

(21)申請案號：108105918

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 02 月 22 日

(51)Int. Cl. : C30B23/00 (2006.01)

C30B29/36 (2006.01)

(30)優先權：2018/03/15 日本

JP 2018-048559

(71)申請人：日商信越半導體股份有限公司(日本) SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：池田均 IKEDA, HITOSHI (JP)；松本雄一 MATSUMOTO, YUICHI (JP)；海老原正人 EBIHARA, MASATO (JP)；高橋亨 TAKAHASHI, TORU (JP)

(74)代理人：林志青

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：1 項 圖式數：11 共 22 頁

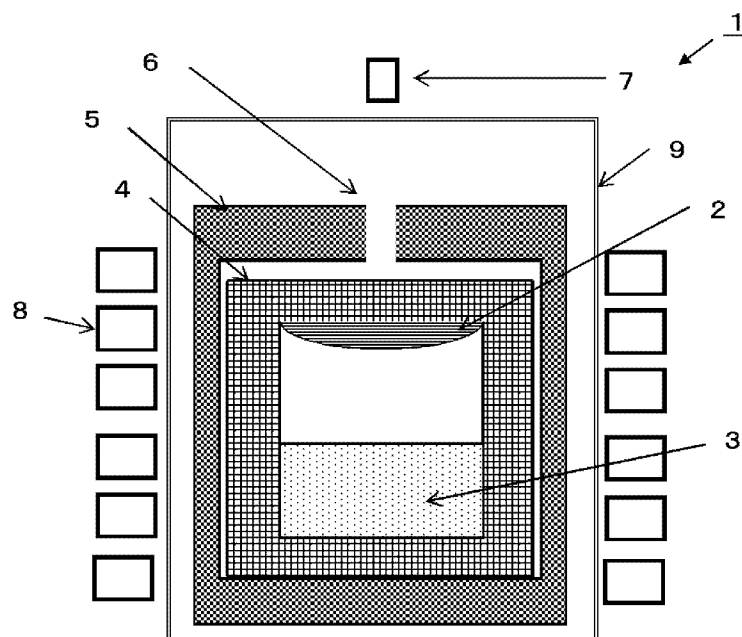
(54)名稱

碳化矽單晶的製造方法

(57)摘要

本發明提供一種碳化矽單晶的製造方法，係使碳化矽原料於成長容器內昇華而使碳化矽單晶成長於晶種基板上，其中，係使用一基板作為該晶種基板，該基板係具有至該成長容器的設置面為偏置角 1° 以下的 $\{0001\}$ 面且具有結晶成長面為凸形狀的成長錠端面，以及該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的 80% 以上。藉此，即使於無偏置角的成長，換言之即使於自 C 軸 $\langle 0001 \rangle$ 沒有傾斜的基底面上的成長方向，能夠製造不易產生異聚型，且直胴率為高的碳化矽單晶。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . 碳化矽單晶成長裝置

2 . . . 晶種基板

3 . . . 碳化矽原料

4 . . . 成長容器

5 . . . 隔熱材

6 . . . 上部溫度測量孔

7 . . . 溫度測量感測器

8 . . . 加熱器

9 . . . 外部容器

圖 1

【發明說明書】

【中文發明名稱】 碳化矽單晶的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種藉由昇華法進行碳化矽的單晶成長的碳化矽單晶的製造方法。

【先前技術】

【0002】 近年來，隨著逆變器（Inverter）電路被大量使用於電動車或電冷暖器具，由於電力損失少且能夠獲取較使用半導體Si結晶的元件更高的耐壓的特性，使得碳化矽（以下亦稱SiC）的半導體結晶被需要。

【0003】 作為使SiC等的熔點高的結晶及液相成長不易的結晶之具代表性且實際的成長方法係為昇華法。於容器內以2000°C前後乃至2000°C以上的高溫使固體原料昇華，而使結晶成長於對向的晶種上的方法（專利文獻1）。然而，為了昇華，SiC的結晶成長必須要高溫，成長裝置必須要有高溫時的溫度控制。此外，為了使經昇華的物質的壓力穩定，穩定容器內的壓力的控制係為必要。此外SiC的結晶成長係依照昇華速度而定，與矽（Si）的柴氏（Czochralski）法或GaAs等的LPE製法等比較，成長速度相對地非常緩慢。故耗費長時間成長。所幸如今控制機器的發達，計算機、個人電腦等的發達，使得長時間穩定地進行壓力、溫度的調節係為可能。

【0004】 SiC的昇華法成長方法，具體而言，係使用如圖9所示的碳化矽單晶成長裝置101進行，係將碳化矽原料103放入成長容器104內，以加熱器108（高頻加熱線圈）加熱，使成長結晶102a結晶成長於配置在成長容器104內的板狀的晶種基板102（方正（just）面晶種晶圓）。

【0005】成長容器104係配置於真空的石英管內或真空艙內，暫時填滿活性低的氣體，該氛圍氣係用以提升SiC的昇華速度而較大氣壓為低。

成長容器104的外側配置有隔熱材105（隔熱容器）。隔熱材105的一部分，至少具有一個為了用高溫計107（溫度測量感測器）測量溫度的孔106（上部溫度測量孔）。成長容器104主要由碳材料所構成，具有通氣性，容器內外的壓力會變得相等。成長容器104的下部配置有碳化矽原料103。此為固體，且在高溫下、減壓下會昇華。經昇華的材料會作為碳化矽單晶102a（成長結晶）而成長於對向的晶種基板102（晶種晶圓）上。

【0006】此處針對使用上述的製造裝置的過去的碳化矽單晶的製造方法，使用圖10進行說明。首先，如圖10的（a）所示，將碳化矽原料103及具有一定厚度的方正面晶種基板102（方正面晶種晶圓）配置於成長容器104內。其次如圖10的（b）所示，將成長容器104配置於隔熱容器105內。其次如圖10的（c）所示，將整個隔熱容器105配置於外部容器109內。其次如圖10的（d）所示，將外部容器109內抽真空，在保持預定壓力（例如1~20 Torr（1.3~26 hPa））並予以升溫至2000~2300°C。其次如圖10的（e）所示，藉由昇華法使碳化矽單晶102a（成長結晶）成長至晶種基板102（晶種晶圓）上。最後如圖10的（f）所示，提升減壓壓力而中止昇華，停止成長，讓溫度慢慢下降而冷卻。

【0007】此外，SiC單晶中，係有立方晶、六方晶等，再加上六方晶之中，亦有4H、6H等作為代表性的聚合型而廣為人知。

多數場合則如於4H晶種上成長出4H，係成長出同型的單晶（專利文獻2）。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

