該案之全文以引用方式併入本文中。

【先前技術】

矽係一種在固態基本上為非電導性且在液態(熔融狀態)為電導性的組合物之一實例。舉例來說，純(半導體級別)矽的電(比)導率 κ 可以數學方式表達為：

$$\log(\kappa) = \left(4.247 - \left(\frac{2924}{T} \right) \right) \quad [\text{公式}(1)]$$

其中 κ 以西門子每公尺量測，且矽之溫度 T 以開氏溫標量測。因此純矽在低於700開氏溫標(427°C)時大體上被認為係一電絕緣體，而在一高於其1683開氏溫標(1410°C)之標稱熔化溫度的更高溫度時為電導體。

電感應電力可用於感受器熔爐以加熱並熔化作為進給料提供至該熔爐的材料，該等材料在該進給料大體為固體、非電導性狀態時提供至該熔爐且在液體(或熔融)狀態為電導性。

本發明之一目的係提供藉由電感應電力加熱並熔化作為在固態時基本上為非電導性且在液體(或熔融)狀態為電導性

之材料、同時在該材料處於熔融狀態時藉由其反應性除氣而增強雜質從該材料之快速移除的裝置及方法。

【發明內容】

在一個態樣中本發明係一種藉由電感應加熱而在一感受器熔爐中加熱、熔化及純化一材料的裝置及方法。非電導性固態進給料可首先置於該熔爐中。來自一提供電流至一個或多個圍繞該熔爐之感應線圈的電源的輸出頻率經選擇以最大化與該感受器熔爐中之感受器材料的磁力耦合以便感應在該材料中加熱的渦電流。熱量藉由傳導從該感受器材料傳送至置於該感受器熔爐中的非電導性進給料以熔化該進給料。輸出頻率在該進給料熔化並變得導電時降低以增強與該熔爐中之熔化物的磁力耦合。來自該熔化物的雜質之除氣可藉由在該熔化物之表面水平被維持於真空時經由該熔化物發泡一氣體而實現。除氣藉由產生一在除氣處理時增加該熔化物之表面積的電磁漣波/波作用而增強。

在另一個態樣中本發明係一種熔化及純化一在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之組合物的方法。該固態組合物之一進給料被沉積於一至少部分襯有一感受器材料的坩堝中。該固態組合物之進給料首先藉由來自一由一個或多個感應線圈中之感受器材料加熱高頻電流之流動所建立之感受器材料加熱磁通量的感受器材料之感應加熱而被熔化。該等感應線圈至少從該坩堝之填充高度圍繞該坩堝之外部高度至該坩堝之底部中之感受器材料之下至少25%。在該坩堝中形成熔融材料之後，一熔融材料加熱磁通量藉

由該一個或多個感應線圈中之一熔融材料加熱低頻電流之流動而產生以便在該坩堝中形成該材料之一熔融體，該熔融體至少填充一具有一至少為8比1之直徑高度比的圓柱形容積。然後該熔融體在一個或多個反應(純化)氣體被供應至該材料熔融體之底部以便與該熔融體之一個或多個雜質反應時被包含於一真空環境中使得該等氣體反應雜質可從該真空環境中提取。

在另一個態樣中本發明係一種用於熔化及純化一在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之組合物的感應熔爐。一坩堝具有一圓柱形內部容積，該內部容積圍繞該坩堝之內壁及底部至少部分襯有一感受器材料。該內部容積之直徑與襯有感受器材料之坩堝的內部容積之填充高度的比為至少8比1。至少一個氣體入口穿透至該坩堝之底部中。至少一個氣體散佈元件被配置於該坩堝之內部容積之底部中以散佈一個或多個流經該等氣體入口的氣體。至少一個感應線圈至少從該填充高度起圍繞該坩堝之外部高度至該坩堝底部中之感受器材料之下至少25%。至少一個交流電源的輸出被連接至該至少一個感應線圈。一諸如一蓋子或真空室的密封結構被提供用於在襯有感受器材料的坩堝之內部容積中的該材料之表面上建立一真空環境。一頻率控制器被提供用於將該輸出電流之加熱頻率從至少一用於與該感受器材料磁通量耦合的感受器材料加熱高頻調整至一用於磁通量耦合至該坩堝之內部容積中的熔融材料加熱低頻，及/或至少在0及2赫茲之範圍內調變該輸出電流之一

