



(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 I404843B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 11 日

(21) 申請案號：099130106

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 06 日

(51) Int. Cl. : C30B29/20 (2006.01)

C30B11/00 (2006.01)

(30) 優先權：2009/09/05 南韓

10-2009-0083722

(71) 申請人：克里斯科技有限公司 (南韓) CRISTECH CO., LTD. (KR)

南韓

(72) 發明人：安俊泰 AHN, JUN TAE (KR)

(74) 代理人：許世正

(56) 參考文獻：

JP 2008-007353A

KR 2001-0017991A

KR 10-2002-0056247A

審查人員：潘煒琳

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：6 共 0 頁

(54) 名稱

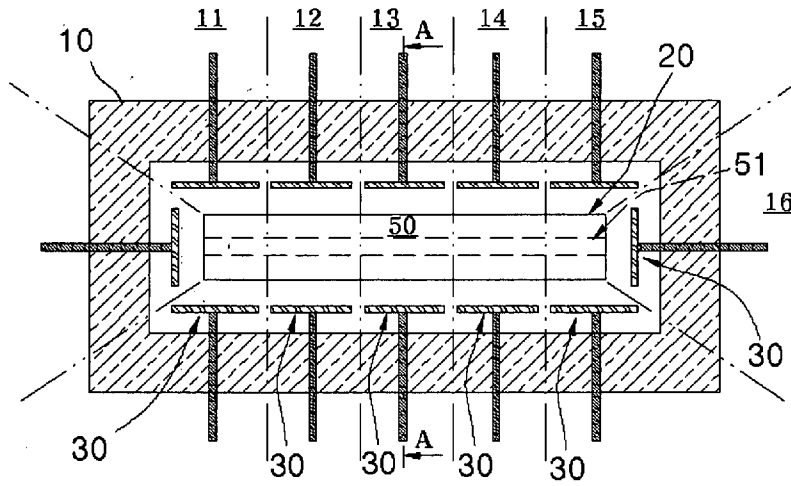
單結晶藍寶石之成長方法與設備

METHOD FOR GROWING SAPPHIRE SINGLE CRYSTAL AND APPARATUS THEREFOR

(57) 摘要

本發明關於一種用於生長藍寶石單結晶的方法與設備，尤其是關於一種藍寶石單結晶之生長方法及設備，藉以在使用長矩形坩堝及沿 C 軸方向延伸之較長的晶種時，於短時間內獲得具有高品質的長晶種。其中，使用本發明之藍寶石生長方法及設備可在無關是否使用矩形坩堝的狀況中均勻地保持坩堝內部的水平溫度，進而可在獲得高品質單結晶的同時，降低單結晶生長失敗的風險。

The present invention relates to a method and apparatus for growing sapphire single crystals, and more particularly to a method and apparatus for growing sapphire single crystals in which a high quality, long single crystal can be obtained within a short period of time upon the use of a long rectangular crucible and a long seed crystal extending in a c-axial direction. Use of the method and apparatus for growing sapphire single crystals according to the present invention can uniformly maintain the horizontal temperature at the inside of the crucible despite the use of a rectangular crucible, thereby obtaining a high-quality single crystal as well decreasing the possibility of a failure in the growth of the single crystal.



- 10 . . . 加熱爐
- 11、12、13 . . . 獨立區域
- 14、15、16 . . . 獨立區域
- 20 . . . 坩堝
- 30 . . . 加熱器
- 51 . . . 晶種

第2圖

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：99130106 (70B) $\frac{29}{10}$ (2006.01)

※申請日：99.9.6 ※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

(70B) $\frac{14}{10}$ (2006.01)

單結晶藍寶石之成長方法與設備 / METHOD FOR
 GROWING SAPPHIRE SINGLE CRYSTAL AND APPARATUS
 THEREFOR

二、中文發明摘要：

本發明關於一種用於生長藍寶石單結晶的方法與設備，尤其是關於一種藍寶石單結晶之生長方法及設備，藉以在使用長矩形坩堝及沿 C 軸方向延伸之較長的晶種時，於短時間內獲得具有高品質的長晶種。其中，使用本發明之藍寶石生長方法及設備可在無關是否使用矩形坩堝的狀況中均勻地保持坩堝內部的水平溫度，進而可在獲得高品質單結晶的同時，降低單結晶生長失敗的風險。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a method and apparatus for growing sapphire single crystals, and more particularly to a method and apparatus for growing sapphire single crystals in which a high quality, long single crystal can be obtained within a short period of time upon the use of a long rectangular crucible and a long seed crystal extending in a c-axial direction. Use of the method and

apparatus for growing sapphire single crystals according to the present invention can uniformly maintain the horizontal temperature at the inside of the crucible despite the use of a rectangular crucible, thereby obtaining a high-quality single crystal as well decreasing the possibility of a failure in the growth of the single crystal.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 2 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10加熱爐

