



(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 I888636 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：110133006

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 06 日

(51)Int. Cl. : C30B25/16 (2006.01)

C30B31/12 (2006.01)

C30B31/18 (2006.01)

C30B31/10 (2006.01)

(30)優先權：2020/09/28 奧地利

A50821/2020

(71)申請人：奧地利商艾伯納工業爐公司(奧地利)EBNER INDUSTRIEOFENBAU GMBH (AT)
奧地利(72)發明人：艾瑞亞旺 卡納帕林 ARIYAWONG, KANAPARIN (TH)；巴爾巴 葛哈森
BARBAR, GHASSAN (DE)；艾伯納 羅伯特 EBNER, ROBERT (AT)；熊治勇
HSIUNG, CHIH-YUNG (TW)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 110331438A

US 6048398

審查人員：林偉

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：3 共 21 頁

(54)名稱

用於生長晶體之方法

(57)摘要

本發明係關於藉助 PVT 或 PVD 或 CVD 用於生長晶體之方法，其包含以下步驟：

- 提供用於該晶體生長之腔室；
- 提供坩堝，該坩堝配置於該腔室中且該坩堝包含至少一個沈積區段，該沈積區段具有種晶及用於生長晶體之基礎材料；
- 提供至少一個溫度監測器件、尤其高溫計；
- 提供氣體供應器件及至少一個流體入口及出口；
- 提供壓力監測器件；
- 藉助抽氣器件將該腔室抽空；
- 用惰性氣體、較佳氬氣沖洗該腔室；
- 藉助至少一個加熱器件將該腔室加熱至 2000 至 2400°C 之生長溫度；
- 將壓力降低至 0.1 至 100 毫巴(mbar)；
- 供應摻雜劑、較佳氮氣(在生長製程期間)；
- 在該生長製程中調節製程參數；
- 在該生長製程結束時增加該腔室中之壓力；
- 使該腔室冷卻；

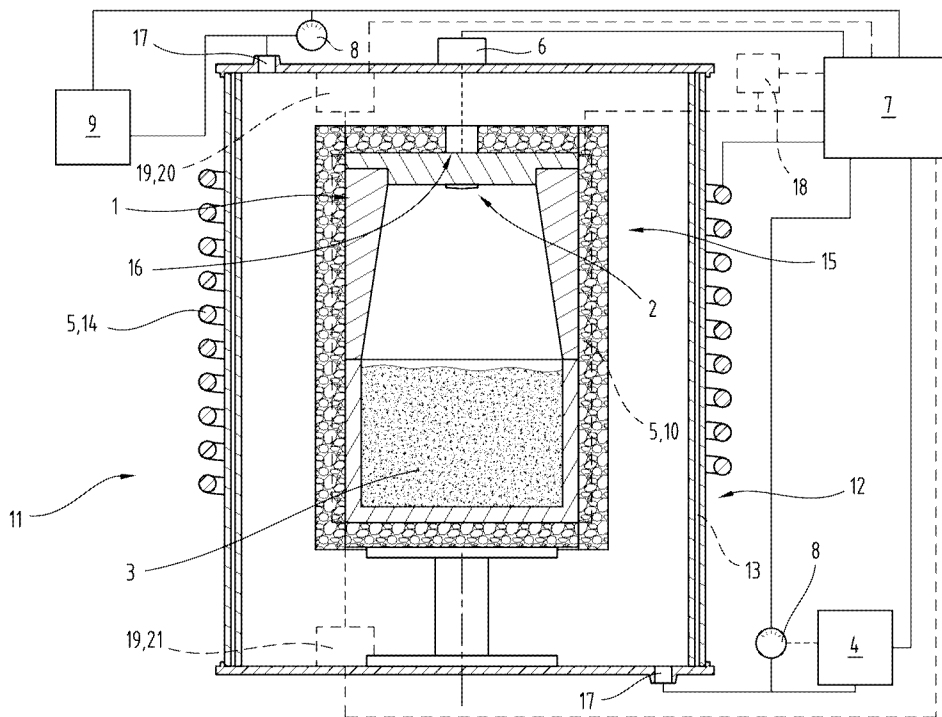
其中該腔室自周圍溫度至該生長溫度之該加熱係在 10 至 10000 分鐘內發生。

The invention relates to a method for growing crystals by means of PVT or PVD or CVD, comprising the steps;

- providing a chamber for the crystal growth;

- wherein the heating of the chamber from an ambient temperature to the growth temperature occurs within 10 to 10000 minutes.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 1:坩堝
- 2:種晶
- 3:基礎材料
- 4:氣體供應器件
- 5:加熱器件
- 6:溫度監測器件
- 7:開環及閉環控制器件
- 8:壓力監測器件
- 9:抽氣器件
- 10:電阻加熱器
- 11:腔室
- 12:壁
- 13:冷卻劑
- 14:RF 線圈
- 15:絕緣材料
- 16:凹部
- 17:流體入口及出口
- 18:電阻量測/量測器件
- 19:光譜量測器件
- 20:源
- 21:檢測器