【0008】

〔專利文獻1〕日本特開2000-191399號公報

第2頁，共13頁(發明說明書)

〔專利文獻2〕日本特開2005-239465號公報

〔專利文獻2〕日本特開2010-126380號公報

【發明內容】

【0009】

〔發明所欲解決之問題〕

然而，使用不具有偏置角 {0001} 的面（偏置角 1° 以下的所謂的方正面）的結晶方位的晶種基板的場合，會有開始結晶成長之際容易紊亂（晶子、異聚合型化）的問題（參考圖11）。圖11係表示成長初期的狀態的碳化矽單晶成長裝置101'。

【0010】此外，不具有偏置角的方正面的晶種基板，例如將平行於六方晶的基底面（Base Plane）的面作為表面的晶種基板，使SiC的六方晶的結晶成長於該晶種基板之際，由於成長初期的二維核的隨機產生而會有原本的晶種的聚合型，例如不只有4H構造而會產生6H構造的情況係經常出現（參考圖5、圖6）。另外，圖5表示於（011）面的4H構造的方正面晶種基板11上成長出4H構造12及6H構造13的狀態。

【0011】如同此範例般，6H構造的異聚合型混入4H構造的場合，會完全喪失作為半導體的價值。這是因為耐壓等的特性會大不相同。此外，也會成為切片時破裂的原因。

【0012】使用具有偏置角的基板時，會以步階成長的機制進行成長，故比較不易紊亂。圖7表示具有偏置角的場合的步階成長。圖7表示於具有偏置角的晶種基板14上碳化矽源15進入的狀態。

亦如同結晶成長的教科書中常見的，原料的碳源及矽源扭結（kink）地進入，因而容易追隨基板所具有的4H構造而不易紊亂。

【0013】 六方晶具有A、B及C的三個位址（site）。此為依照藉由下列一般公式（1）的Si及C側的鍵結的扭曲而於六方晶的基底面上產生三個原子的進入位置及軸，如圖8所示，於4H構造中按ABCB的順序層疊，於6H構造中按ABCACB的順序層疊。

【化學式1】



【0014】 因此，附有偏置角的晶種（晶種晶板）的場合即使平坦，也能夠在聚合型不會崩潰的情形下開始成長。換言之即使為平坦的晶種（種結晶基板），該平坦的成長表面存在有步階，因此透過被稱為側邊（lateral）成長或步階成長的機制，比較容易進行聚合型不會崩潰的成長。

【0015】 相對於此，方正面換言之基底面上的成長的場合，會造成二維核的隨機產生以及於面內的許多地方發生SiC特有的螺旋成長，也會因為沒有聚合型的層構造的露出，導致無法維持聚合型的層疊順序，使得應被稱為異聚合型的晶種的核的小區域產生而逐漸擴散傳播。

【0016】 然而，使用附有偏置角的晶種（晶種基板）的場合，成長晶錠並非點對象，直胴率（直胴長度/全長）會惡化（即直胴長度變短），因而有晶圓良率低落的問題。

【0017】 此外，專利文獻3中，揭露了以指定厚度切出的成長後的端面側之物來作為碳化矽單晶端面晶種使用。

然而，經由本發明人等的檢討而得知了，就算使用如上述之物作為晶種基板，在晶種基板的直徑相對於收納容器的內徑為小的場合，抑制不同聚合型的產生的效果會變小。

〔解決問題之技術手段〕

【0018】有鑑於上述問題點，本發明的目的在於提供一種碳化矽單晶的製造方法，即使於無偏置角的成長，換言之即使於自C軸 $\langle 0001 \rangle$ 幾乎沒有傾斜的基底面上的成長方向之中，能夠製造不易產生異聚合型，且直胴率為高的碳化矽單晶。

〔解決問題之技術手段〕

【0019】為達成上述目的，本發明提供一種碳化矽單晶的製造方法，係使碳化矽原料於成長容器內昇華而使碳化矽單晶成長於晶種基板上，其中係使用一基板作為該晶種基板，該基板係具有至該成長容器的設置面為偏置角 1° 以下的 $\{0001\}$ 面且具有結晶成長面為凸形狀的成長錠端面，以及該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的80%以上。

【0020】使用這樣的成長晶錠端面作為晶種（晶種基板），該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的80%以上，因而能夠製造不易產生異聚合型，且直胴率為高的碳化矽單晶。

〔對照先前技術之功效〕

【0021】如上所述，根據本發明，使用成長晶錠端面作為晶種基板，該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的80%以上，因而能夠製造不易產生異聚合型，且直胴率為高的碳化矽單晶。

【圖式簡單說明】

【0022】

圖1係表示能夠實施本發明的碳化矽單晶的製造方法的碳化矽單晶成長裝置的一範例的示意截面圖（碳化矽單晶成長前）。

圖2係表示能夠實施本發明的碳化矽單晶的製造方法的碳化矽單晶成長裝置的示意截面圖（碳化矽單晶成長中）。

圖3係表示本發明的碳化矽單晶的製造方法的流程圖。

第5頁，共13頁(發明說明書)

圖4係表示實施例1的碳化矽單晶中沒有異聚合型產生的狀態的俯視圖。

圖5係表示方正面晶種上異聚合型產生的狀態的示意截面圖。

圖6係表示方正面晶種上異聚合型產生的狀態的俯視圖。

圖7係表示將具有偏置角的基板作為晶種基板使用的場合的單晶成長初期狀態的示意截面圖。

圖8係表示將具有偏置角的基板作為晶種基板使用的場合的4H構造的單晶成長狀態的示意截面圖。

圖9係表示過去的碳化矽單晶成長裝置的示意截面圖。

圖10係表示過去的碳化矽單晶的製造方法的流程圖。

圖11係表示過去的碳化矽單晶成長裝置的示意截面圖（碳化矽單晶的成長初期）。

【實施方式】

【0023】 以下針對本發明，作為實施型態的一範例，參考圖式並進行詳細說明，然而本發明不限於此。

【0024】 以下針對本發明的碳化矽單晶的製造方法，參考圖1~圖3並進行說明。

圖1係表示能夠實施本發明的碳化矽單晶的製造方法的碳化矽單晶成長裝置的一範例的示意截面圖。

【0025】 示於圖1的能夠實施本發明的碳化矽單晶的製造方法的碳化矽單晶成長裝置1包含：容納晶種基板2（種基板、晶種晶圓）及碳化矽原料3的成長容器4、包覆該成長容器4的隔熱材5（隔熱容器）、通過貫穿該隔熱材5而設置的上部溫度測量孔6而測量成長容器4內的溫度的溫度測量感測器7及加熱碳化矽原料3的加熱器8（高頻加熱線圈）。

