



(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 I554660 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：101113987

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 19 日

(51)Int. Cl. : C30B35/00 (2006.01)

(30)優先權：2011/04/19 英國 1106559.6

2011/04/29 美國 61/480,772

(71)申請人：R E C 太陽能私人有限公司 (新加坡) REC SOLAR PTE. LTD. (SG)
新加坡

(72)發明人：菲拉迪米洛夫伊格爾 VLADIMIROV, EGOR (NO)；泰克斯薩拉亞歷山卓 TEIXEIRA, ALEXANDRE (NO)；約翰森凱 JOHANSEN, KAI (NO)；荷馬尤泥法爾波瑞亞 HOMAYONIFAR, POURIA (NO)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 200806827A

TW 201018756A1

審查人員：吳韶淳

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：14 共 49 頁

(54)名稱

用於製造結晶矽錠的裝置 (二)

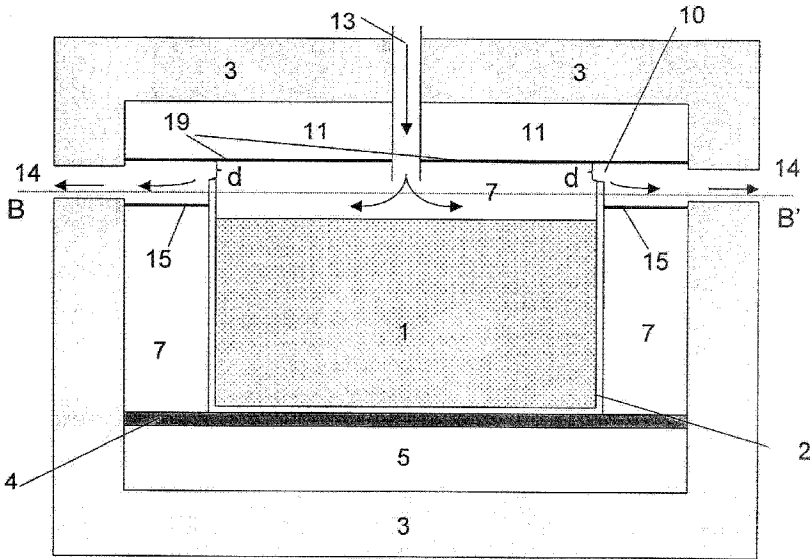
AN ARRANGEMENT FOR MANUFACTURING CRYSTALLINE SILICON INGOTS (2)

(57)摘要

本發明係關於一種以定向固化製造結晶矽錠的裝置，其中藉由應用氣體通道以保護熔化物與結晶爐之碳結構部分免受熔化物之煙霧影響，該氣體通道可直接引導該煙霧離開熔爐之定向固化腔室。

The present invention relates to an arrangement for manufacturing crystalline silicon ingots by directional solidification, where the melt and carbonaceous structural parts of the crystallisation furnace is protected from the fumes of the melt by applying a gas conduit which leads the fumes directly out of the directional solidification compartment of the furnace.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

- 1 . . . 矽
- 2 . . . 熔化鍋
- 3 . . . 隔熱壁
- 4 . . . 地板
- 5 . . . 下腔室
- 7 . . . 中腔室
- 10 . . . 氣體收縮道
- 11 . . . 上腔室
- 13 . . . 入口
- 14 . . . 出口
- 15 . . . 下護罩元件
- 19 . . . 上護罩元件
- B B' . . . 線
- d . . . 距離

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；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：101113987

※ 申請日期：2012 年 4 月 19 日

※IPC 分類： C30B 35/00 (2006.1)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於製造結晶矽錠的裝置 (二)

AN ARRANGEMENT FOR MANUFACTURING CRYSTALLINE SILICON
INGOTS (2)

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種以定向固化製造結晶矽錠的裝置，其中藉由應用氣體通道以保護熔化物與結晶爐之碳結構部分免受熔化物之煙霧影響，該氣體通道可直接引導該煙霧離開熔爐之定向固化腔室。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to an arrangement for manufacturing crystalline silicon ingots by directional solidification, where the melt and carbonaceous structural parts of the crystallisation furnace is protected from the fumes of the melt by applying a gas conduit which leads the fumes directly out of the directional solidification compartment of the furnace.

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：

1	矽	2	熔化鍋
3	隔熱壁	4	地板
5	下腔室	7	中腔室
10	氣體收縮道	11	上腔室
13	入口	14	出口
15	下護罩元件	19	上護罩元件
B B' 線		<i>d</i>	距離

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：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種以定向固化製造結晶矽錠的裝置，尤其本發明係關於一種氣體通道裝置，該氣體通道裝置保護熔爐熱區的腔室，並防止熔融矽在穿過結晶爐中的氣相時受污染，該結晶爐係生產用於光伏應用的高品質結晶矽錠。

【先前技術】

目前，全世界生產的大量光伏元件，包含太陽能面板，係以切割自錠的多晶矽晶圓為基礎，該錠係基於布氏法（Bridgeman method）於電熱爐中以定向固化（DS）澆鑄而成。所使用的熔化鍋通常是由二氧化矽 SiO_2 所製成的，而且該等電熱爐於相對於熔化鍋之上、下和/或側邊處具有加熱元件，以在定向固化期間提供用於熔化之熱，並控制熱之提取。該方法可說明如下：

在頂部開放的二氧化矽（ SiO_2 ）製熔化鍋內部覆蓋含有氮化矽的塗層，並以矽原料將該熔化鍋裝滿到預定的高度。然後將熔化鍋放置於熔爐加熱室的地板上。接下來，將石墨板製成的周圍支撐結構沿著熔化鍋外壁附裝，以於升高溫度、 SiO_2 -熔化鍋軟化並有下陷傾向時提供機械支撐。然後關閉、排空爐室，並在加熱元件從事矽原料的熔化/固化期間供應惰性吹洗氣體。當矽熔化時，調

整加熱以獲得定向固化。至少只要是在矽處於液相時，用惰性吹洗氣體（通常是氬氣）沖洗矽表面，以保護矽免受氣體污染，並有效地去除 SiO₂-氣體。

在該些製程中的一個主要挑戰是在熔化和固化期間保持熔融矽材料的純度。通常是藉由排空熔爐熱區的空氣並同時用惰性吹洗氣流覆蓋液態矽相表面上方，以保護熔化物免受氣體污染物污染。然而，吹洗氣體的量可能不足以防止爐室內產生的一氧化碳（CO）回流（由於從熔化物釋放的 SiO₂ 後續與熱區的石墨部分接觸），導致在熔化物中形成 SiC 雜質。集結在矽熔化物中的碳導致碳化矽（SiC）沉澱物形成，碳化矽（SiC）沉澱物是太陽能電池中發生分流效應（pn-接面短路）的原由，分流效應會導致光伏電池的效率大幅退化。尤其是在熔爐處於環境空氣洩漏進入熱區內部的案例中，會有特別大量的一氧化碳（CO）產生。另一個少量吹洗氣體流的缺點是：導致從熔化物蒸發的 SiO₂ 減少，並且由於與矽中較高氧含量相關的光致降解因而導致電池效率降低。同時，利用較大的氣體流量會導致氮化矽塗層退化，以及之後矽沾黏於二氧化矽熔化鍋壁上，從而導致由於錠裂開造成的錠損失。因此，適當與足夠的氣流控制成為光伏產業中矽結晶製程之挑戰。