低頻。

本發明的上述及其它態樣將被闡明於此說明及所附之技術方案中。

【實施方式】

圖1到圖3顯示一種用於本發明之一實例中的感受器熔爐系統10。合適的坩堝或耐火材料12襯有感受器14，該感受器材料可為一種石墨組合物或其他適用的感受器材料。為防止導入感受器材料雜質至置於該熔爐中的材料中，該感受器之內表面可經處理以便在該材料及該感受器之間形成一適當的邊界，或者該感受器之內表面可襯有一諸如二氧化矽的適當邊界材料。在本發明的一些實例中，該熔爐之內部容積經選擇使得如果該熔爐之內部容積大體為一圓柱體形狀，則該內部容積值直徑 d 與該填充高度 h 的比為至少8比1(8:1)，其中該填充高度被定義為具有完全融熔之材料的熔爐的標稱完全容量。舉例來說，如果該熔爐之內部填充高度大約為1.0公尺，則該內部直徑為至少大約8.0公尺。或者如果該熔爐之內部容積之形狀非圓柱形，該熔爐之內部容積應至少被充分定尺寸以容納具有一至少為8比1(8:1)之直徑高度比的材料之一圓柱形熔融體。在本發明的其他實例中該耐火材料之內部僅部分襯有一個或多個分離的感受器，該一個或多個感受器經配置以便藉由從經感應加熱的該一個或多個分離感受器為該非電導性材料提供充分的初始加熱。

充當一用於進入該熔爐中之熔融材料的氣體之氣體散佈

元件的多孔材料16位於該熔爐之一底部區域使得一諸如空氣的氣體、惰性氣體或氣體組合可經由氣體導管18注入該多孔材料，然後滲入該熔爐之內部容積中，如下所述。多個分離的氣體散佈元件或一連續的氣體散佈元件可沿著該熔爐之底面定位。

一個或多個感應線圈20圍繞該熔爐之外部高度且較佳地在感受器14之底部區域之底面b之下延伸至少25%使得當交流(ac)電流從一適當的電源22供應至該一個或多個感應線圈時，比不延伸該線圈高度而實現之磁通量更多的所產生之磁通量向該熔爐之底部中心區域延伸。電磁分流器24可圍繞該一個或多個感應線圈之外部放置以便將通量磁場導向該熔爐之內部。

在操作中，該材料，例如冶金級矽之非電導性進給料90可被載入該熔爐之內部，如圖2所示，或者可被添加至一部分填充之熔爐中的現存熔融材料。

電源22被供給電力且交流電流被提供至該一個或多個感應線圈20。當該熔爐中僅有非電導性固態材料時，該電源之輸出頻率F經選擇使得磁通量集中於感受器14中以便感應性加熱處於一感受器加熱高頻的感受器。該通量磁場(及被感應的渦電流)穿透至該感受器的深度由該電源之輸出頻率F以及在一特定應用中之該感受器的電導率及透磁率決定。被感應之渦電流穿透的深度 Δ 可從以下公式計算：

$$\Delta = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot F}} \quad [\text{公式.2}]$$

其中 ρ 為該感受器材料以 $\Omega \cdot m$ 為單位的電阻率，且 μ 為該材料的相對透磁率。

隨著來自該感受器之熱量藉由傳導從該感受器傳送至鄰近該熔爐內部之側面及底部的非電導性進給料，該熔化的進給料融合至該熔爐之底部。

一旦該進給料開始融化且在該熔爐內有充分的電導性熔融材料，該電源之輸出頻率 F 可被降低至一如上述公式(2)所測定用於一特定應用的熔融材料加熱低頻，使得磁通量進一步穿透至該熔爐之內部以與該熔融材料耦合，而非集中於該感受器中。