【0026】 成長容器4係由配置晶種基板2的成長室及配置碳化矽原料3的昇華室所構成，例如以具有耐熱性的石墨所形成。此外，結晶成長之際，將成長容器4安裝於由SUS或石英所構成的外部容器9內，在真空排氣的同時供給Ar等惰性氣體，藉此在惰性氣體氛圍的減壓下進行結晶成長。

【0027】 加熱器8可使用進行RH（電阻加熱）或RF（高頻）加熱者。此外，使用高溫計作為溫度測量器7，因而能夠自成長容器4的外部，通過隔熱材5的溫度測量用的孔6（上部溫度測量孔），以非接觸的方式精確度良好地進行溫度測量。本發明中，配置於成長容器4的晶種基板2係使用一基板，該基板係具有至該成長容器的設置面為偏置角 1° 以下的{0001}面且具有單晶成長面為凸形狀的成長晶錠端面（頭頂部結晶）。另外，該設置面只要是偏置角 1° 以下的{0001}面即可，作為偏置角的下限能夠為 0° 。此外，晶種基板2（晶種）的直徑為成長容器4的內徑的80%以上，而為90%以上較佳。另外，作為晶種基板2的直徑的上限則可為成長容器4的內徑的100%。此外，厚度方面，在最厚的地方可為5mm以上，而為1cm以上較佳。

【0028】 其次使用圖3來說明本發明的碳化矽單晶的製造方法。

【0029】 首先如圖3的（a）所示，以具有與欲獲得的結晶相同尺寸的直徑且不具有偏置角的方正面，將固定於成長容器4上部的頭頂部結晶安裝至成長容器4內，並將碳化矽原料3安裝至成長容器4的下部。

【0030】 首先如圖3的（b）所示，將成長容器4配置於隔熱容器5內。

【0031】 首先如圖3的（c）所示，將整個隔熱容器5配置於外部容器9內。

【0032】 首先如圖3的（d）所示，將外部容器9內抽真空，在保持預定壓力（例如1~20 Torr（1.3~26 hPa））並予以升溫至2000~2300°C。

【0033】 首先如圖3的（e）所示，藉由昇華法使碳化矽單晶2a（成長結晶）成長至晶種基板2（晶種）上（參考圖2的碳化矽單晶成長裝置1'）。

【0034】最後如圖3的(f)所示，提升減壓壓力而中止昇華，停止成長，讓溫度慢慢下降而冷卻。

【0035】以上述的方式製造的SiC單晶，作為單晶成長面為成長晶錠端面的晶種基板而使用，且晶種基板的直徑為成長容器的內徑的80%以上，因而能夠製造不易產生異聚合型，且直胴率為高的碳化矽單晶。

〔實施例〕

【0036】以下表示實施例及比較例而更具體地說明本發明，然而本發明不限於此。

【0037】

(實施例1)

在以下的成長條件下依照示於圖3的流程，使直徑100 mm的SiC單晶成長。

<條件>

成長容器內徑…105 mm

晶種基板…主要面在{0001}面為直徑100 mm(晶種基板的直徑/成長容器的內徑為95%)且最大厚度為8 mm的凸形狀的成長晶錠端面所成的SiC單晶基板

成長溫度…2200°C

壓力…10 Torr (13 hPa)

氛圍…氫氣、氮氣

【0038】SiC單晶成長後，經調查直胴率(直胴部/全長)的結果為90%。此外，以複線式線鋸將晶圓切出輪磨、鏡面拋光及CMP拋光後，經觀察晶圓的表面，如圖4所示，得知並沒有產生異聚合型。此外，總共進行了五個批次的製造。結果示於表1、表2。如表1、表2所示，五個批次皆沒有產生異聚合型(即異聚合型產生率為0%)。

【0039】

【表1】

	異聚合型產生次數	成長次數	直胴率
實施例1	0	N=5	90%
比較例1	10	N=10	-
比較例2	0	N=5	40%

【0040】

【表2】

	晶種基板的直徑/ 長容器的內徑 (%)	異聚合型產生率 (%)	成長次數
實施例1	95	0	N=5
實施例2	80	0	N=5
比較例3	75	20	N=10
比較例4	50	30	N=10
比較例5	20	50	N=10

【0041】

(實施例2)

除了使用直徑為84mm的晶種基板（晶種基板的直徑/成長容器的內徑為80%）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0042】 SiC單晶成長後，經調查直胴率（直胴部/全長）的結果為85%。SiC單晶長後，以複線式線鋸將晶圓切出輪磨、鏡面拋光及CMP拋光後，經觀察晶圓的表面，得知並沒有產生異聚合型。此外，總共進行了五個批次的製造。

該結果示於表2。如表2所示，五個批次皆沒有產生異聚合型（即異聚合型產生率為0%）。

【0043】

（比較例1）

除了使用主要面為 {0001} 面且厚度為1 mm（固定）的晶種（晶種基板）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0044】 總共製造了十個批次。該結果示於表1。如表1所示，十個批次皆產生異聚合型而紊亂。

【0045】

（比較例2）

除了使用主要面係自 {0001} 面往 <11-20> 方向傾斜4°且厚度為1mm（固定）的晶種（晶種基板）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0046】 SiC單晶成長後，經調查直胴率（直胴部/全長）的結果為40%。總共進行了五個批次的製造。該結果示於表1。如表1所示，五個批次皆沒有產生異聚合型。

【0047】

（比較例3）

除了使用直徑為79mm的晶種基板（晶種基板的直徑/成長容器的內徑為75%）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0048】 SiC單晶長後，以複線式線鋸將晶圓切出輪磨、鏡面拋光及CMP拋光後，觀察晶圓的表面。此外，總共進行了十個批次的製造。該結果示於表2。如表2所示，可以看出十個批次中二個批次產生異聚合型（即異聚合型產生率為20%）。

【0049】

(比較例4)

除了使用直徑為52mm的晶種基板（晶種基板的直徑/成長容器的內徑為50%）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0050】 SiC單晶長後，以複線式線鋸將晶圓切出輪磨、鏡面拋光及CMP拋光後，觀察晶圓的表面。此外，總共進行了十個批次的製造。該結果示於表2。如表2所示，可以看出十個批次中三個批次產生異聚成型（即異聚成型產生率為30%）。

【0051】

(比較例5)

除了使用直徑為21mm的晶種基板（晶種基板的直徑/成長容器的內徑為20%）以外，以與實施例1相同條件使SiC單晶成長。

【0052】 SiC單晶長後，以複線式線鋸將晶圓切出輪磨、鏡面拋光及CMP拋光後，觀察晶圓的表面。此外，總共進行了十個批次的製造。該結果示於表2。如表2所示，可以看出十個批次中五個批次產生異聚成型（即異聚成型產生率為50%）。