11、12、13獨立區域

14、15、16獨立區域

20坩堝

30加熱器

51晶種

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】

本發明係關於一種單結晶藍寶石，特別是一種用於生長單結晶藍寶石的方法與裝置，藉以透過長方形坩堝與沿 C 軸方向延伸的長晶種在短時間內得到具有較高品質的長單結晶。

【先前技術】

通常，可透過氮化鎵製造出目前所發明出的藍色電致發光二極體與白色發光二極體。此處，需要用氮化鎵單結晶作為基板以化學氣相沈積法生長氮化鎵半導體。但是，氮化鎵單結晶卻是很難生長的，同時實際生產過程中所用的氮化鎵單結晶又未曾得到發展。

同時，日本的中村先生已透過在藍寶石晶圓上形成氮化鎵單結晶製造出藍色發光二極體，並在使這種藍色發光二極體投入實際應用的方面取得了成功。但在過去的二十年中，許多結晶學者已開始致力於氮化鎵生長的研究，而這些研究皆因無法得到符合經濟效率之生長方法而以失敗告終。因此，人們自然地意識到：應在藍色發光二極體或白色發光二極體的製造過程中應用藍寶石單結晶晶圓，同時對於藍寶石單結晶晶圓之需求也與日俱增。

目前，可透過如：Berneuil 製程、熱液製程、裘可拉斯基製程、熱交換法、凱氏長晶法、限邊薄片狀晶體生長法等各種晶體生長法形成藍寶石單結晶。但是，在這些方法種，具有足以適於作為發光二極體之基板的品質及尺寸的藍寶石單結晶生長方法包含有熱交換法及凱氏長晶法。此外，C 平面藍寶石晶圓係用於製造發

光二極體。其中，在產率上而言，最後沿 C 軸製造出具有長圓柱型的藍寶石，藉以製造出這種 C 平面藍寶石晶圓。

通常，人們希望透過凱氏長晶法進行圓柱型藍寶石的生長。但是，由於難以在 C 軸方向中生長出這種藍寶石，所以透過凱氏長晶法所長出之晶體錠主要在 a 軸上進行生長，並垂直地對這種晶體錠進行核心鑽孔，藉以在如「第 1a 圖」所示之 c 軸上形成圓柱型藍寶石。因此，這種對核心晶體錠進行切割藉以製造晶圓的方法可使產率大幅度降低（最高可達 30%）。

因此，運用這種凱氏長晶法獲得的是短且厚的晶圓性狀，而不是可提高產率的長圓柱的晶圓。同時，透過這種方法生長的晶體品質優於透過凱氏長晶法所生長的晶圓。但是，隨著目前藍寶石晶圓的直徑不斷增大，例如：2 英寸至 4 英寸，而透過凱氏生長晶法所生長的晶圓之產率不會大於 32%。此外，習知技術之問題還存在於：若使用較大的晶圓，則難以實施凱氏長晶法。

而關於藍寶石單結晶之生長方法的原始專利應用了熱交換法，第 3898051 號美國專利（於 1975 年 8 月公佈）揭露了如「第 1b 圖」所示之短柱形晶體，這種晶體具有與凱氏長晶法相似的產率（32%~34%）。但是，人們已經瞭解：當使用如「第 1c 圖」所示之方形坩堝時，晶體之產率（70%）可大幅度增加。但是，若此坩堝之性狀變為如矩形之細長性狀，則會產生無法統一地保持坩堝之內部溫度的問題。產生這種問題的原因在於：其中，加熱器係環繞地安裝於此坩堝的外壁，因此坩堝之中心部分的溫度最低，並且從坩堝之中心部分向坩堝之邊沿處溫度逐漸降低。換

言之，可使晶種之兩端的溫度高於其中心部分的溫度。

為了解決上述問題，韓國專利第 0438699 號（申請號 2001-011553）提出了一種方法，藉以透過長坩堝並改變加熱器之寬度與厚度提供垂直梯度冰凍法(VHGF, gradient freezing)。但是，在使用較長的棒狀晶種的狀況中，這種方法會因晶種的長度而無法保持均勻的溫度。具體而言，若增大坩堝的長度，坩堝水平方向中的溫度（包含有坩堝兩端的溫度及其中中心部分的溫度）更難均勻地保持溫度。此外，這種方法的問題也在於：由於隔熱體的狀態取決於溫度高於 2000°C 時的使用頻率與使用週期，雖然透過對加熱器之寬度與厚度進行調節可均勻地保持坩堝之內部溫度，但是內部溫度也會隨使用週期與使用頻率而增大。按照這種方法，若坩堝之水平方向中無法均勻地保持溫度，具體而言，在使用較長的棒狀晶種的狀況中，依據坩堝之長度方向位置可使置於坩堝之中心底部的晶種熔化，或者在此坩堝中發生變化的原材料也許不會熔化。因此，若發生上述顯現，則單結晶不會生長。此時，晶種不會完全熔化並且不具備均勻的外形，因此會降低生長出的晶體之品質。