一般在該熔爐中的所有進給料被融化後，該熔融體(熔化物)中之雜質除氣處理藉由經由導管18注入氣體至多孔材料16中而開始，該氣體滲透該多孔材料並經由該熔爐中的熔化物而發泡。此發泡過程藉由形成從該熔化物之表面蒸發且可藉由在該熔爐上使用一密封蓋或將該整個熔爐置於一真空室中而在該熔化物之表面上建立一真空環境而排出的該等雜質之揮發性組合物而減少該熔化物中的雜質，例如硼及磷。對於硼來說，蒸汽被用作用於減少硼雜質的反應氣體。對於磷來說，氫氣被用作低壓時的反應氣體。

在本發明中除氣速率藉由調節被提供至該一個或多個感應線圈之電流的幅度，例如0至2赫茲範圍內的某處而被增強以傳播一持續的表面環形電磁感應漣波/波作用，如圖

3，以增加該熔爐中之熔化物的有效表面積。增加該熔爐中之熔化物的有效表面積導致雜質更快的除氣，因為可用之表面積的幅度與除氣速率成正比。

在除氣後，經純化的熔化物在該熔爐中可具有指向性，否則被凝固，並作為一固態錠塊從該熔爐移除或以熔融狀態移除，例如藉由傾灑、底部敲擊或壓力傾灑。

在本發明的一些實例中該一個或多個感應線圈可包括上及下感應線圈。至該上線圈的電流幅度可經調變以便在至該下線圈之電流幅度被保持恒定時感應波作用。

本發明之上述實例僅為說明之目的而提供，並不能理解為對本發明的限制。雖然本發明參考各種實施例而得以描述，但使用於此之文字為描述及說明之文字，而非限制之文字。雖然本發明參考特定構件、材料及實施例而被描述於此，但本發明並不限於揭示於此之該等細節；相反，本發明擴展至所有功能相同的結構、方法及用途。取得本說明之教示之利益的技術熟練者可對本發明做出多種修改，且改變可被做出而不脫離本發明在其態樣中的範圍。

【圖式簡單說明】

圖1為一種使用於本發明之一實例中的感受器熔爐之一實例的截面立視圖。

圖2為圖1之感受器熔爐填充有固體非電導性進給料時的截面立視圖。

圖3為圖1之感受器熔爐填充有融熔電導性材料且該材料之波動作用被電磁感應時的截面立視圖。

【主要元件符號說明】

10	感受器熔爐系統
12	坩堝
14	感受器
16	多孔材料
18	氣體導管
20	感應線圈
22	電源
24	電磁分流器
90	進給料
b	底面
d	直徑
h	高度

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：98141024

(01B 3/037) (2006.01)

※申請日：98.12.1

※IPC 分類：H05B 6/2 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H05B 6/4 (2006.01)

利用電感應電力將在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之材料純化
PURIFICATION OF MATERIALS NON-ELECTRICALLY CONDUCTIVE
IN THE SOLID STATE AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE IN THE
MOLTEN STATE WITH ELECTRIC INDUCTION POWER

二、中文發明摘要：

本發明係一種藉由電感應電力在一感受器熔爐中加熱、熔化及純化一材料的裝置及方法。非電導性固態進給料可首先置於該熔爐中。來自一提供電流至一個或多個圍繞該熔爐之感應線圈的電源的輸出頻率經選擇以最大化與該感受器熔爐中之感受器材料的磁力耦合以便感應在該材料中加熱的渦電流。熱量藉由傳導從該感受器材料傳送至置於該感受器熔爐中的非電導性進給料以熔化該進給料。輸出頻率在該進給料熔化並變得導電時降低以增強與該熔爐中之熔化物的磁力耦合。來自該熔化物的雜質之除氣可藉由在該熔化物之表面水平被維持於真空時經由該熔化物發泡一氣體而實現。除氣藉由產生一在除氣處理時增加該熔化物之表面積的電磁連波/波作用而增強。