【0053】 由表2得知，若晶種基板的直徑為成長容器的內徑的80%以上，可充分抑制異聚合的產生。

【0054】 另外，本發明並不限於上述的實施型態。上述實施型態為舉例說明，凡具有與本發明的申請專利範圍所記載之技術思想及實質上同樣構成而產生相同的功效者，不論為何物皆包含在本發明的技術範圍內。

【0055】

【符號說明】

- | | |
|----|-----------|
| 1 | 碳化矽單晶成長裝置 |
| 1' | 碳化矽單晶成長裝置 |

2	晶種基板
2a	碳化矽單晶（成長結晶）
3	碳化矽原料
4	成長容器
5	隔熱材
6	上部溫度測量孔
7	溫度測量感測器
8	加熱器
9	外部容器
11	方正面晶種基板
12	4H 構造
13	6H 構造
14	具有偏置角的晶種基板
15	碳化矽源
101	碳化矽單晶成長裝置
101'	碳化矽單晶成長裝置
102	晶種基板
102a	碳化矽單晶（成長結晶）
103	碳化矽原料
104	成長容器
105	隔熱材（隔熱容器）
106	孔（上部溫度測量孔）
107	高溫計（溫度測量感測器）
108	加熱器（高頻加熱線圈）



201940758

【發明摘要】

【中文發明名稱】 碳化矽單晶的製造方法

【中文】本發明提供一種碳化矽單晶的製造方法，係使碳化矽原料於成長容器內昇華而使碳化矽單晶成長於晶種基板上，其中，係使用一基板作為該晶種基板，該基板係具有至該成長容器的設置面為偏置角 1° 以下的 $\{0001\}$ 面且具有結晶成長面為凸形狀的成長錠端面，以及該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的80%以上。藉此，即使於無偏置角的成長，換言之即使於自C軸 $\langle 0001 \rangle$ 沒有傾斜的基底面上的成長方向，能夠製造不易產生異聚型，且直洞率為高的碳化矽單晶。

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- | | |
|---|-----------|
| 1 | 碳化矽單晶成長裝置 |
| 2 | 晶種基板 |
| 3 | 碳化矽原料 |
| 4 | 成長容器 |
| 5 | 隔熱材 |
| 6 | 上部溫度測量孔 |
| 7 | 溫度測量感測器 |
| 8 | 加熱器 |
| 9 | 外部容器 |

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種碳化矽單晶的製造方法，係使碳化矽原料於成長容器內昇華而使碳化矽單晶成長於晶種基板上，其中，