I888636

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於生長晶體之方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR GROWING CRYSTALS

【中文】

本發明係關於藉助PVT或PVD或CVD用於生長晶體之方法，其包含以下步驟：

- 提供用於該晶體生長之腔室；
- 提供坩堝，該坩堝配置於該腔室中且該坩堝包含至少一個沈積區段，該沈積區段具有種晶及用於生長晶體之基礎材料；
- 提供至少一個溫度監測器件、尤其高溫計；
- 提供氣體供應器件及至少一個流體入口及出口；
- 提供壓力監測器件；
- 藉助抽氣器件將該腔室抽空；
- 用惰性氣體、較佳氬氣沖洗該腔室；
- 藉助至少一個加熱器件將該腔室加熱至2000至2400℃之生長溫度；
- 將壓力降低至0.1至100毫巴(mbar)；
- 供應摻雜劑、較佳氮氣(在生長製程期間)；
- 在該生長製程中調節製程參數；
- 在該生長製程結束時增加該腔室中之壓力；
- 使該腔室冷卻；

其中該腔室自周圍溫度至該生長溫度之該加熱係在10至10000分鐘內發生。

【英文】

The invention relates to a method for growing crystals by means of PVT or PVD or CVD, comprising the steps;

- providing a chamber for the crystal growth;
- providing a crucible, which is arranged in the chamber and which crucible comprises at least one deposition section with a seed crystal and a base material for growing a crystal;
- providing at least one temperature monitoring device, in particular a pyrometer,
- providing a gas supply device and at least one fluid inlet and outlet,
- providing a pressure monitoring device,
- evacuating the chamber by means of a pumping device
- flushing the chamber with an inert gas, preferably argon;
- heating the chamber to a growth temperature of 2000 to 2400 °C by means of at least one heating device;
- decreasing the pressure to 0.1 to 100 mbar;
- supplying a dopant, preferably nitrogen (during a growth process);
- regulating the process parameters in the growth process
- increasing the pressure in the chamber at the end of the growth process

- cooling down the chamber

wherein the heating of the chamber from an ambient temperature to the growth temperature occurs within 10 to 10000 minutes.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 1: 坩堝
- 2: 種晶
- 3: 基礎材料
- 4: 氣體供應器件
- 5: 加熱器件
- 6: 溫度監測器件
- 7: 開環及閉環控制器件
- 8: 壓力監測器件
- 9: 抽氣器件
- 10: 電阻加熱器
- 11: 腔室
- 12: 壁
- 13: 冷卻劑
- 14: RF線圈
- 15: 絕緣材料
- 16: 凹部
- 17: 流體入口及出口

18: 電阻量測/量測器件

19: 光譜量測器件

20: 源

21: 檢測器

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於生長晶體之方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR GROWING CRYSTALS

【技術領域】

【0001】 本發明係關於藉助PVT或PVD或CVD或磊晶昇華用於生長晶體之方法，該方法包含以下步驟；

- 提供用於該晶體生長之腔室；
- 提供坩堝，該坩堝配置於該腔室中，且該坩堝包含至少一個沈積區段，該沈積區段具有種晶及用於生長晶體之基礎材料；
- 提供至少一個溫度監測器件、尤其高溫計，
- 提供氣體供應器件及至少一個流體入口及出口，
- 提供壓力監測器件，
- 藉助抽氣器件將該腔室抽空
- 用惰性氣體沖洗該腔室，
- 藉助至少一個加熱器件將該腔室加熱至2000至2400°C之生長溫度；
- 將壓力降低至0.1至100毫巴(mbar)；
- 供應摻雜劑、較佳氮氣(在生長製程期間)；
- 在該生長製程中調節製程參數
- 在該生長製程結束時增加該腔室中之壓力
- 使該腔室冷卻。

【先前技術】

【0002】 在用於生長SiC單晶之方法中，作為基礎材料之碳化矽配置於坩堝之區域中且至少一個SiC晶體配置於沈積區段處。在此製程中，將基礎材料之SiC加熱直至其昇華並轉移至氣相中。氣相之組分被傳輸至晶體，其在其中沈積。

【0003】 對於此生長階段，將坩堝加熱至適當生長溫度。藉助抽空及隨後應用惰性氣體，設定高於生長階段之壓力之某一壓力用於加熱階段。

【0004】 就此而言，由昇華產生之氣相尤其包含純矽(Si)以及碳化物化合物(Si_2C 、 SiC_2 、 SiC)。此氣體混合物在惰性氣體氣氛中在SiC晶體之方向上傳輸並沈積於其上。

【0005】 在晶體生長之領域中，此方法稱為物理氣相傳輸或PVT方法，且通常已在先前技術中提及。

【0006】 先前技術之已知方法中之缺點在於，由於甚至僅稍微不同之基礎材料及若直至達到生長階段或甚至在生長階段期間，坩堝未最佳密封，通常一定比例之矽可擴散出坩堝及/或可隨氣相逸出，且因此不再適用於在晶體上沈積。在極端情形中，此甚至可導致矽耗竭且因此製程必須提前終止。