三、英文發明摘要：

The present invention is apparatus for, and method of, heating, melting and purifying a material by electric induction heating in a susceptor furnace. Non-electrically conductive solid charge may initially be placed in the furnace. Output frequency from a power source supplying current to one or more induction coils surrounding the furnace is selected to maximize magnetic coupling with the susceptor material in the susceptor furnace to induce eddy current heating in the material. Heat transfers by conduction from the susceptor material to the non-electrically conductive charge placed in the susceptor furnace to melt the charge. Output frequency is reduced as the charge melts and becomes electrically conductive to enhance magnetic coupling with the melt in the furnace. Degassing of impurities from the melt can be achieved by bubbling a gas through the melt while the surface level of the melt is maintained at vacuum. Degassing is enhanced by creating an electromagnetic ripple/wave action that increases the surface area of the melt during the degassing process.

七、申請專利範圍：

1. 一種用於熔化及純化一在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之組合物的方法，該方法包括：

在一至少部分襯有一感受器材料的坩堝中沉積該固態組合物之一進給料；

藉由來自一由一個或多個圍繞該坩堝之外部高度之感應線圈中之一感受器加熱高頻電流流動所建立的感受器加熱磁通量以及來自一由一個或多個感應線圈中之一熔融材料加熱低頻電流流動所建立的熔融材料加熱磁通量的感受器材料之感應加熱而熔化該固態組合物之進給料以便在該坩堝中形成一熔融體；

將該熔融體容納於一真空環境中；

供應一個或多個反應氣體至該材料之熔融體之底部以便與該熔融體中的一個或多個雜質反應，同時供應一調變低頻電流至該一個或多個感應線圈以便在該熔融體之表面產生一電磁波作用；及

從該真空環境提取該等氣體反應雜質。

2. 如請求項1的方法，其進一步包括使該一個或多個感應線圈至少從該坩堝之填充高度延伸至該坩堝之底部中之感受器材料之下至少25%的步驟。
3. 如請求項2的方法，其進一步包括將該坩堝中之熔融體材料形成為至少一具有一至少8比1之直徑高度比的圓柱形容積之步驟。
4. 如請求項1的方法，其中該調變低頻電流在0赫茲及2赫

茲之間調變。

5. 如請求項1的方法，其中該一個或多個感應線圈包括至少兩個感應線圈且該調變低頻電流被提供至該至少兩個感應線圈之最上端且一熔融材料加熱低頻電流被提供至該至少兩個感應線圈的剩餘部分。