碳化矽(SiC)內含物造成下游鋸切晶圓的生產損失，該晶圓係從切割自固化錠的塊所鋸切出，其中碳化矽顆粒致使鋸床機器斷線和/或在晶圓上形成鋸切標記。因此，

有需要在結晶錠形成期間控制/減少碳的闖入，並使氧得以從矽熔化物充分蒸發。

進一步的，當與熔爐的含碳元素接觸時，SiO-氣體將會與碳反應而形成CO-氣體與固體SiC。如上所述，CO-氣體會進入熔融矽中，而且SiC將會在被SiO-氣體接觸的含碳元素表面上形成固體沉積相。SiC的沉積是一個問題，因為熔爐的含碳結構元素不利地受累積的SiC-沉積物影響。SiC的沉積對於熱區的石墨隔熱壁與石墨製成的加熱元件尤其是個問題。SiC-沉積物的形成不只改變了加熱元件的電性質而需要時常置換加熱元件，而且也使熱區的石墨隔熱之熱性質劣化。熔爐熱區的含碳結構元素之劣化表示實質的成本增加，因為熔爐元件的服務時間縮短以及與維護工作相關的生產中斷所致。

從WO 2007/148985知道生產半導體級矽（包括太陽能級矽）錠的裝置與方法，其中熱區中存在的氧藉由在熔化和結晶製程的熱區中採用無氧化物材料而大幅減少或排除。該方法可使用於任何習知的製程，包括用於結晶半導體級矽錠（包括太陽能級矽錠），如布氏法（Bridgman process）、塊鑄法（block-casting process）及用於生長單晶矽晶體的CZ法（CZ-process）。本發明亦關於進行熔化與結晶製程的裝置，其中熱區的材料沒有氧化物。

DE 10/2006/017622揭示以垂直梯度冰凍程序製造多晶矽，該程序包括以下步驟：在熔化鍋上放置一個靜置於熔化鍋上的蓋子，以建立一個容器結構；將該容器結構

裝滿由微粒或粒狀矽製成的矽填充物至預定高度；加熱容器結構以使矽填充物熔化為液態矽；以及冷卻容器結構並固化液態矽。該容器具有沖洗氣體用的入口和出口，以將容器結構的內部與外部大氣隔離，而避免熔爐空氣雜質污染熔融矽。蓋子的輪廓與熔化鍋的輪廓相符，並且蓋子靜置於熔化鍋側邊上的托架上。

從 WO 2010/033885 知道一種定向固化爐，該定向固化爐包括容納熔融矽的熔化鍋以及覆蓋熔化鍋並於熔融矽上形成圍場的蓋子。熔化鍋在蓋子上也包括一個用以引入惰性氣體至熔融矽上方的入口，以抑制熔融矽受污染。該定向固化爐進一步包含蓋子上用以引入惰性氣體至熔融矽上方的入口。第一間隔和第二間隔與蓋子相鄰。第一和第二間隔定義促進來自圍場的污染物移除並使惰性氣體離開圍場的非線性流動路徑。

從 WO 2009/014963 知道一種鑄造矽的方法與設備，該鑄造矽係用於光伏電池和其他能夠形成低碳錠的應用，而且該低碳錠的晶體生長係受控制，以在鑄造期間增加晶種材料的截面積。該發明利用蓋和/或惰性氣體的流動來改良鑄造矽的純度，如具有非常低的碳濃度之矽。較少的雜質會減少包含在錠內的外來顆粒數量（稱為內含物），並改良晶圓和/或太陽能電池的產率。具有提高純度的矽之另一益處包括來自相同錠的較多和/或較大單晶材料。矽中較少的雜質也容許更快的晶體生長。此外，低碳含量可使用於將晶圓轉變成太陽能電池的熱製程有

更多的變化。

已知具有極端耐熱衝擊和耐機械磨損的材料是包含碳纖維-強化碳化矽陶瓷 (C-C/SiC 或 C/SiC 複合材料) 的陶瓷複合材料。目前已發現該些材料係使用於汽車應用、航空航天應用的煞車系統中作為摩擦內襯，在渦輪葉片、噴射引擎噴嘴作為燃燒室內襯等。

從 US 7,238,308 知道 C-C/SiC 或 C/SiC 複合材料可以藉由以下步驟生產：形成碳纖維-強化聚合物 (CRFP) 的中間體；加熱 CRFP 直到聚合物熱解形成碳纖維-強化碳的多孔坯體 (C/C-體)；使 C/C-坯體與熔融矽接觸並使矽滲入 C/C-坯體 (在文獻中時常被稱為液態矽滲入, LSI)，使得至少一些矽與 C/C-體的碳相反應並形成碳化矽，從而提供具有基質的碳纖維-強化複合陶瓷，該基質包含 SiC、Si 及 C。類似的技術和材料可從 US 6,030,913 與 EP 0915070 得知。

EP 1547992 揭示一種以樹脂和碳纖維的混合物製造 C-C/SiC 複合材料的方法，將該混合物直接熱解為坯體而不先硬化樹脂。然後使坯體滲入與矽形成 C-C/SiC 複合材料。藉由改變成分的相對含量可以生產具有訂製 C/C 與 C/SiC 含量的複合材料，從而製造具有不同熱傳導率的複合材料。

【發明內容】

本發明之主要目的係提供一種製造結晶光伏級矽錠的設備，該設備大幅減少/排除碳污染矽的問題，而且該設備大幅減少了吹洗氣體的消耗，並有效地保護加熱元件與熔爐熱區免於劣化。

本發明之目的可藉由以下本發明詳細說明中和/或隨附申請專利範圍中所提出的特點來實現。

【實施方式】

本發明係基於實現藉由形成氣體通道，而獲得在工業生產線中操作上更彈性且可實施的解決方案，該解決方案係遮蔽熔爐中的熔化物與碳元素免受 SiO-煙霧之有害作用所影響，該氣體通道同時保護矽熔化物免受氣體污染，並以 SiO-氣體無法接觸化學敏感部分的方式，防止熱區受蒸發自矽熔化物的 SiO-氣體影響而劣化。

因此，本發明係關於一種以定向固化製造結晶矽錠的裝置，其中

該裝置包含至少一個腔室，該腔室具有可容置熔化鍋之隔熱側壁，以及

其中該腔室包含：

- i) 加熱工具，
- ii) 至少一個入口，該入口用以供應吹洗氣體進入該腔室，及
- iii) 一或多個出口，該出口用以從該腔室提取氣體，

該腔室特徵在於該腔室進一步包含：

氣體通道，該氣體通道由連續周圍開口所形成，該連續周圍開口係介於以下二者之間：

上護罩元件，該上護罩元件置於該熔化鍋上方一距離處，且該上護罩元件覆蓋該腔室之水平截面區域，以將該腔室分隔成為二個疊置次腔室，其中該上次腔室具有加熱工具，及

下護罩元件，該下護罩元件沿著該熔化鍋之外表面置於該上護罩元件下方一距離處，且該下護罩元件覆蓋截面區域，該截面區域係形成於該熔化鍋外表面與該腔室的該隔熱側壁內表面之間，

流動收縮道，該流動收縮道位於該氣體通道或該一或多個出口中，且該流動收縮道備有於該氣體通道或該一或多個出口中之截面積 A ，其中 $A = P \cdot d$ ， P 為該熔化鍋之周邊長度，單位為 mm，且 d 係介於 0.5 mm 與 50 mm 之間，而且其中