【發明內容】

【0007】 本發明之目標係克服先前技術之缺點及提供方法，藉助該方法，使用者能夠減少矽之損失並確保經改良之獲利能力。

【0008】 根據本發明，此目標係藉由初始所提及類型之方法達成，其中將腔室自周圍溫度加熱至生長溫度係在10至10000分鐘內發生。

【0009】 藉助本發明之方法，隨氣相逸出之矽可顯著減少，且製程

條件及獲利能力可藉由使達到生長溫度之時間儘可能短來改良。

【0010】 若提供開環及閉環控制器件，該開環及閉環控制器件連接至至少一個溫度監測器件及至少一個加熱器件並端視所量測之溫度調節加熱功率，則已證實係有利的。藉由此措施，可顯著減少與最佳製程溫度之偏差。

【0011】 若開環及閉環控制器件連接至氣體供應器件及壓力監測器件並端視溫度調節腔室之壓力，則係進一步較佳的。藉由此措施，可顯著減少與最佳製程壓力之偏差。

【0012】 此外，可提供為，至少一個加熱器件包含RF線圈及/或電阻加熱器。此實施例可有助於改良坩堝中之溫度分佈。

【0013】 較佳地，提供至少一個量測器件，該量測器件測定腔室中氣相之Si及/或C含量。因此，可測定氣相自坩堝之逸出及矽損失。

【0014】 若量測器件包含光譜量測器件、尤其原子吸收光譜法(AAS)或質譜測定法，則係有利的。此實施例可有利的用於測定氣相之逸出且因此平衡控制氣相中之濃度。

【0015】 此外，可提供為，量測器件包含電阻量測，其檢測由於Si之沈積引起之比電阻變化。

【0016】 可有利的係，開環及閉環控制器件連接至至少一個量測器件並端視量測器件之經測定Si及/或C含量調節加熱功率及/或壓力。此實施例進一步改良對最佳製程條件之依從性。

【0017】 而且，腔室之冷卻可以調節方式以0.1至30°C/min之冷卻速度實施。此實施例可有助於晶體之經改良品質。

【0018】 此外，腔室之冷卻可藉助冷卻流體或冷卻氣體(例如，氬氣

或氬氣)實施。因此，確保經改良受控冷卻製程。

【0019】腔室之冷卻可較佳藉由借助開環及閉環控制器件控制加熱功率來實施。

【0020】根據對於晶體之品質及結構有利之本發明變化形式，可提供為，在利用惰性氣體沖洗期間，使腔室之壓力為700至900毫巴，其中較佳使用氬氣作為惰性氣體。

【圖式簡單說明】

【0021】

出於更好地理解本發明之目的，將藉助下圖更詳細地說明。

該等分別以極簡化之示意圖顯示：

圖1 用於藉助氣相傳輸生長晶體之器件之示意性結構；

圖2 根據本發明加熱斜坡之過程；

圖3 冷卻斜坡之實施例。

【實施方式】

【0022】首先，應注意的係，在所闡述之不同實施例中，相同部分提供有相同參考編號及/或相同組件名稱，其中包含在整個說明書中之揭示內容可類似地轉移至具有相同參考編號及/或相同組件名稱之部分。此外，在說明書中所選位置之規範(例如在頂部、在底部、在側面)參考直接闡述及繪示之圖且在位置改變之情形中，該等位置規範將類似地轉移至新的位置。

【0023】圖1顯示用於生長晶體之器件的示意性結構。

【0024】就此而言，腔室11經設計為反應腔室，該反應腔室之壁12較佳由石英玻璃製成，如自先前技術得知。

【0025】 如所示，壁12可由具有一或多個壁的石英玻璃組成，其中冷卻劑13可配置於壁12之間。

【0026】 在該腔室之上端及下端，腔室11經密封且另外包含流體入口及出口。圍繞壁12，可配置例如RF線圈14，其經提供用於加熱該器件。

【0027】 用於固持及定位坩堝1之不同器件以及旋轉單元可配置於腔室11中，坩堝1放置於該旋轉單元上。

【0028】 坩堝1可經設計以具有一或多個部分，基本上包含蓋、側壁及底部，欲昇華之基礎材料3填充於其中。坩堝1較佳由高純度石墨材料製成且具有一定孔隙率。然而，坩堝1亦可進一步由其他適宜材料(例如，碳化物、氧化物或氮化物)製成。

【0029】 另外，坩堝1可由所謂的承熱器環繞，該承熱器亦可由石墨材料組成且有助於熱輸入之均勻化，該承熱器未顯示。

【0030】 絕緣材料15圍繞坩堝1配置，絕緣材料15係由具有較高孔隙率之材料組成，且其較佳亦可由石墨材料(例如石墨氈)組成，且具有較坩堝1低得多之熱導率。就此而言，絕緣材料15可係自多個部分組裝。然而，亦可使用適用於該等溫度範圍之其他材料，只要其不影響氣相及/或與其反應即可。