6. 一種用於熔化及純化一在固態為非電導性且在熔融狀態為電導性之組合物的感應熔爐，該感應熔爐包括：

一具有一圓柱形內部容積的坩堝，該內部容積圍繞該坩堝之內壁及底部至少部分地襯有一感受器材料，其中該內部容積之直徑與該內部容積之填充高度的比為至少8比1；

至少一個穿透至該坩堝之底部中的氣體入口；

至少一個配置於該坩堝之內部容積之底部中的氣體散佈元件，用於散佈一經由該至少一個氣體入口流動的氣體；

至少一個感應線圈，該感應線圈從至少該填充高度包圍該坩堝之外部高度至該坩堝底部中之感受器材料之下至少25%；

至少一個交流電源，該電源具有一連接至該至少一個感應線圈的輸出；

一密封結構，用於在該內部容積中之該材料的表面上建立真空環境；及

一頻率控制器，用於將該輸出電流之加熱頻率從至少一用於與該感受器材料磁通量耦合的感受器材料加熱高

頻調整至至少一用於磁通量耦合至該坩堝之內部容積中的熔融材料加熱低頻，及用於供應至少在0至2赫茲之間之該輸出電流之一調變低頻。

八、圖式：

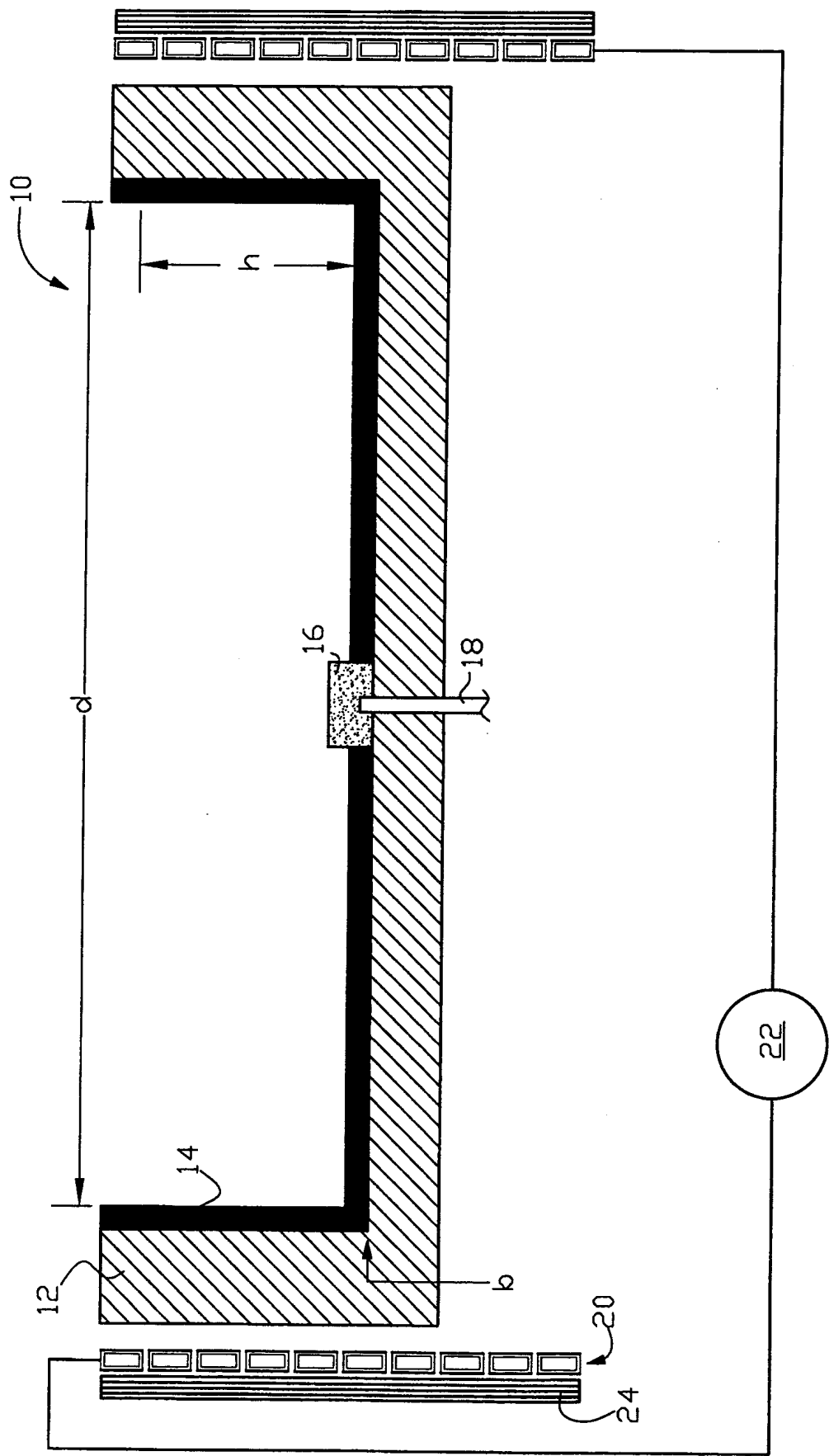


圖 1