該一或多個用以供應吹洗氣體之入口係位於該熔化鍋上方，以及

該一或多個用以提取氣體之出口係位於該腔室之該隔熱側壁上，且介於該上與下護罩元件之間。

本文所用術語「腔室」意指熔爐之界定區域，其中可於一個熔化鍋中進行矽的加熱、熔化以及固化。腔室具有隔熱壁以於腔室中獲得均勻的定向溫度梯度，但也可以具有隔熱地板及天花板。在製作多晶錠的熔爐中，腔

室通常為具有隔熱壁、地板及天花板的長方形腔室，而且在製作單晶矽的熔爐中，腔室時常成形為隔熱材料的開放圓柱形，也可以應用其他的幾何形狀。熔爐可含有多個腔室，以能夠於每回運轉生產多個錠。熔爐包含定向固化腔室的區域為熔爐的熱區域，故因而時常指稱為熱區。熔爐將時常具有外鋼罩或其他類型的機械剛性和氣密結構包圍熱區，以能夠於熱區中形成真空和/或受保護氛圍。

熱區中的腔室需要某些類型的加熱工具，以進行製作結晶矽錠所需的熔化與固化。本發明可應用任何習知的或可想到的加熱工具，以於熔化鍋中熔化與定向固化矽。加熱工具的一種適合實例是電阻加熱器，可將電阻加熱器放置於腔室中的熱區之底部、上半部、側邊上或該些位置的組合。

腔室可有利地具有底部支撐結構，而且底部支撐結構是由石墨或其他導熱且機械剛性的材料製成的，以承載腔室中的熔化鍋和/或其他結構/裝置。底部支撐結構的一個適當實例為水平方向的分隔壁或地板，該分隔壁或地板覆蓋腔室的整個截面區域，並因而將腔室的下半部分割成為二個腔室：一個放置熔化鍋之上腔室及一個適合含有用以從下方加熱熔化鍋的加熱工具之下腔室。然而，本發明亦可應用任何習知或可想到的裝載支撐結構，該裝載支撐結構用以乘載熔化鍋，本發明也包括在熱區的腔室中不具底部支撐結構之熔爐。在後者案例中，將熔

化鍋直接置於熔爐中每個腔室之底部隔熱壁（地板）上。

腔室亦可有利地包含周邊支撐結構，周邊支撐結構之形式為石墨或另一種耐熱機械剛性材料製成的長方形板，將該等長方形板沿著熔化鍋的外壁邊緣放置或組裝，以在熔化鍋於升高溫度下陷時提供機械強度。然而，周邊支撐結構可以是任何習知或可想到的、可提供熔化鍋機械支撐的結構，如熔化鍋之突出部位、從腔室的隔熱壁延伸出的臂桿等。周邊支撐結構的功能也可以作為裝載結構或腔室中結構部件之懸掛點。本文所用術語「周邊」意指結構，即圍繞熔化鍋外壁的支撐結構，以形成沿著熔化鍋的整個周圍延伸的連續結構。周邊支撐結構可與熔化鍋壁接觸，或者周邊支撐結構可與熔化鍋壁間隔一段距離。

本文所用術語「氣體通道」意指腔室中在上護罩元件與下護罩元件之間形成的自由空間，上護罩元件與下護罩元件置於彼此上方，以使上護罩元件與下護罩元件定義出圍繞熔化鍋的連續周圍開口。氣體通道的主要功能是藉由形成流動通路直接引導煙霧至腔室外，而保護矽熔化物與腔室的結構部件免於與離開熔化物的煙霧作劣化性接觸。上與下護罩元件可有利地避免任何彼此之間的接觸，以形成連續流動通路。氣體通道可有利地包括位於腔室外的氣體捕捉器，以加強氣體通道的保護效果。

藉由使用與流動管道的流動收縮道結合之上氣體阻障表面與下氣體阻障表面而得到氣體通道的效用，上氣體

阻障表面防止來自熔化物的煙霧流入腔室的上半區，下氣體阻障表面防止煙霧流入腔室的下半區，而流動收縮道防止氣體回流。

本文所用術語「上護罩元件」意指位於腔室中的任意類型實體結構，該實體結構可於腔室內形成連續的且實質上不透氣的氣體阻障表面，而形成腔室的上圍場（藉由覆蓋腔室的水平截面區域）。上護罩元件可有利地為實質水平方向的分隔壁或天花板，該分隔壁或天花板將上腔室分割成為二個水平分隔的疊置次腔室：下方的成為容置熔化鍋的次腔室。該配置具有形成受保護的上次腔室的優點，該上次腔室係受保護免於受來自熔化物的劣化煙霧影響，而且適合將頂加熱工具（如加熱元件）設置於該上次腔室，該頂加熱工具係用以從上方加熱熔化鍋。上護罩元件換言之可為材料之剛性板或材料之柔性片，該材料可承受矽結晶爐中建立的溫度與化學環境。該上護罩元件係由一種連續結構元件所形成，或者該上護罩元件係由多個元件所組成，該等元件一起覆蓋該腔室內部空間之所欲截面區域。

腔室也可以包括習知的頂護罩，該頂護罩為實質水平方向的上分隔壁或天花板，該上分隔壁或天花板將熱區的上腔室分割成為二個水平分隔的腔室。在應用頂護罩的案例中，上護罩元件可以是附裝於頂護罩面向該一或多個熔化鍋的下表面之塗層、薄片或板材。於該案例中，頂護罩係與氣體通道整合而形成氣體通道的上半部。

本文所用術語「下護罩元件」意指位於腔室中的任意類型實體結構，該實體結構可於腔室內形成連續的且實作上不透氣的氣體阻障表面，而於熔化鍋與隔熱側壁之間形成腔室的下圍場（藉由覆蓋腔室中介於熔化鍋壁與隔熱壁之間、沿著熔化鍋的整個周圍之水平截面區域）。亦即該下護罩元件形成周邊實質水平方向的分隔壁或平台，該分隔壁或平台從熔化鍋外壁沿著熔化鍋的整個周圍伸出，並因而將腔室之內部空間沿著腔室周圍分隔成為二個疊置次腔室，上次腔室為氣體通道，而下次腔室為熔化鍋側邊的周邊腔室，而且該下護罩元件係受保護免於受來自熔化物的劣化煙霧影響。周邊腔室適合容置側邊加熱工具，以從側邊加熱熔化鍋。下護罩元件應以最長幾毫米的空隙圍繞熔化鍋的外壁，亦即從 1 到 10 mm，以形成有效的、防止氣體流入側邊腔室的氣體阻障。在應用周邊支撐結構的案例中，下護罩元件可以只是靜置於周邊支撐結構上，或是藉由附裝或固定於周邊支撐結構而製成周邊支撐結構的組成部分。可以使周邊支撐結構的尺寸和/或位置有利地使得當下護罩元件放置或附裝於支撐結構的上面時，下護罩元件的上表面可有利地位於熔化鍋壁上緣向上（或下）或支撐側板上緣向上（或下）10 至 100 mm 範圍中的高度（於標準條件 STP 下測量）。下護罩元件換言之可為材料之剛性板或材料之柔性片，該材料可承受矽結晶爐中建立的溫度與化學環境。該下護罩元件係由一種連續結構元件所形成，或者