【0031】 絕緣材料15可較佳在蓋上具有凹部16，凹部16特定地配置於種晶2之區域中並形成冷卻區，該冷卻區導致溫度梯度且有助於軸向溫度梯度。作為替代，亦可使用熱導率較該絕緣材料高之材料來代替凹部16。

【0032】 溫度之量測係例如藉助坩堝1上之溫度監測器件6、例如借

助高溫計、尤其比率高溫計進行。如所示，量測可藉助高溫計在凹部16之區域中實施，然而，亦可配置多個高溫計，及/或可量測其他區域且可進一步包含凹部。

【0033】 在製程之前，將坩堝1在特定氣氛中例如藉助醇在潔淨室中清洗。

【0034】 然後將欲使用之種晶2緊固至蓋。

【0035】 用基礎材料3填充坩堝1，使用純度> 5N之碳化矽用於生長單晶SiC。端視所生長之晶體，使用約2-8 kg之量的SiC粉末。

【0036】 隨後，將坩堝1封閉並提供絕緣材料15。

【0037】 此後，將坩堝1置於爐腔室內部之坩堝固持器上，且隨後封閉爐腔室。就此而言，壁12通常具有圓柱形設計。

【0038】 在進一步結果中，爐腔室藉助抽氣器件9（例如高真空幫浦及/或渦輪分子幫浦）進行抽氣。在此製程中，腔室11可已經加熱，以使得雜質之揮發性成分逸出。

【0039】 然後利用大約700至900毫巴之製程壓力使腔室11加壓。在此製程中，藉助氣體供應器件4引入惰性氣體、較佳氬氣，其中例如氮氣亦可作為替代。視情況，亦可已引入摻雜氣體。

【0040】 氣體供應器件4及抽氣器件9之配置亦可顛倒，以使得抽氣器件9配置於下部流體入口及出口17上且氣體供應器件4配置於上部流體入口及出口上。另一選擇為，氣體供應器件4及抽氣器件9亦可配置於同一流體入口及出口17上。同樣地，可使用多於一個氣體供應器件4及抽氣器件9。

【0041】 此後，發生自初始溫度至介於2000°C與2400°C範圍內之生

長溫度之加熱階段。自約2000°C之溫度開始，在減壓下發生SiC基礎材料3至氣相Si、Si₂C、SiC₂之昇華。由於軸向溫度梯度，發生自基礎材料3開始在種晶2方向上之傳輸。製程壓力影響昇華SiC之擴散行為。此處，生長製程仍受高總壓力抑制。

【0042】 就此而言，自加熱開始至達到製程溫度之平均加熱溫度值為0.24至240°C/min。

【0043】 加熱製程可利用RF線圈14藉助RF發生器以感應方式進行，或亦可利用電阻加熱器10及/或其組合進行，此可導致溫度之快速達成及經改良分佈。

【0044】 就此而言，電阻加熱器10可圍繞坩堝1配置及/或在坩堝1之下方及/或上方區域中配置。

【0045】 在達到生長溫度時，將壓力調節至0.1至100毫巴。

【0046】 此處關於加熱及隨後溫度維持欲考慮之其他因素係對流造成之熱損失，此乃因當達到生長壓力時，由於坩堝1及絕緣材料周圍之氣體，熱傳輸在減壓下亦減少。

【0047】 由於使用石墨材料，因此始終存在碳源。SiC₂(g)之形成亦可發生於坩堝壁上。

【0048】 此處，材料傳輸發生在基礎材料3與種晶2之間之溫度梯度中。其可分為3個部分：基礎材料之昇華、藉助氣相之傳輸及在基板上之結晶。氣相過飽和之後，在晶體表面上出現沈積物。

【0049】 相對於晶體與基礎材料之間之距離，欲昇華之源與正生長晶體之間之溫度梯度在生長製程過程中減小。

【0050】 在生長製程期間，藉助氣體供應器件4引入摻雜氣體、較

佳氮氣，該氣體可穿過坩堝壁在內部擴散。氮氣之引入可藉由配置於氣體供應器件4中之質量流量控制器及/或氣體流量控制器實施。此外，可將氮氣供應至製程氣體。

【0051】 在生長條件偏離之情形中，可能存在碳富集，從而使生長氣氛中之矽耗竭。此反過來可導致基礎材料之石墨化及坩堝1中材料傳輸之變化，此乃因基礎材料3之昇華速率可因此而降低。

【0052】 若Si氣相之蒸氣壓太高，則可發生矽損失。坩堝1之孔隙率在此方面亦起關鍵作用。

【0053】 在此製程中，除其他外，亦可發生石墨之矽化。該等條件要求製程參數之主動調節。

【0054】 如所示，提供開環及閉環控制器件7，其以集中或分散方式監測及控制製程參數。就此而言，可配置多個壓力監測器件8，其連接至氣體供應器件4及開環及閉環控制器件7。