係使用一基板作為該晶種基板，該基板係具有至該成長容器的設置面為偏置角 1° 以下的 $\{0001\}$ 面且具有結晶成長面為凸形狀的成長錠端面，以及

該晶種基板的直徑為該成長容器的內徑的80%以上。

【發明圖式】

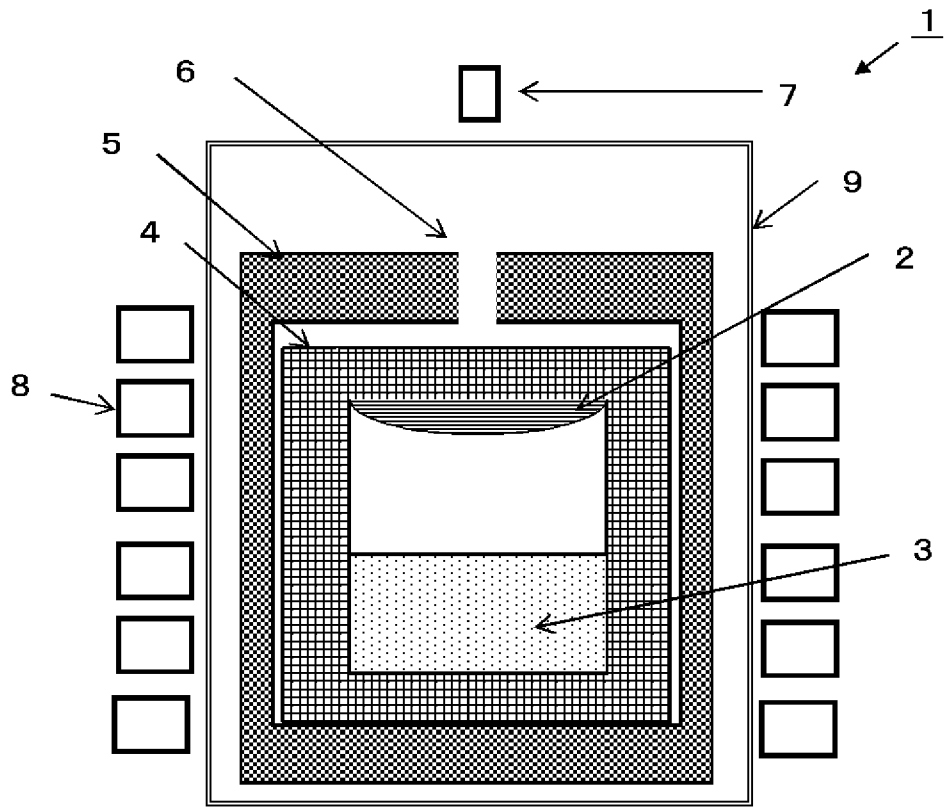


圖 1