該上護罩元件係由多個元件所組成，該等元件一起覆蓋腔室內部空間之所欲截面區域。

氣體通道將與煙霧（如 SiO ）混合的吹洗氣體直接從熔化物上方的空間引導到腔室外的區域（如腔室與包圍熱區的鋼箱之間的空隙空間）。定義氣體通道的上與下護罩元件較佳應具有氣密壁，以避免熔爐熱區的任何含碳部件（隔熱、襯裡等）暴露於含 SiO 的氣體。然而，具有氣密壁並不是強制的，因為視氣體通道內的氣流速度與壓力而定，由氣體出口所形成的抽吸效應依據白努利原理（Bernoulli principle）將會使氣體通道充當抽吸管。因此，腔室內部氛圍的氣體將傾向於被從腔室空間吸到氣體通道之外，而容許該等護罩元件中具有某種程度的開口或該等護罩元件與腔室壁、熔化鍋等之間具有不緊密的裝配。該種抽吸對於腔室內以其他方式停滯的氣體氛圍而言形成了較佳的方向，而避免了 SiO -氣體與腔室的隔熱材料之破壞性接觸。由氣體通道所形成的氣體路徑可有利地為可能最短的距離，因而需要氣體通道的上與下部件（即上與下護罩元件）垂直指向熔化鍋壁與隔熱壁，但此配置並非必須。

本文所用術語「流動收縮道」意指在氣體通道中、至少一個位置上，自由空間的垂直截面區域之任意形式窄化。流動收縮道的主要功能是藉由確保吹洗氣體流的優勢優於環境大氣的回流擴散，而形成防止氣態雜質與用過的吹洗氣體回流及與矽熔化物表面接觸之回流限制阻

障。亦即，獲得此回流阻障的最低要求是在氣體通道中形成至少一個具有足夠小的截面積之區域，而使氣體以比氣體中雜質化合物的擴散速度更快的流速通過。為獲得此特點所需的氣體通道截面積大小視應用的吹洗氣體體積流而定，在實作上，所應用的吹洗氣體之施加量意指流動收縮道應於氣體通道中定義截面積 A 為 $A = P \cdot d$ ，其中 P 為熔化鍋之周邊長度，單位為 mm，且 d 係介於 0.5 mm 與 50 mm 之間、介於 2 mm 與 10 mm 之間或介於 4 mm 與 6 mm 之間。另一替代方案中，可將流動收縮道置於該一或多個出口中，以從腔室提取出氣體。

可以藉由在氣體通道中具有任意的結構元件而形成流動收縮道，該結構元件形成了氣體通道的流動體積之所需窄化。一種獲得流動收縮道的便利方式是應用一個具有某一高度之熔化鍋，該高度使熔化鍋壁往上伸而部分阻擋氣體通道中的流動管道。該原理圖示說明於第 1 圖與第 2 圖中，第 1 圖與第 2 圖分別為本發明依據第一態樣之側視與俯視截面示意圖。

第 1 圖圖示置於長方形腔室中的熔化鍋 2 中之矽熔化物 1，該長方形腔室是由上方、下方以及側邊的隔熱壁 3 所定義。熔化鍋 2 放置於石墨製的地板 4 之上，地板 4 的功能是作為承載熔化鍋的底部支撐結構，而且地板 4 將內室分隔為一個下腔室 5 及一個容置熔化鍋 2 的中腔室。吹洗氣體經由入口 13 進入並沖洗矽的上表面，如氣體入口下方之箭頭所指。在熔化鍋 2 上方有上護罩元件

19，上護罩元件 19 形成氣體通道的上半部，並將中腔室進一步分隔成為上腔室 11 和容置熔化鍋的腔室。在熔化鍋的側邊提供有下護罩元件 15，下護罩元件 15 從熔化鍋 2 的外表面延伸到側邊的隔熱壁 3 之內表面，並因而將中腔室進一步分隔成為側腔室 7 和氣體通道。氣體出口 14 位於上與下護罩元件 15、19 之間的隔熱側壁 3 中。藉由氣體通道變窄而形成氣體收縮道 10，氣體通道變窄是由於熔化鍋的高度，而在熔化鍋 2 上緣與上護罩元件 19 之間定義出分隔距離 d 。第 2 圖圖示沿第 1 圖中從 B 至 B' 的虛線俯視之相同實施例。

該圖圖示下護罩元件 15 形成了周邊「櫥架」，該「櫥架」封閉熔化鍋 2 與隔熱壁 3 之間的空間。

另一替代方案中，氣體收縮道可以藉由在熔化鍋周圍具有周邊支撐結構而形成，該周邊支撐結構延伸地足夠高，以於周邊支撐結構上緣與上護罩元件之間定義分隔距離 d 。於該案例中，下護罩元件之尺寸為從周邊支撐的外表面延伸至隔熱壁。

另一進一步的替代方案是在氣體出口中形成氣體收縮道。於該案例中，下護罩元件可以只是靜置於周邊支撐或熔化鍋上緣，如上所述。

又另一形成氣體收縮道之替代方案是應用氣密結構型式的「遮罩」，且該「遮罩」係附裝於上護罩元件。可以給遮罩任何可想到的形狀與尺寸，只要遮罩從上護罩元件延伸形成熔化鍋的上圍場，而且定義出遮罩下緣與下

護罩元件之間的距離 d 。遮罩位於離熔化鍋一段水平距離處，使得允許吹洗氣體可在熔化鍋與遮罩內表面之間往遮罩與下護罩元件之間作成的狹縫或開口流動。該狹縫或開口應有利地以各種方式延伸環繞熔化鍋。遮罩與熔化鍋及下護罩元件在任意點之間較佳應無接觸。熔化鍋壁與遮罩之間的最短距離應為 10 至 100 mm。熔化鍋壁與遮罩下緣之間的最短距離應為至少 35 至 50 mm，此特點提供在氣體護罩內形成較長的吹洗氣體流動路徑的優點，其中流動路徑係朝向遮罩與下護罩元件之間形成的周邊狹縫，並因而減少回流區的出現。

遮罩可以例如藉由將四片導熱的梯形平板結合在一起而製成，較佳為耐化學藥品且剛性的材料，以形成「傘」類似結構，該「傘」類似結構懸掛於熔爐熱區的頂護罩。也可以使用其他實施例的遮罩。遮罩可以有利地向外逐漸變細，以形成類似截斷金字塔的形狀，且該截斷金字塔以下列範圍其中之一者的角度相對於頂護罩表面懸掛於頂護罩：從 30° 到 75° ，從 45° 到 70° ，或從 55° 到 65° 。具有逐漸向外變細的遮罩（遮罩包圍熔化鍋的頂部，並與下護罩元件在熔化鍋上緣之下與外部一段距離處一起形成周邊間隔）之特點是：該結構在狹縫與熔化鍋之間定義了開放空間（氣體容器），該開放空間可容置意外的吹洗氣體小逆流，而不會讓整個液態矽暴露於遮罩下。該特點適用於具有間歇操作真空幫浦的熔爐，因時常會有壓力的小波動形成（在 1 至 2 mbar 以下），且因而在

間隔附近產生吹洗氣體流的短波動誤差。

具有遮罩（該遮罩與上護罩元件整合且向下延伸至下護罩元件）的特點提供了避免熔化鍋與氣體護罩的遮罩之間實體接觸的優點，並因而減少任何因操作（在熔爐內裝/卸熔化鍋、關/開熔爐）導致的結構損傷，該等操作必然需要空隙存在，以保留所需的周邊狹縫寬度供吹洗氣體跑出。進一步，在二氧化矽熔化鍋的特定案例中，在熔化鍋周圍下方與之外形成的狹縫，藉由吹洗氣體，以減少塗層暴露於周邊狹縫附近的高流速之方式，減輕了熔化鍋釋放塗層的化學損耗（因而避免由於塗層破壞導致矽黏在二氧化矽壁以及後續錠破裂產生的錠損失）。