【0055】 開環及閉環控制器件7可進一步連接至加熱器件5以及溫度監測器件6且尤其控制加熱功率。

【0056】 在此製程中，考慮系統之熱慣性，以使得足夠早地調節加熱功率且不會產生不必要的過熱或不利製程條件。

【0057】 此外，可以提供與開環及閉環控制器件7相關之量測裝置，例如光譜量測器件19，其測定氣相中Si及/或C之含量，例如原子吸收光譜法。就此而言，量測器件18可配置於絕緣材料15之區域中，且量測可在其內部進行。然而，量測亦可在腔室11中在絕緣材料15外部進行。在絕緣材料15內部之配置之情形中，其必須相應地經設計，以便提供量測區域，此乃因光譜量測器件19包含源20及檢測器21。此實施例亦係有利

的，此乃因無論如何均存在方法所需之氣相。

【0058】舉例而言，當使用電阻加熱器10時，可提供量測器件，其借助電阻量測18確定加熱元件上自氣相之沈積物，且由此可得出關於自坩堝1逸出之氣相比比例的結論。

【0059】在此製程中，開環及閉環控制器件7可藉助光譜量測器件19及/或電阻量測18之值來確定是否有過多比例之Si已逸出且必須終止該製程。

【0060】圖2顯示根據本發明加熱斜坡之過程。點劃線代表壓力進展。在加熱製程進行時，壓力初始設定在700至900毫巴之間之範圍內。此製程中之初始溫度為約25°C。坩堝以0.24至240°C/min加熱。當在達到生長溫度 Z_T 開始生長 Z_S 時及/或在此之前不久，壓力降低至0.1和100毫巴之間之值，且生長階段開始。

【0061】此外，可提供為，在自碳化矽開始昇華至達到生長溫度之時間窗口內，加熱製程進一步加速，以在開始生長 Z_S 之前可使儘可能少的SiC昇華並逸出。

【0062】在達到生長溫度 Z_T 之後且在設定生長壓力之後，實際晶體生長開始。在此製程中，製程參數壓力、溫度及加熱功率基本上保持恆定。晶體之生長速度相當於約150至300 $\mu\text{m/h}$ 。製程循環持續大約5天。

【0063】製程結束之後，使加熱功率降低或關閉。腔室供應有增加之壓力並冷卻。就此而言，器件冷卻主要係由於熱輻射，如圖3所示。

【0064】圖3及2顯示冷卻製程之變化形式。此處比較普通冷卻製程及受控冷卻製程。在普通冷卻製程中，加熱功率通常在生長結束 Z_E 時停用，且器件在壓力增加期間自主冷卻，此導致曲線進程，如虛線所示。

【0065】 在受控冷卻製程之情形中，加熱功率以受控方式降低，且腔室視情況供應有冷卻流體或冷卻氣體，從而形成基本恆定之冷卻斜坡。此製程之冷卻速率相當於0.1至30 C/min。

【0066】 出於此目的，除氣體流量控制器以外，氣體供應器件可包含冷卻器件及/或溫度控制器件。為防止熱應力，有針對性的冷卻製程係有利的。因此，冷卻製程可由開環及閉環控制器件以受控方式依次引導。在此過程中，亦可相應地調節加熱功率。在此上下文中，冷卻應理解為意指基於當前溫度的降低溫度，因此，在高溫下，冷卻流體亦可具有較周圍條件高但仍低於當前溫度之溫度。

【0067】 實例性實施例顯示可能的實施例變化形式，且為此應注意，本發明並不限於本發明之該等特定圖解說明之實施例變化形式，而是個別實施例變化形式之各種組合亦係可能的，且此變化之可能性由於本發明所提供之技術動作之教示而在熟習此技術領域之技術者之能力範圍內。

【0068】 保護範圍係由申請專利範圍決定。然而，應引用說明書及附圖來解釋申請專利範圍。來自所顯示及闡述之不同實例性實施例之個別特徵或特徵組合可代表獨立的發明解決方案。獨立之發明解決方案所基於之目標可自描述中得出。

【0069】 在本說明書中關於值範圍之所有指示應理解為使得該等亦包含來自其之隨機及所有部分範圍，例如，指示1至10應理解為使得其包含基於下限1及上限10之所有部分範圍，即，所有部分範圍均以1或更大之下限開始且以10或更小之上限結束，例如1至1.7、或3.2至8.1或5.5至10。

【0070】 最後，作為形式問題，應注意，為易於理解結構，元件部分地未按比例繪示及/或經放大及/或縮小尺寸。

【符號說明】

【0071】

- 1: 坩堝
- 2: 種晶
- 3: 基礎材料
- 4: 氣體供應器件
- 5: 加熱器件
- 6: 溫度監測器件
- 7: 開環及閉環控制器件
- 8: 壓力監測器件
- 9: 抽氣器件
- 10: 電阻加熱器
- 11: 腔室
- 12: 壁
- 13: 冷卻劑
- 14: RF線圈
- 15: 絕緣材料
- 16: 凹部
- 17: 流體入口及出口
- 18: 電阻量測/量測器件
- 19: 光譜量測器件
- 20: 源
- 21: 檢測器