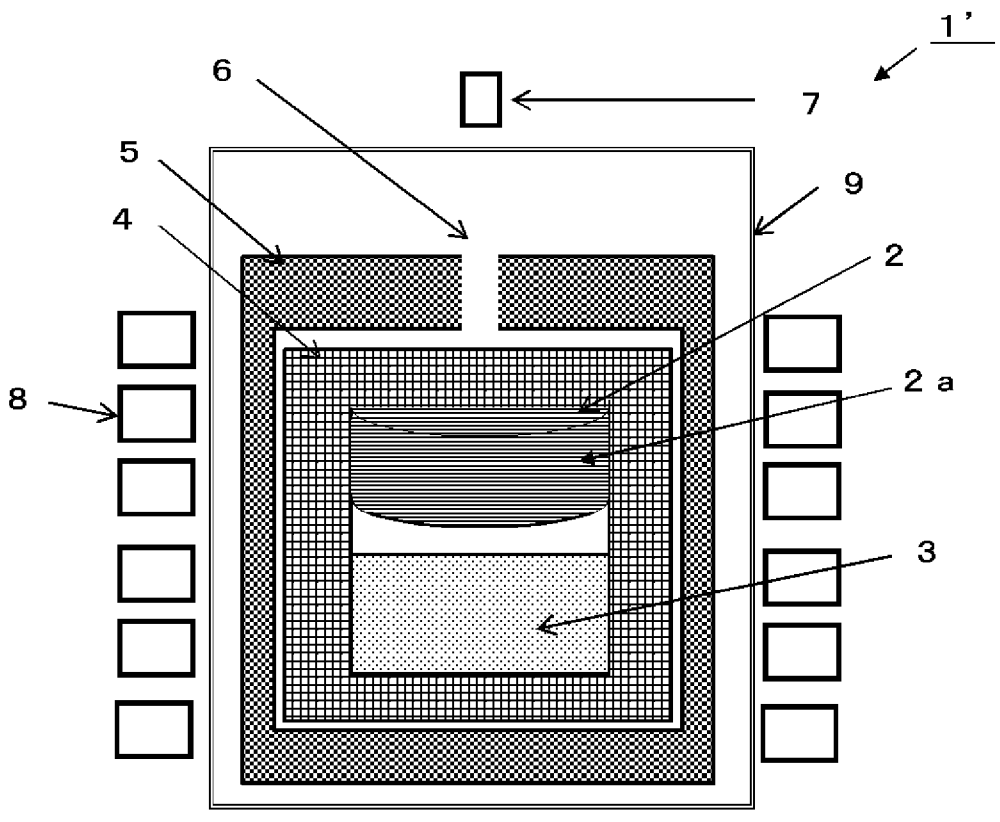


圖 2

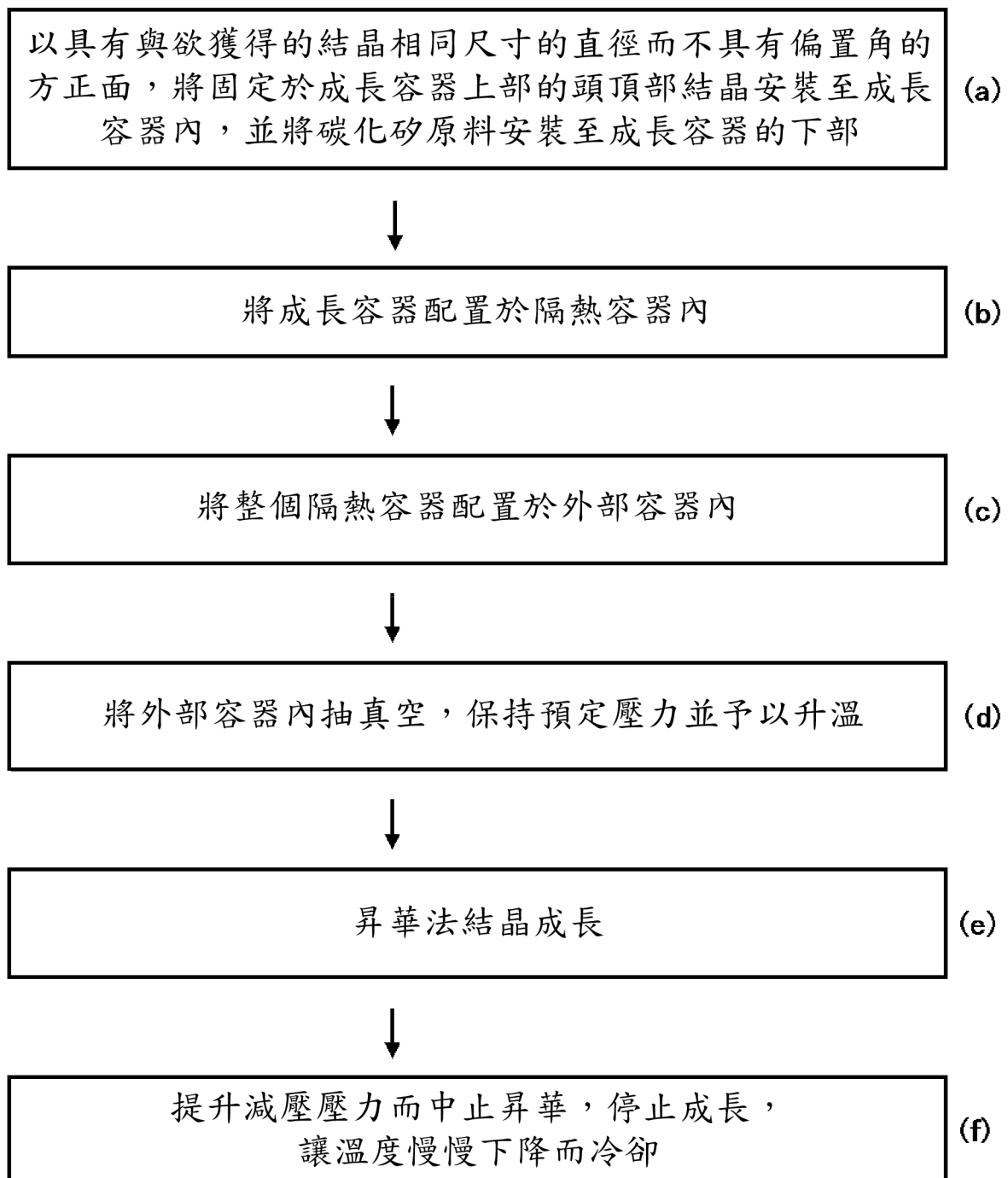


圖 3

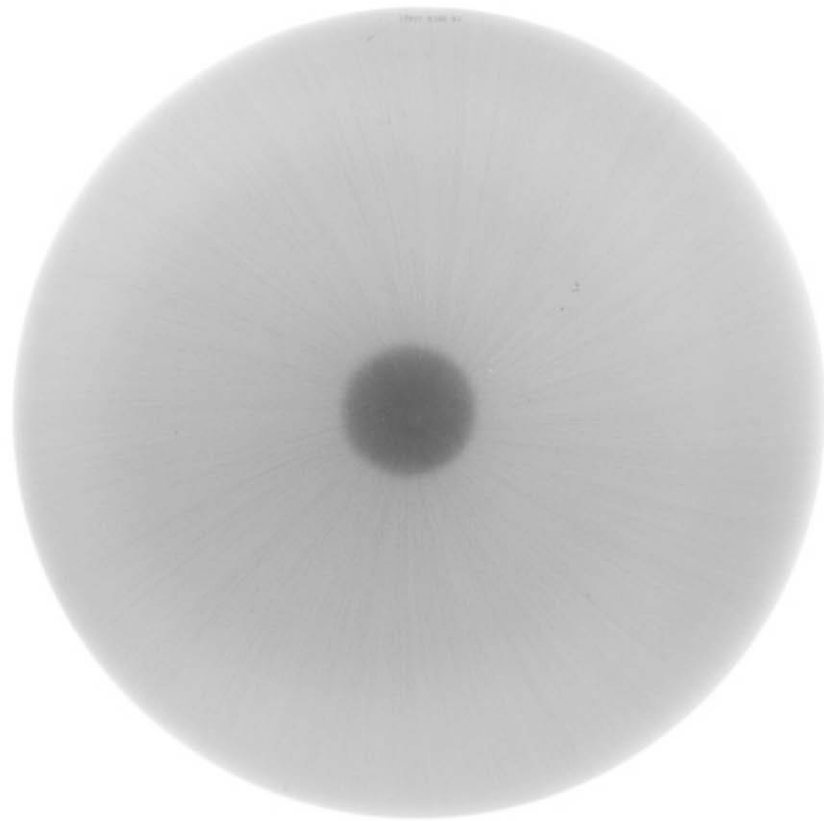


圖 4