隔熱壁也可能被來自熔化物的煙霧侵蝕，使得氣體通道可以有利地包括對腔室隔熱壁的內表面與一或多個氣體出口的表面之保護，該等表面係暴露於來自熔化物的煙霧。可以用能夠承受熱與化學環境的材料覆蓋該等暴露的表面來獲得該保護，該材料可與氣體通道分隔或是作為氣體通道的組成部分。後者的實例是藉由具有氣體出口而沿著整個周圍於隔熱中形成連續狹縫，並具有從熔化鍋或周邊支撐向外延伸穿過氣體出口的下護罩元件。同樣地，上護罩元件可以向外延伸穿過氣體出口。

此外，依據本發明的裝置可以包含用於 SiO 的捕捉器。本文所用用於 SiO 冷凝的術語「捕捉器」意指冷體，較佳是由任意幾何形狀、但擁有相當大表面積的金屬所製成，並懸掛於氣體通道出口前方的外部容器。由於熱容

量低的氣體穿過通道，故金屬捕捉器的冷卻可以有利地依靠熔爐的設計。在氣體通道出口所需的從大約 1500°C 到約 300 至 400°C 的溫度驟降導致 SiO -氣體冷凝，而於金屬體表面形成非結晶形的、海綿形狀的二氧化矽。因此，通過捕捉器的吹洗氣體將造成 SiO 冷凝，而產生更清潔的環境大氣，並因而減輕對含有回擴散部分的石墨之劣化作用，回擴散部分係穿過腔室的隔離壁而進入高溫區。

氣體通道與上述氣體捕捉器組合的主要優點是保護腔室的石墨部分免於被熔化物排出的 SiO -氣體劣化，同時保護矽熔化物免受經由氣相的污染。進一步的優點是依據本發明的裝置與沒有氣體通道的類似裝置相比較，可使吹洗氣體的消耗量減少為四分之一至五分之一。

材料考量

氣體護罩應由可承受熔化矽相關的高溫、而不會分解或以其他方式釋放（藉由排氣、排汗、剝落等）污染化合物之材料製成，該材料也應為可承受該等溫度而不會喪失該材料所需的機械剛性。進一步地，該氣體通道材料較佳在結晶爐內所遭遇的化學環境中應為化學惰性的，以製造單晶及多晶矽錠。

另一可有利地列入考量的原因是：熔爐隔間內的溫度曲線與熱通量不應因採用氣體通道而有不利的影響，以保留想要的熱提取率與對定向固化製程的控制。亦即，穿過氣體通道的熱阻不應阻礙經熔化鍋底部的熱提取。

因此，總而言之，氣體通道應由具足夠機械剛性的材料製成，以形成剛性的氣體通道，且該氣體通道具有在 1 至 20 mm 範圍中的板厚，且該材料可選擇地具有至少 1 W/mK 或更大的熱傳導率。

氣體通道可以有利地藉由結合耐熱的與化學惰性的材料薄片而製成，以形成將來自熔化物的煙霧與來自熔化鍋上方空間的吹洗氣體引導至出口的管道，以從熱區排空氣體。較佳應將該等薄片結合在一起，以使得管道具有實質氣密之壁，而避免熔爐熱區的任何含碳表面暴露於含 SiO 氣體。亦即，氣體通道的牆壁較佳應由耐熱的與化學惰性的材料之連續層所製成，氣體通道輸送含 SiO 氣體離開熱區，使得元素碳與熱區內的 SiO 之間所有可能的接觸可被阻止。

適合用於氣體通道的材料之實例包括但不限於具有 SiC 塗層的陶瓷材料，如具有 SiC-塗層的碳纖維-強化碳（習知為 CFRC、C/C、CFC 等）、塗覆 SiC 的石墨、碳化矽陶瓷（C-C/SiC 或 C/SiC 複合材料）、碳化矽纖維複合材料（SiC/SiC）。該些材料將具有足夠的熱傳導率、必要的機械剛性，以容許形成薄片厚度範圍在 1 至 10 mm 中的上和下護罩元件，較佳為 2 至 8 mm、2 至 5 mm 或 2 至 3 mm。可將 SiC 塗層施加於薄片的內側上與選擇性地施加於薄片的外側上，以形成厚度在 10 至 200 μm 範圍中的塗層，較佳為 20 至 150 μm 、40 至 120 μm 或 60 至 100 μm 。可有利地在 CFRC 的一側或二側上給予 CFRC

厚度從約 10 至約 200 μm SiC 的 SiC 塗層，以使氣體通道對於腔室中的氣體化合物更有化學惰性。上和下護罩元件兩者皆可由具有 SiC 塗層的 CFRC 片材製成。

本發明可應用任何習知或可想到的熔化鍋，以藉由定向固化生產結晶矽。熔化鍋的實例包括以下其中之一者：碳化矽、塗覆氮化矽的石英熔化鍋、反應鍵結的氮化矽、C-C/SiC 等。依據本發明的裝置並未受限於布氏熔爐或製程，而是也可以應用於任何習知或可想到的製程，以形成單或多晶矽錠。

本發明之例示實施例

現在將藉由例示實施例的方式更詳細地描述本發明。不應將該些例示實施例解釋為對一般發明構想之限制，該一般發明構想係使用氣體通道將煙霧引導離開腔室，而不與氣體和元素碳接觸，因而防止煙霧在熔化物以及熔爐的碳元素之材料完整上的不利影響。

第一例示實施例

第 3 圖中圖示的例示實施例包含內爐空間或腔室，該內爐空間或腔室用以於熔化鍋 2 中以布氏法 (Bridgeman method) 進行矽 1 的熔化與固化。腔室是由隔熱壁 3 所界定的空間。熔化鍋是習知具有氮化矽平滑塗層的二氧化矽熔化鍋。

將熔化鍋 2 放置於隔熱石墨製成的地板 4 之上，地板 4 將內室分隔為一個下腔室 5 及一個中腔室 7。下腔室 5 容置由石墨製成的電阻加熱器 6，電阻加熱器 6 用以從下

方加熱熔化鍋。中腔室 7 容置熔化鍋 2。熔化鍋 2 的側邊是由石墨板 8 作機械式支撐。在熔化鍋 2 之上的熱區裝設有水平分隔壁形式的頂護罩 9，頂護罩進一步將熱區的腔室分隔而形成一個上腔室 11，上腔室 11 容置由石墨製成的電阻加熱器 12，電阻加熱器 12 用以從上方加熱熔化鍋 2。經由入口 13 供應吹洗氣體至熱區，並經由氣體出口 14 將吹洗氣體與來自熔化物的煙霧一起抽出，氣體出口 14 與幫浦（未圖示）連接，以建立真空條件。將氣體出口 14 製作於沿著隔熱壁 3 的整個周圍環繞的連續狹縫中，如第 4 圖上所圖示，第 4 圖圖示沿第 3 圖中從 B 至 B' 的線俯視之截面區域。第 4 圖上的虛線圖示在下護罩元件下方的隔熱壁 3 之內表面，下護罩元件延伸至腔室外並涵括隔熱壁 3 的表面區域。