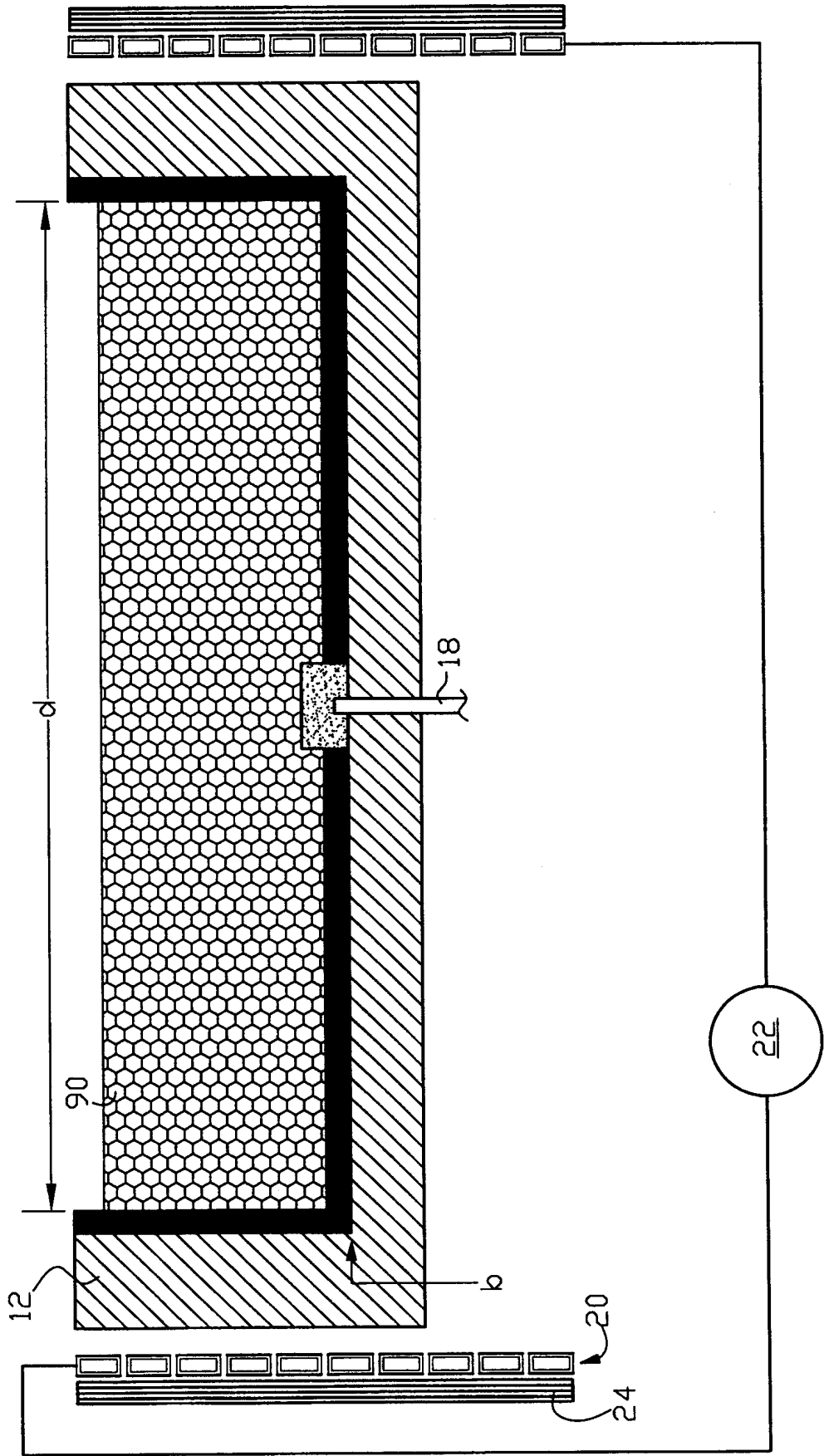


圖 2

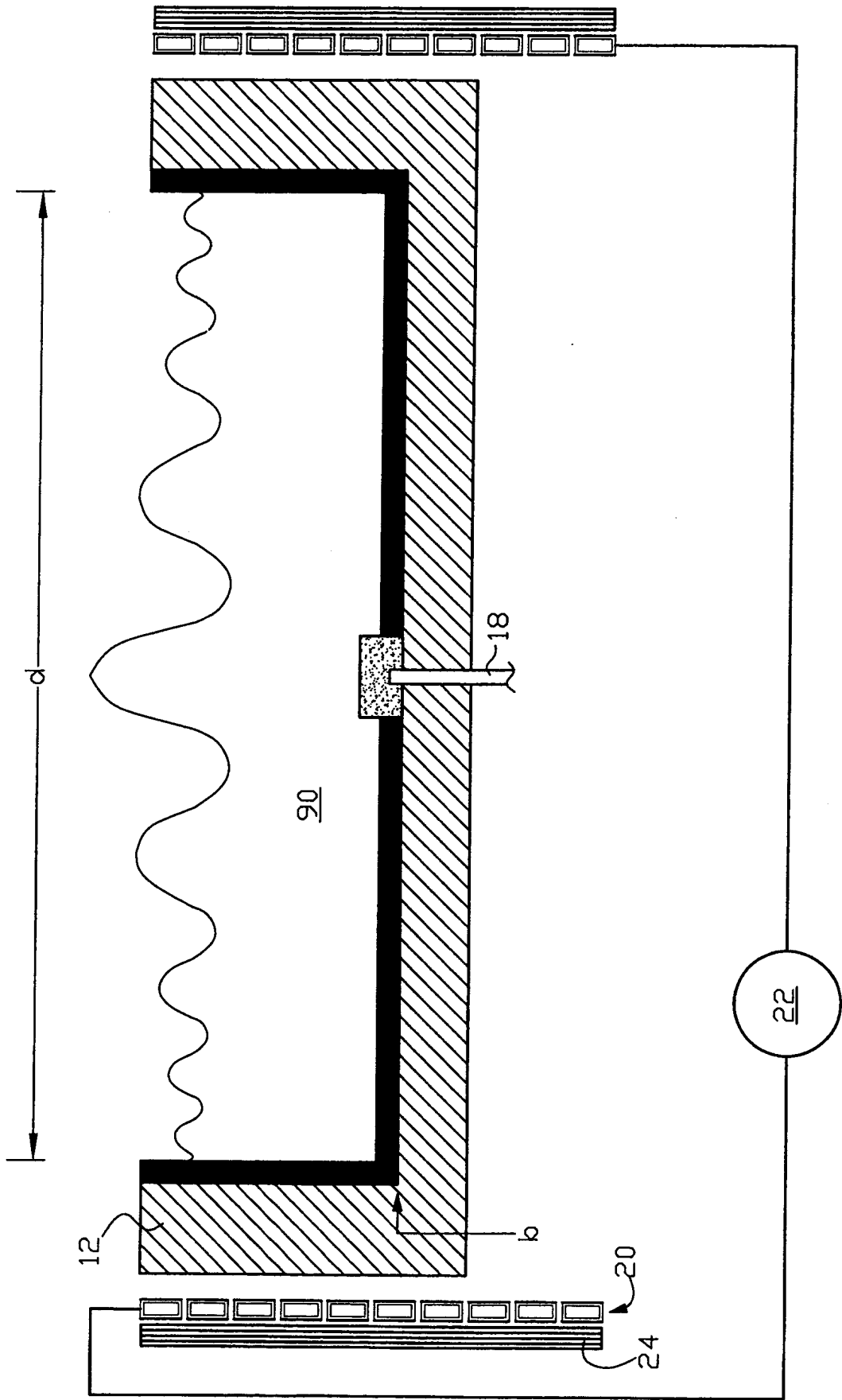


圖 3

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

12	坩堝
18	氣體導管
20	感應線圈
22	電源
24	電磁分流器
90	進給料
b	底面
d	直徑

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)