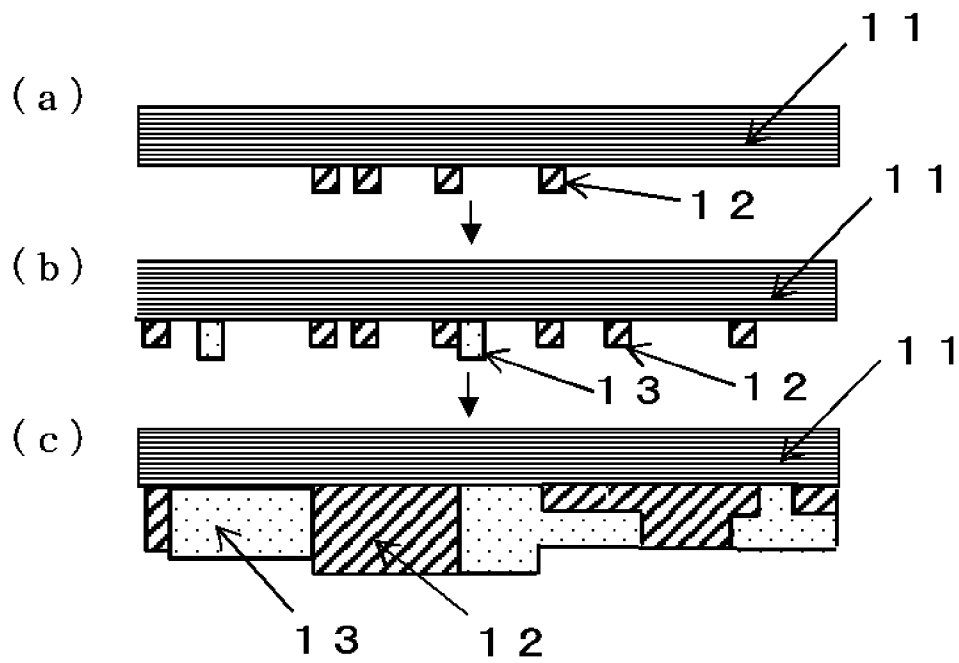


圖 5

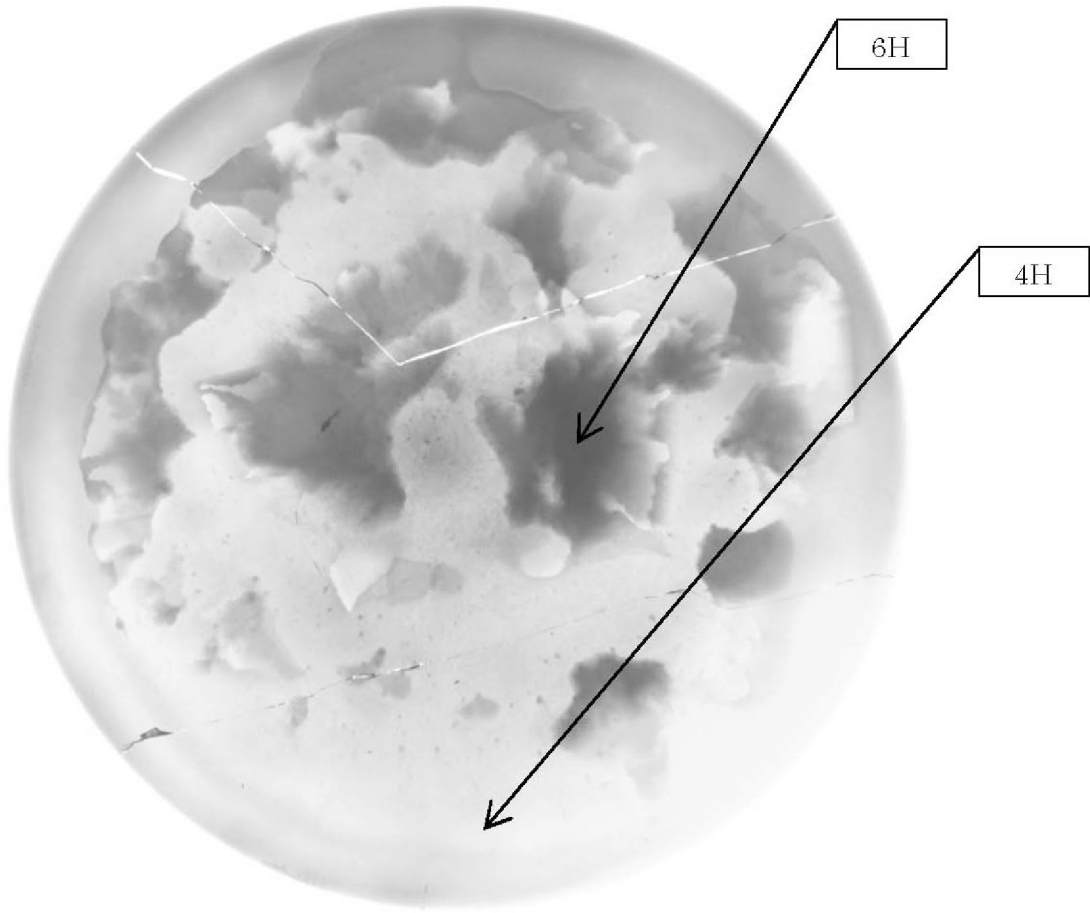


圖 6

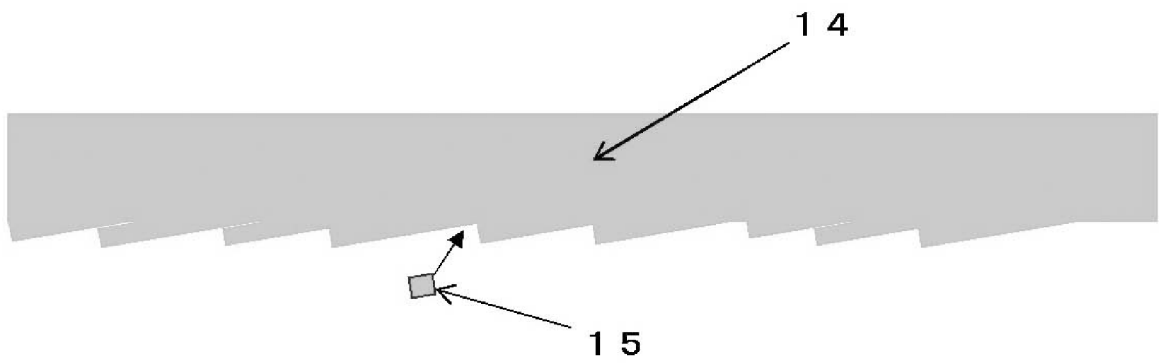


圖 7

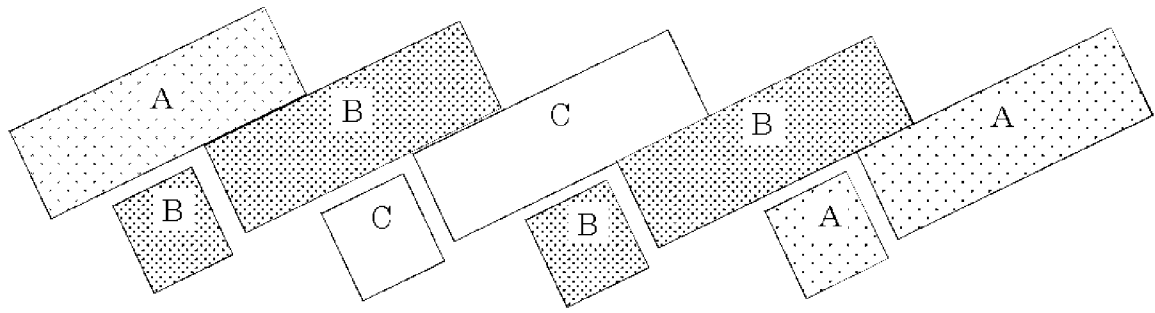