氣體通道由薄片元件 15、19 形成，薄片元件 15、19 是由厚度 3 至 4 mm 的碳纖維-強化碳（CFRC）製成，而且薄片元件 15、19 面向氣體通道內部的側面上塗覆有 80 至 100 μm 厚的 SiC 層，以形成熱區的所有碳元素之連續覆蓋層，該連續覆蓋層會與來自熔化物的煙霧接觸。塗覆 SiC 的 CFRC 之熱傳導率在 1600°C 約為 25 W/mK。於該例示實施例中，氣體通道的上護罩元件是由一片塗覆 SiC 的 CFRC 且覆蓋水平分隔壁 9 之板元件 19 所製成，下護罩元件 15 是由與上護罩元件 19 相同的材料所製成。值得注意的是護罩元件 15 和 19 一直延伸到隔熱壁 3 的外表面，使得護罩元件 15 和 19 也保護氣體出口 14 的表

面免於與來自熔化物的煙霧接觸。

氣體收縮道 10' 是由周邊支撐結構 8 的上緣與上護罩元件 19 之間的間隔所形成。為了保護周邊支撐結構 8 的石墨板免受來自熔化物的煙霧影響，如同氣體通道以類似塗覆 SiC 的 CFRC 薄片元件 20 覆蓋石墨板。薄片元件 15 和 20 較佳應結合在一起，以在薄片元件 15 和 20 之間形成氣密的接面。於該例示實施例中，氣體通道是由中腔室 7 的整個自由空間所定義。

第二例示實施例

第二例示實施例圖示於第 5 圖，該例示實施例與上述第一例示實施例類似，兩者不同之處在於氣體出口 14 的高度與周邊支撐 8 對齊，以容許下護罩元件 15 靜置於邊緣支撐 8 的上緣上，並延伸到氣體出口 14 之外，以及氣體出口 14 的上表面降低，使得氣體出口 14 形成氣體收縮道 10''。該實施例之設計使得必須以類似的薄片元件 18 覆蓋氣體出口的上表面，而且必須以板元件 17 覆蓋一部分的隔熱壁內表面。板元件 17、18 以及 19 較佳應結合在一起，以在板元件 17、18 以及 19 之間形成氣密的接面。於該例示實施例中，氣體通道是由中腔室 7 的整個自由空間所定義。

第三例示實施例

第三例示實施例圖示於第 6 圖，第三例示實施例與上述第二例示實施例類似，兩者不同之處在於第三例示實施例亦包含遮罩 22。遮罩 22 是由四片梯形平板結合在一

起而形成「傘」類似結構所製成，梯形平板是由厚度 1 至 2 mm 的碳纖維-強化碳 (CFRC) 所製成，且梯形平板兩側上皆塗覆有 80 至 100 μm 厚的 SiC 層，該「傘」類似結構附裝於且懸掛於上護罩元件 19，該塗覆 SiC 的 CFRC 之熱傳導率在 1600°C 約為 25 W/mK。

遮罩 22 向外逐漸變細而形成懸掛於上護罩元件 19 的截斷金字塔，遮罩 22 部分通過熔化鍋 2 的上半部，以形成熔化鍋的上圍場，而且上圍場從上護罩元件 19 延伸至下護罩元件 15 的上表面上方一小段距離處。因此，藉由遮罩 22 的下緣與下護罩元件 15 的上表面之間的距離 d 形成氣體收縮道 10'''。

因而將可迫使吹洗氣體在熔化鍋 2 與遮罩 22 內表面之間往遮罩與下護罩元件 15 上表面之間構成的間隔或開口流動。該間隔以各種方式環繞熔化鍋，而使遮罩與熔化鍋或遮罩與下護罩元件 15 在任意點之間無接觸。熔化鍋壁與遮罩之間的最短距離在 35 至 70 mm 的範圍中。

遮罩 22 示意圖示於第 7 圖中，其中第 7 a) 圖為仰視圖，而第 7 b) 圖為側視圖。

第三實施例與第一和第二實施例之間另一個不同在於第三實施例包括用以捕捉 SiO-氣體的捕捉器 21。該捕捉器為冷卻氣體之金屬網，當氣體通過金屬網時可將氣體冷卻至約 300 至 400°C 範圍中的溫度。第一和第二實施例也可以具有類似的、用於 SiO-冷凝的捕捉器 21。

本發明之證明

本發明對矽錠的效用

進行一系列依據使用修正裝置的布氏法熔化及固化矽的比較實驗，以驗證遮蔽熔化物免於暴露於回流或回擴散氣體之效用。

該裝置如上述第三例示實施例使用遮罩，但下護罩元件僅伸展一部分從周邊支撐至腔室的隔熱壁內表面之距離。因此，比較實驗未評估本發明對熔爐碳結構部分上的保護效果。有理由相信碳結構部分與腔室熱環境內的SiO接觸，而使得SiC和CO-氣體形成。因此，應預期比較實驗的結果會在施用熔爐熱腔室全保護並因而實際減少了熱SiO-氣體與C之間的接觸時所預期的結果之下側。

以確切相同的加熱與固化程序、相同流動的吹洗氣體與壓力來執行每個實驗，該等測試之間的不同僅在於以氣體護罩裝置生產一系列的錠，並以沒有該氣體護罩裝置來生產另一系列的錠。

第8 a)圖為以依據本發明的氣體護罩製作的多晶矽錠照片，而第8 b)圖是沒有氣體護罩製作的多晶矽錠照片。由該等照片上可以清楚看到，由於與輸入爐室內而至熔化物之CO反應導致SiC形成，第8 b)圖中的錠表面有相當多的晦暗與灰色。此結果可由在結晶開始時於矽熔化物上方測量的CO濃度所支持，圖示於第9圖，該CO濃度為氫供應量的函數，第9圖圖示熔化物上方的CO濃度可以在應用氣體護罩裝置的案例中，藉由少量的吹洗氣

體而更有效的降低。以沒有氣體護罩製作的錠所得到的結果為有十字的黑線，而以依據本發明的氣體護罩製作的錠所得的結果為有全圓的灰線。

同樣以錠高度為函數測量所生產錠的碳濃度，結果圖示於第 10 圖，且為 32 個錠中之一者的碳分佈之 SIMS 分析的一般平均。由第 10 圖可以看出，以依據本發明的氣體護罩製作的錠在從 60%錠高及以下處具有係數 3 或更大的碳濃度，而且在錠的上半部具有約減少 25 %的碳濃度。以沒有氣體護罩製作的錠所得到的結果為有圓圈的灰線，而以本發明的氣體護罩製作的錠之結果為有十字的灰線。

第 11 a)圖與第 11 b)圖中圖示的結果說明在穿過錠高度的位置上之鋸切標記深度（累積有從 32 個錠切割出之 512 個晶圓塊），表示從用氣體護罩製作的錠鋸切出之塊應含有較少的 SiC-內含物，習知 SiC 內含物會造成導線破裂，並在導線鋸切（切片）塊成為晶圓的製程中減少晶圓產出。其中一個問題在於當導線到達硬的 SiC-內含物時，導線會產生鋸切導線缺陷（鋸切標記），鋸切導線缺陷會導致晶圓在更下游的處理中被退回。

最後，第 12 圖為圖示從一個錠切割出的 16 個塊中每個塊的損失減少（%）（藉由應用依據本發明的氣體護罩裝置所達成）之一般分佈圖，得到與沒有氣體護罩裝置的工廠基準相比，平均的晶圓損失減少約為 58%。