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種藉助PVT或PVD或CVD或磊晶昇華來生長SiC晶體之方法，其包含以下步驟：

提供用於該晶體生長之腔室(11)；

提供坩堝(1)，該坩堝配置於該腔室(11)中，且該坩堝(1)包含至少一個沈積區段，該沈積區段具有種晶(2)及用於生長晶體之基礎材料(3)；

提供至少一個溫度監測器件(6)；

提供氣體供應器件(4)及至少一個流體入口及出口(17)；

提供壓力監測器件(8)；

藉助抽氣器件(9)將該腔室(11)抽空；

用惰性氣體沖洗該腔室(11)；

藉助至少一個加熱器件(5)將該腔室(11)加熱至2000至2400℃之生長溫度；

將壓力降低至0.1至100毫巴(mbar)；

在生長製程期間供應摻雜劑；

在該生長製程中調節製程參數；

在該生長製程結束時增加該腔室(11)中之該壓力；

使該腔室(11)冷卻；

其特徵在於該腔室(11)自常溫加熱至該生長溫度所需時間為10至10000分鐘，

其中提供量測器件，該量測器件測定該腔室(11)中氣相中之Si及/或C含量，及

其中該量測器件包含電阻量測(18)，其檢測由於Si之沈積所引起之比電阻變化。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中該溫度監測器件係高溫計或該摻雜劑係氮氣。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中提供開環及閉環控制器件(7)，其連接至該至少一個溫度監測器件(6)及該至少一個加熱器件(5)並端視所量測之溫度調節加熱功率。

【請求項4】

如請求項3之方法，其中該開環及閉環控制器件(7)連接至該氣體供應器件(4)及該壓力監測器件(8)並端視該溫度調節該腔室(11)之該壓力。

【請求項5】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該至少一個加熱器件(5)包含RF線圈(14)及/或電阻加熱器(10)。

【請求項6】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該量測器件包含光譜量測器件(19)。

【請求項7】

如請求項6之方法，其中該量測器件包含原子吸收光譜法(AAS)或質譜測定法之光譜量測器件(19)。

【請求項8】

如請求項3之方法，其中該開環及閉環控制器件(7)連接至該量測器件

並端視由該量測器件測定之該Si及/或C含量調節該加熱功率及/或該壓力。

【請求項9】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該腔室(11)之該冷卻係以調節方式以0.1至30°C/min之冷卻速度實施。

【請求項10】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該腔室(11)之該冷卻係藉助冷卻流體實施。