圖 8

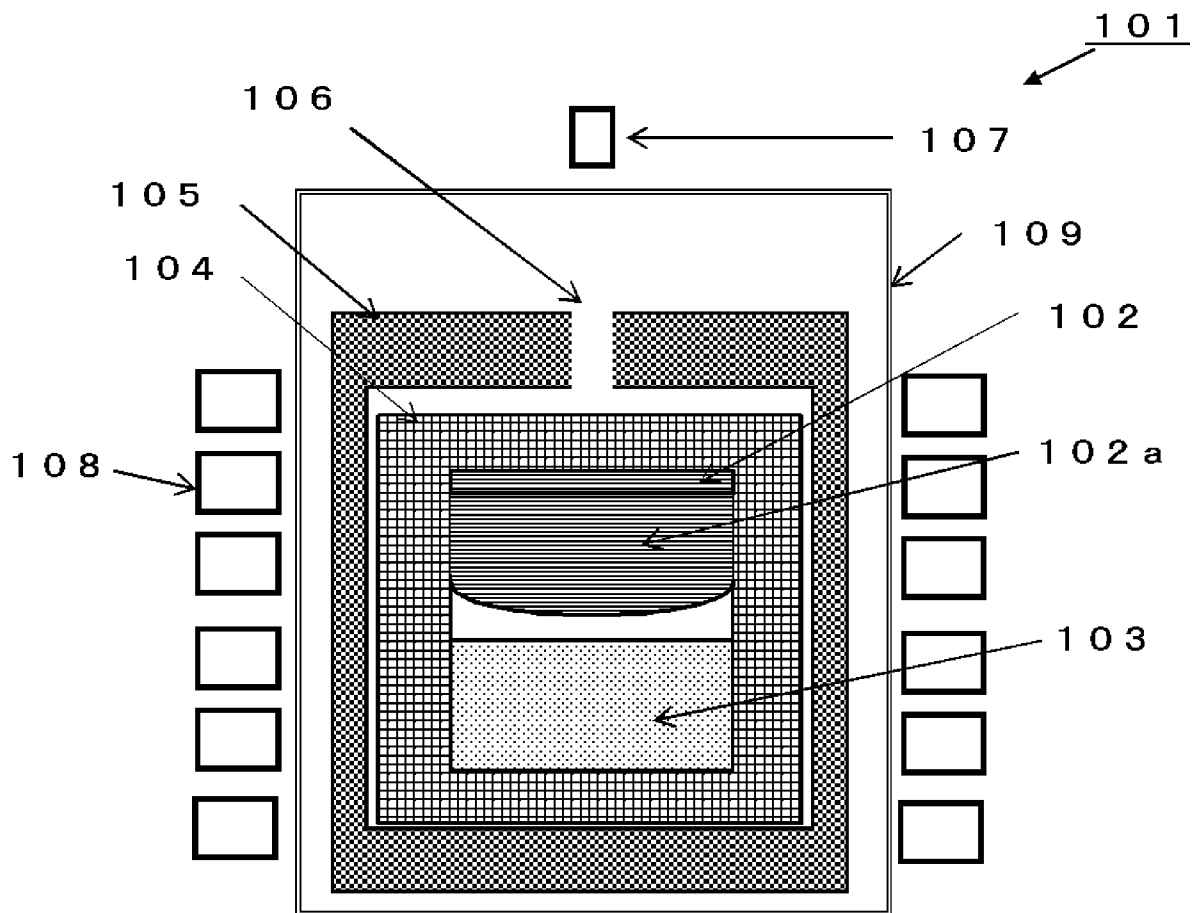


圖 9

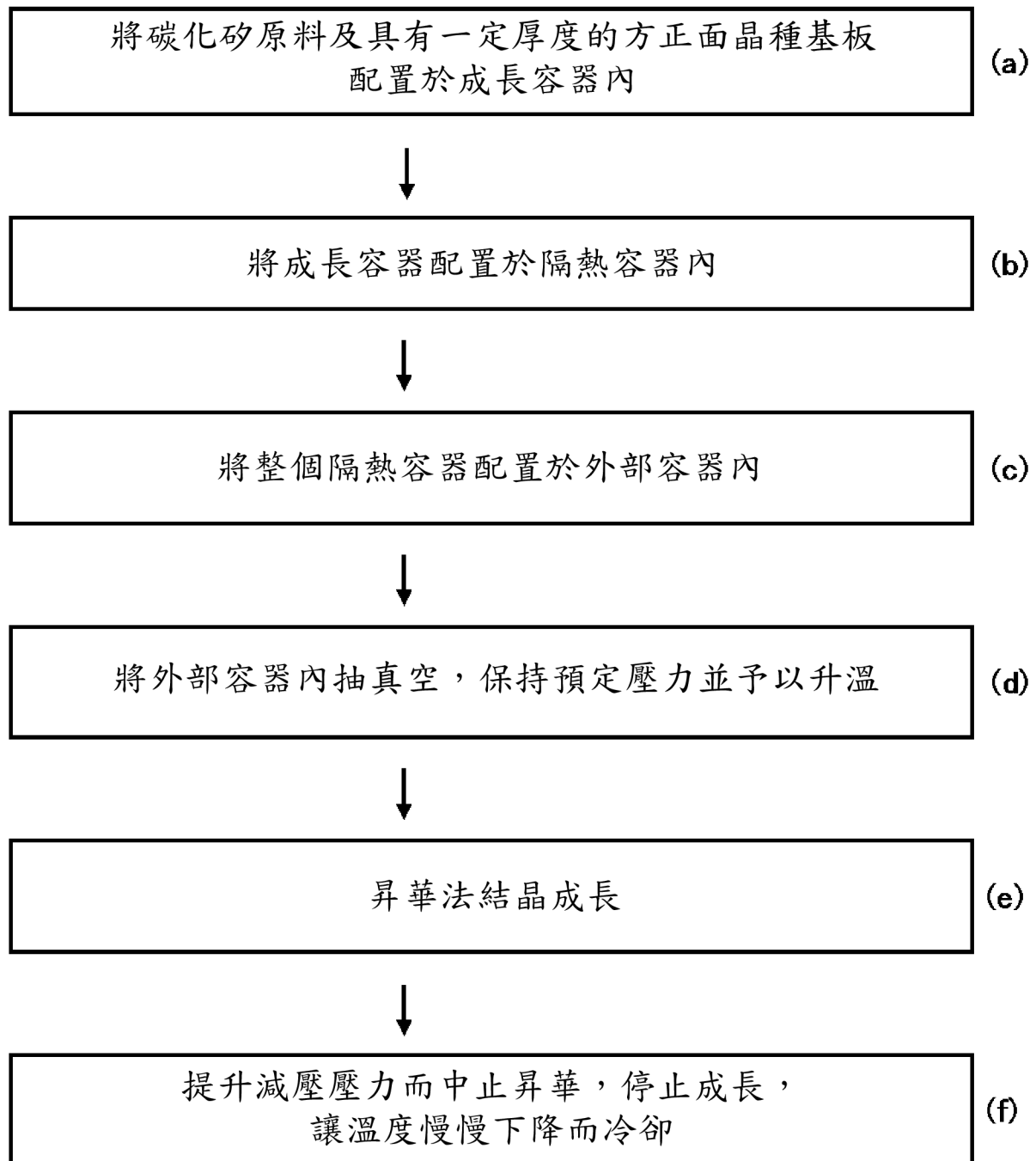


圖 10

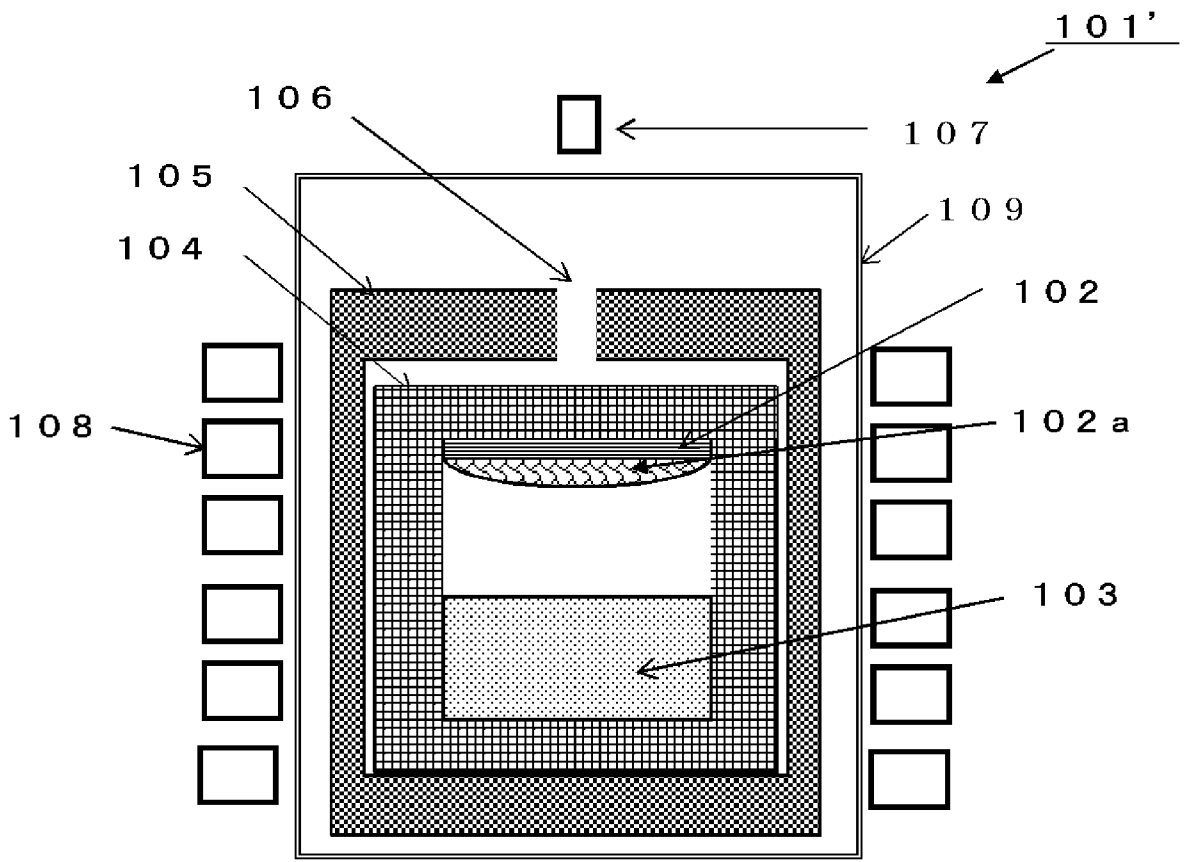


圖 11