本發明於太陽能電池之效用

本發明在晶圓製成太陽能電池的下游製程上的效用經觀察如下：

將結晶矽錠冷卻並垂直切割成為 16 個相同的、約 245 mm 高的塊狀物，然後在水平方向將該塊狀物切薄片而產生晶圓，成為尺寸 156 mm x 156 mm 且 200 μ m 厚的晶圓。在切薄片之後，接著清洗、乾燥晶圓，且之後使晶圓進行製備太陽能電池的標準製程：蝕刻以織構表面，化學氣相沉積 (CVD) n 型摻雜物（磷化合物），在升高的溫度下內擴散磷化合物，於晶圓前表面上沉積氮化矽抗反射塗層。最後，於晶圓前與後側上施加金屬電觸點。

將以晶圓生產的太陽能電池進行電池測試，其中將有不同電池效率但具有電阻低於 30 ohm 閾值的晶圓挑出歸類為「分路的」，即不適當品質的。如從第 13 圖（結晶製程沒有氣體引導裝置）與第 14 圖（結晶製程有氣體引導裝置）上圖示的電池分佈比較可看出的，由於減少 SiC 顆粒析出，使用氣體引導裝置使得分路的太陽能電池部份減少為十分之一。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為依據本發明第一態樣的裝置之側視截面示意圖。

第 2 圖為沿第 1 圖中圖示從 B 至 B' 的虛線俯視之截面示意圖。

第 3 圖為本發明第一例示實施例之側視截面示意圖。

第 4 圖為沿第 3 圖中圖示從 B 至 B' 的虛線俯視之截面示意圖。

第 5 圖為本發明第二例示實施例之側視截面示意圖。

第 6 圖為本發明第三例示實施例之側視截面示意圖，該例示實施例包括用於額外保護熔化物之遮罩。

第 7 a) 圖與第 7 b) 圖分別為依據本發明的遮罩之仰視與側視示意圖。

第 8 a) 圖為依據本發明製造的多晶矽錠照片，而第 8 b) 圖為不使用氣體護罩所製造的多晶矽錠照片。

第 9 圖為先前技藝的氣體供應（黑線，十字）與依據本發明的氣體供應（黑線，圓圈）相比，圖示矽熔化物上方的 CO 濃度（任意單位）隨氫流（任意單位）降低的曲線圖。

第 10 圖為圖示碳濃度（任意單位）為錠高（任意單位）函數的曲線圖，該曲線圖係藉由 SIMS 分析所發現，以沒有氣體通道製作的錠之結果為有圓圈的黑線，而以本發明的氣體通道製作的錠之結果為有十字的黑線。

第 11 a) 圖為對於以沒有氣體通道製作的錠，總結切片製程的鋸切標記深度為錠高的函數之圖，而第 11 b) 圖為對於以依據本發明的氣體通道製作的錠，總結切片製程的鋸切標記深度為錠高的函數之圖。

第 12 圖表示從一個錠切割出的 16 個塊具有在晶圓生產線中一般損失減少（單位為 %）的分佈圖，該分佈圖係

與先前技藝沒有氣體通道的製造相比所得。

第 13 圖為圖示由單晶矽錠生產的太陽能電池之電池效率分佈圖，該單晶矽錠係依據先前技藝製造基準而沒有使用依據本發明的氣體導引裝置，且於垂直梯度冰凍爐中結晶。

第 14 圖為圖示由單晶矽錠生產的太陽能電池之電池效率分佈圖，該單晶矽錠係使用依據本發明的氣體導引裝置，且於垂直梯度冰凍爐中結晶。

【主要元件符號說明】

1	矽	2	熔化鍋
3	隔熱壁	4	地板
5	下腔室	6	電阻加熱器
7	中腔室	8	石墨板/周邊支撐
9	水平分隔壁	10	氣體收縮道
10'	氣體收縮道	10''	氣體收縮道
10'''	氣體收縮道	11	上腔室
12	電阻加熱器	13	入口
14	出口	15	下護罩元件
17	板元件	18	板元件
19	上護罩元件	22	遮罩
21	氣體通道/捕捉器	B B'	線
d	距離		

七、申請專利範圍：

1. 一種以定向固化製造結晶矽錠的裝置，其中

該裝置包含至少一個腔室，該腔室具有一可容置一熔化鍋之隔熱側壁，以及

其中該腔室包含：

i) 一加熱工具，

ii) 至少一個入口，該入口用以供應吹洗氣體進入該腔室，及

iii) 一或多個出口，該出口用以從該腔室提取氣體，

該腔室特徵在於該腔室進一步包含：

一氣體通道，該氣體通道由一連續周圍開口所形成，該連續周圍開口係介於以下二者之間：

一上護罩元件，該上護罩元件置於該熔化鍋上方一距離處，且該上護罩元件覆蓋該腔室之水平截面區域，以將該腔室分隔成為二個疊置次腔室，其中該上次腔室具有一加熱工具，及

一下護罩元件，該下護罩元件沿著該熔化鍋之外表面置於該上護罩元件下方一距離處，且該下護罩元件覆蓋一截面區域，該截面區域係形成於該熔化鍋之外表面與該腔室的該隔熱側壁之內表面之間，

一流動收縮道，該流動收縮道位於該氣體通道或該一或多個出口中，且該流動收縮道備有一於該氣體通道

或該一或多個出口中之截面積 A 為 $A = P \cdot d$ ，其中 P 為該熔化鍋之周邊長度，單位為 mm，且 d 係介於 0.5 mm 與 50 mm 之間，而且其中

該一或多個用以供應吹洗氣體之入口係位於該熔化鍋上方，以及

該一或多個用以提取氣體之出口係位於該腔室之該隔熱側壁上，且介於該上與下護罩元件之間。

2. 如請求項 1 所述之裝置，其中 d 係介於 2 mm 和 10 mm 之間。

3. 如請求項 1 所述之裝置，其中 d 係介於 4 mm 和 6 mm 之間。

4. 如請求項 1、2 或 3 所述之裝置，其中

該上護罩元件係由一形成一實質水平方向的分隔壁或天花板之板或片所製成，以及

該下護罩元件係由一形成一實質水平方向的分隔壁或平台之板或片元件所製成，該分隔壁或平台從該熔化鍋壁之外表面沿著該熔化鍋的整個周圍伸出，並因而將該腔室之內部空間沿著該腔室之周圍分隔成為二個疊置次腔室。

5. 如請求項 4 所述之裝置，其中各該上與下護罩元件係

由一材料之一剛性板或柔性片所製成，該材料可承受矽結晶爐中建立的溫度與化學環境，該上與下護罩元件係由一連續結構元件所形成，或者該上與下護罩元件係由多種剛性板或柔性片元件所製成，該等剛性板或柔性片元件一起覆蓋該腔室之該內部空間之所欲截面區域。

6. 如請求項 5 所述之裝置，其中該等片係由以下材料其中之一者所製成：碳纖維-強化碳化矽、碳化矽纖維複合材料 SiC/SiC、具有或無一 SiC 塗層之碳纖維-強化碳或塗覆或未塗覆 SiC 之石墨。