【請求項11】

如請求項3之方法，其中該腔室(11)之該冷卻係藉由藉助該開環及閉環控制器件(7)控制該加熱功率來實施。

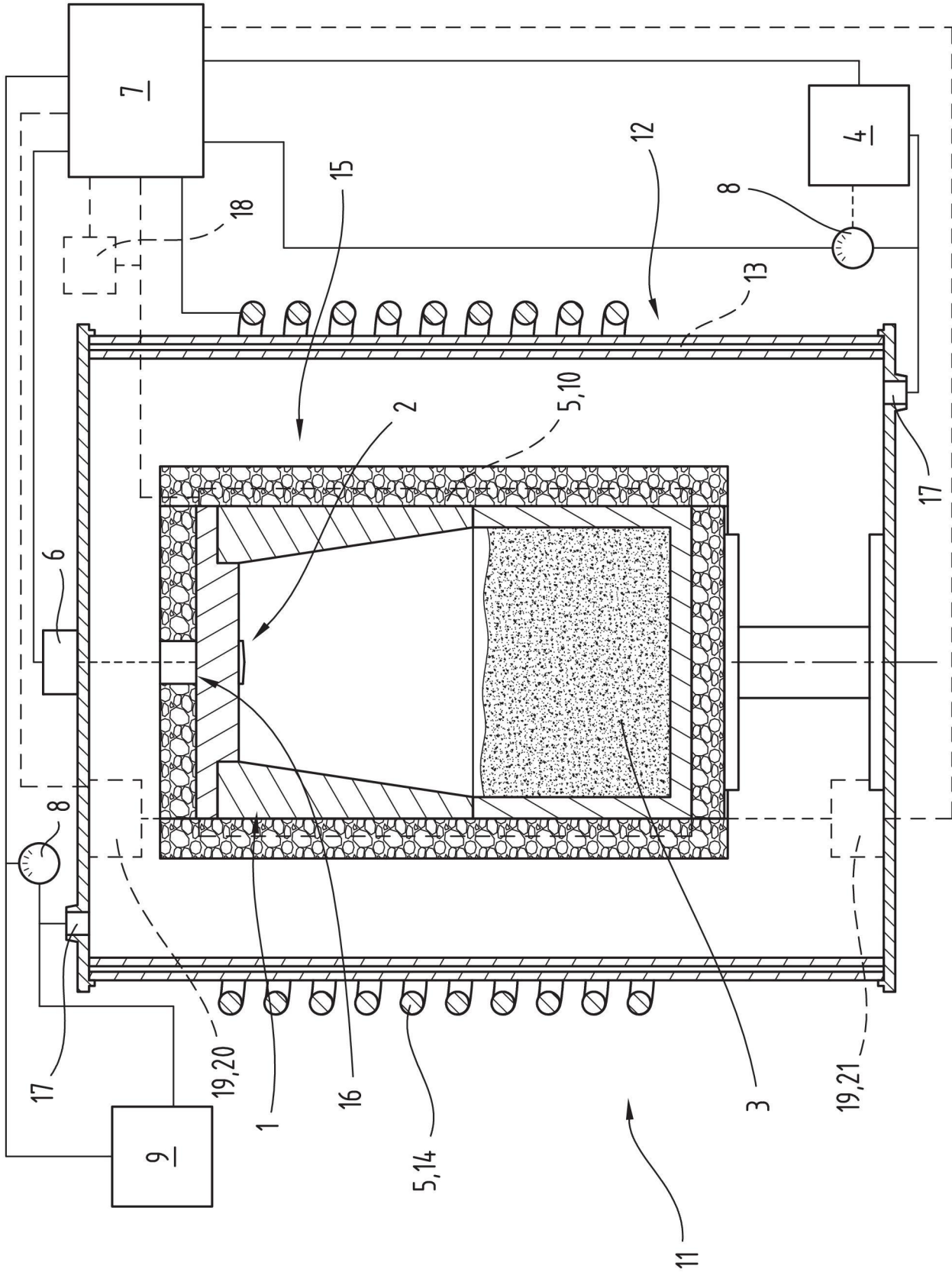
【請求項12】

如請求項1至3中任一項之方法，其中在利用該惰性氣體沖洗期間，使該腔室(11)達到700至900毫巴之壓力。