7. 如請求項 6 所述之裝置，其中該等片為塗覆 SiC 之碳纖維-強化碳，其中

該碳纖維-強化碳片之厚度在 1 至 10 mm 範圍中，以及

該 SiC-塗層之厚度在 10 至 200 μm 範圍中。

8. 如請求項 7 所述之裝置，其中

該碳纖維-強化碳片之厚度在以下範圍中：2 至 5 mm，以及

該 SiC-塗層之厚度在以下範圍中：40 至 120 μm 。

9. 如請求項 4 所述之裝置，其中該流動收縮道係由該熔化鍋該上緣與該氣體通道之該上護罩元件之間的該間隔

或距離所形成，該熔化鍋該上緣與該氣體通道之該上護罩元件之間形成一具有該截面積 A 之連續狹縫。

10. 如請求項 4 所述之裝置，其中該流動收縮道係由該周邊支撐之上緣與該氣體通道之該上護罩元件之間的該間隔或距離所形成，該周邊支撐之上緣與該氣體通道之該上護罩元件之間形成一具有該截面積 A 之連續狹縫，而且其中該下護罩元件係沿著該周邊支撐之該外表面放置，並覆蓋該周邊支撐之該外表面與該腔室之該隔熱側壁之該內表面之間形成的該截面區域。

11. 如請求項 4 所述之裝置，其中該流動收縮道係藉由施加一周邊遮罩而形成，該周邊遮罩附裝於該上護罩元件並自該上護罩元件向下延伸至該下護罩元件上方一距離處，而沿著該周邊遮罩之周圍於離該熔化鍋壁一距離處形成一連續狹縫，且其中該狹縫具有該截面積 A 。

12. 如請求項 4 所述之裝置，其中該流動收縮道係由該氣體出口藉由具有該截面積 A 之一氣體出口所形成。

13. 如請求項 10 所述之裝置，其中該周邊支撐係由以下材料其中之一者製成之板元件所製成：碳纖維-強化碳化矽陶瓷、碳化矽纖維複合材料 SiC/SiC、具有或無一 SiC 塗層之碳纖維-強化碳 CFRC 或塗覆或未塗覆 SiC 之石墨

或上述材料之組合。

14. 如請求項 1、2 或 3 所述之裝置，其中藉由以一可承受該腔室中的熱與化學環境之材料覆蓋該上與下護罩元件之間的該隔熱壁表面，而獲得對於該隔熱壁表面之保護。

15. 如請求項 14 所述之裝置，其中該覆蓋材料係由以下材料其中之一者製成之板元件：碳纖維-強化碳化矽陶瓷、碳化矽纖維複合材料 SiC/SiC、具有或無一 SiC 塗層之碳纖維-強化碳 CFRC 或塗覆或未塗覆 SiC 之石墨或上述材料之組合。

16. 如請求項 15 所述之裝置，其中該碳纖維-強化碳化矽選自由 C-C/SiC 複合材料與 C/SiC 複合材料所構成的群組。

17. 如請求項 15 所述之裝置，其中該覆蓋材料係由與該上與下護罩元件相同的材料所製成，且該覆蓋材料分別製成該上與下護罩元件之一組成部分。

18. 如請求項 4 所述之裝置，其中該裝置亦包含一冷凝捕捉器，該冷凝捕捉器置於該出口，用以從該腔室提取氣體，該冷凝捕捉器之形式為一金屬製成之冷篩或網。

19. 如請求項 6 所述之裝置，其中該碳纖維-強化碳化矽選自由 C-C/SiC 複合材料與 C/SiC 複合材料所構成的群組。

20. 如請求項 13 所述之裝置，其中該碳纖維-強化碳化矽選自由 C-C/SiC 複合材料與 C/SiC 複合材料所構成的群組。

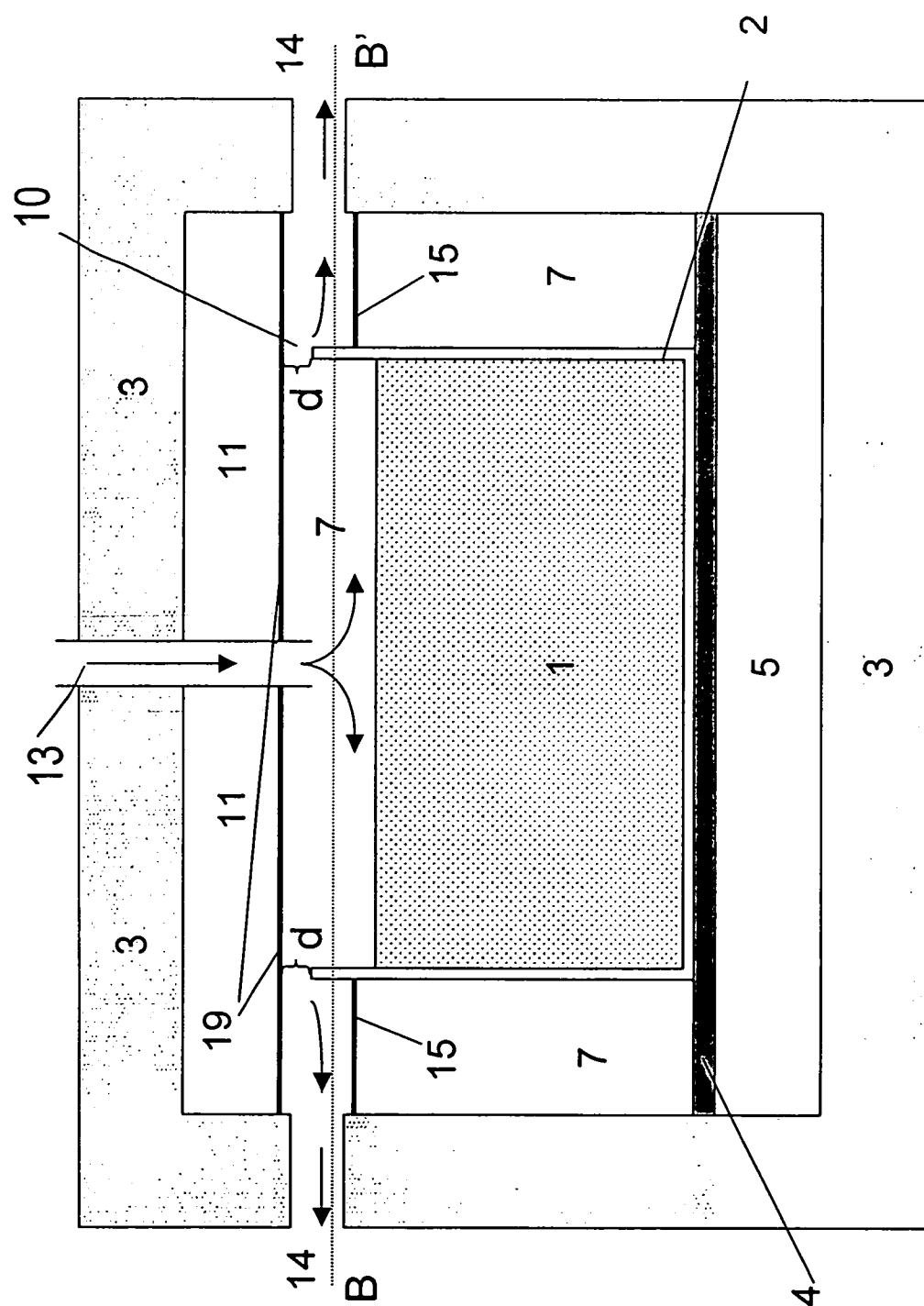


圖 1 第