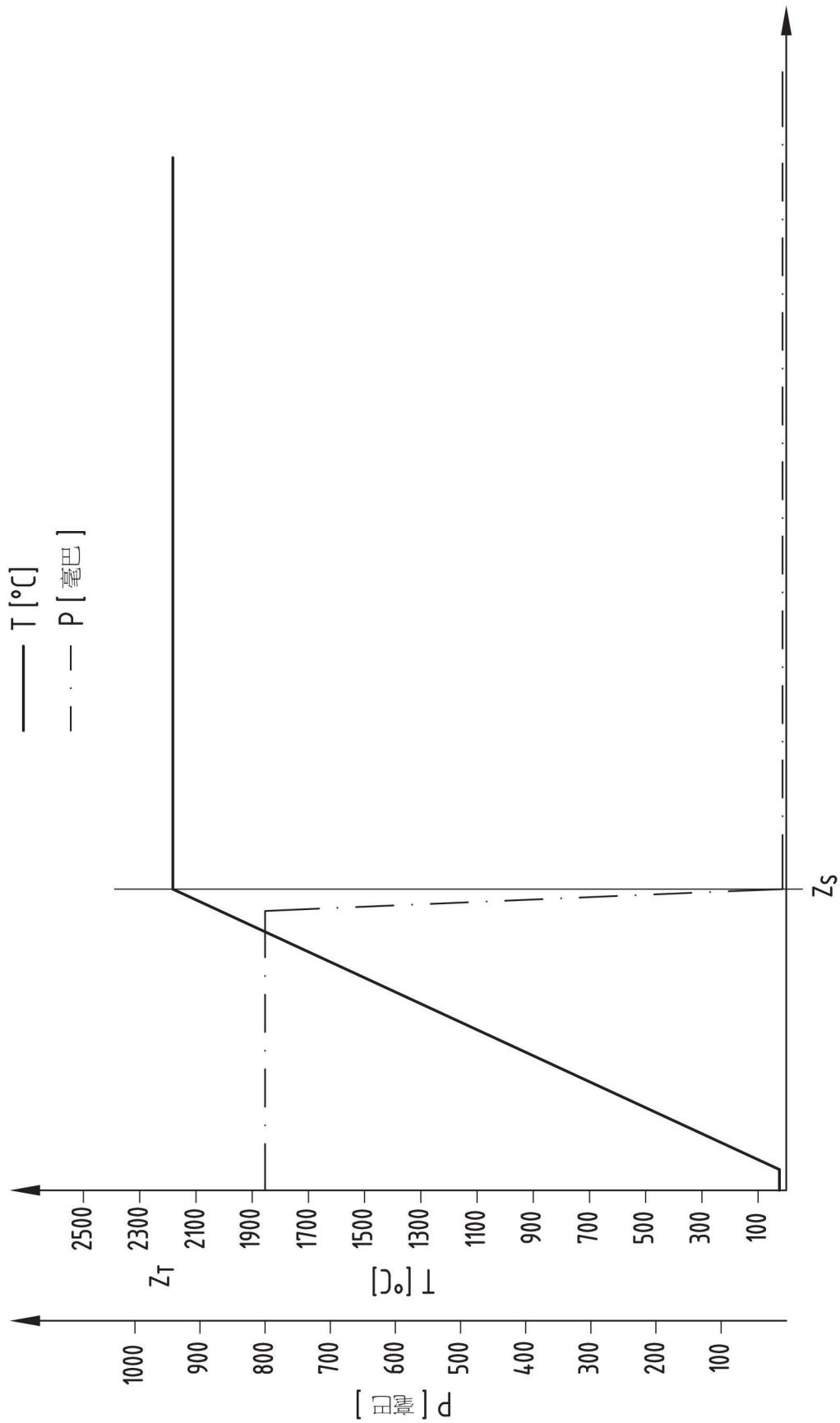
【請求項13】

如請求項12之方法，其中使用氬氣作為該惰性氣體。

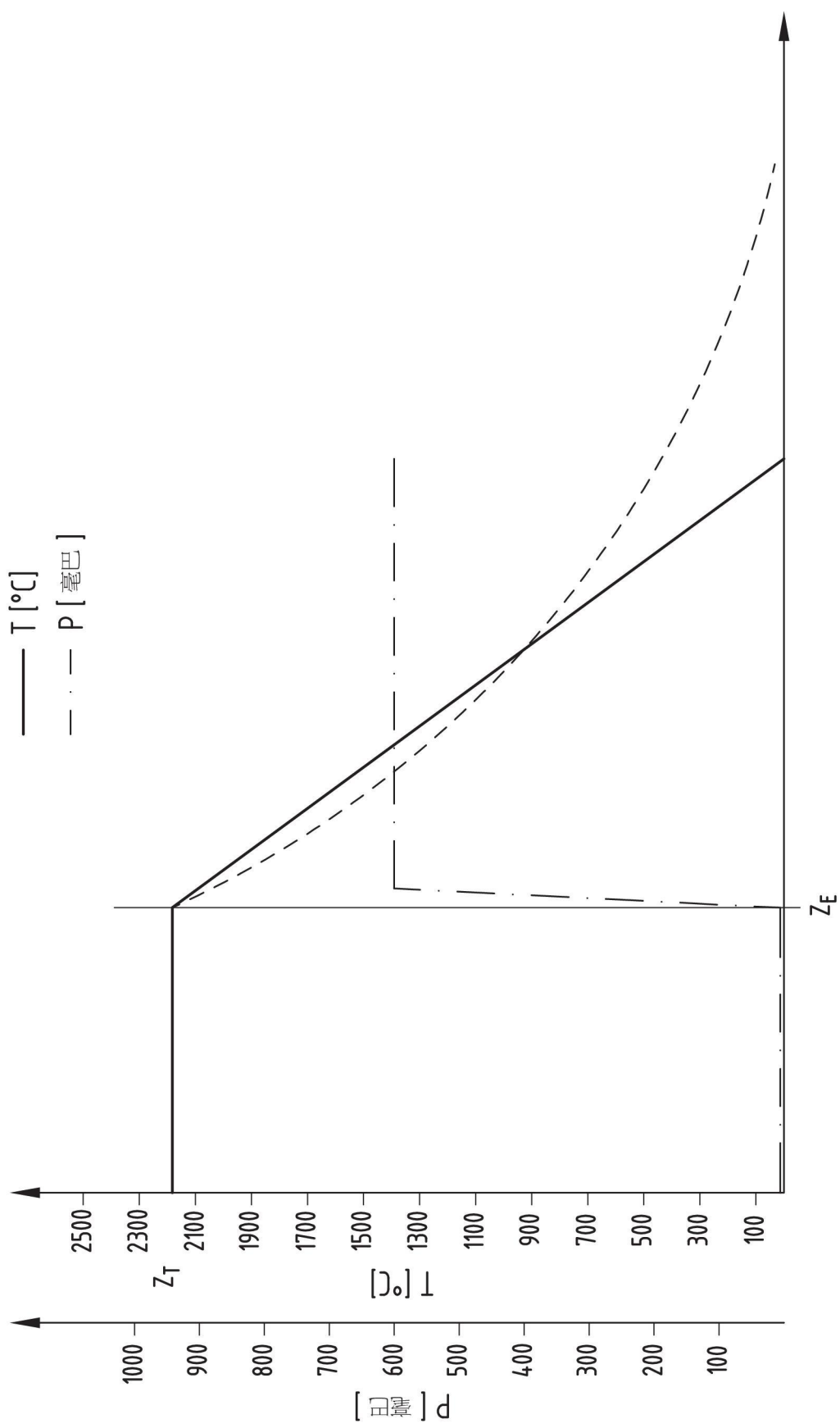
【發明圖式】



【圖1】



【圖2】



【圖3】