因此，發明人發現：（1）當於坩堝外側獨立地放置複數個加熱器時，可均勻地保持此坩堝內部的水平溫度；（2）在所用的加熱器包含側面加熱源極與連接元件的狀況中，可得到垂直的溫度梯度並減少電極的數量；（3）在坩堝之底部向內凹陷或向外凹陷的狀況中，可防止出現藍寶石碎屑或晶種完全熔化的問題；以及（4）在於晶體生長完成後執行退火步驟的狀況中，可提高單結晶

的品質，進而實現了本發明。

【發明內容】

因此，本發明之一目的在於提供一種用於生長藍寶石單結晶的方法與設備，藉以在短時間內用長矩形坩堝在 C 軸方向上產生高品質較長單結晶。

本發明之另一目的在於提供一種用於生長藍寶石單結晶的方法與設備，藉以方便地獲得垂直溫度梯度並減少電極數量。

本發明之又一目的在於提供一種藍寶石單結晶生長設備與生長方法，其中可均勻地保持坩堝內部的水平溫度，同時雖然坩堝之內部溫度有時無法保持均勻，也能得到高品質的單結晶。

為了實現上述目的，本發明一方面提供了一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係包含：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，進而使加熱爐之內部溫度升高以大於藍寶石碎料的熔化溫度；坩堝，係位於加熱爐中，藉以使藍寶石碎料在坩堝內熔化並使坩堝中晶種得以生長；複數個加熱器，係位於坩堝外側，藉以使藍寶石碎料熔化；以及多個冷卻設備，係位於坩堝底部，藉以防止晶種完全熔化，其中，在坩堝外側分開地配設各加熱器獨立地進行作業，藉以使坩堝的水平溫度保持均勻。

本發明之另一方面提供了一種用藍寶石單結晶生長設備使藍寶石單結晶生長藍寶石單結晶的方法，係包含使藍寶石碎料熔化；以及當對坩堝之內部溫度進行調節時，用位於坩堝外側之複數個加熱器從晶種生長出單結晶。

此外，本發明提供了一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係

包含：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，進而使加熱爐之內部溫度升高以大於藍寶石碎料的熔化溫度；坩堝，係位於加熱爐之內部，藉以使藍寶石碎料在坩堝內熔化並使坩堝中晶種生長為單結晶；複數個加熱器，係位於坩堝外側，藉以使藍寶石碎料熔化；以及多個冷卻設備，係位於坩堝底部，藉以防止晶種完全熔化，其中，放置有晶種之坩堝的底部向內凹陷或是向外凸出，藉以防止藍寶石碎料不能熔化或是該晶種被完全熔化。

同時，本發明還提供了一種應用藍寶石單結晶生長設備生長藍寶石單結晶的方法，係包含：使藍寶石碎料熔化；以及使晶種生長為單結晶。

本發明還提供了一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係包含：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，進而使加熱爐之內部溫度升高以大於藍寶石碎料的熔化溫度；坩堝，係位於加熱爐之內部，藉以使藍寶石碎料在坩堝內熔化並使坩堝中晶種生長為單結晶；複數個加熱器，係位於坩堝外側，藉以使藍寶石碎料熔化；以及多個冷卻設備，係位於坩堝底部，藉以防止晶種完全熔化，其中，各加熱器包含有：一對側向加熱元件，係位於坩堝兩側，這些側向加熱元件係與坩堝之外壁相鄰並與電極相連；以及連接加熱元件，係位於各側向加熱元件之頂部，藉以使側向加熱元件相互連接，藉以獲得垂直溫度梯度並減少電極的數量。

本發明還提供了一種應用用於生長藍寶石單結晶的設備生長

藍寶石單結晶之方法，係包含：使藍寶石碎料熔化；以及從晶種生長出單結晶。

同時，本發明還提供了一種藍寶石單結晶的生長方法，係包含：將晶種置於坩堝的底部；將研磨後之藍寶石碎料填入坩堝中；透過電阻加熱器使坩堝之內部溫度從室溫升高到該藍寶石碎料之熔化溫度，同時透過安裝於坩堝底部之多個冷卻設備進行冷卻，藉以防止晶種完全熔化；以及在透過冷卻設備對坩堝之底部進行冷卻時，透過逐漸降低加熱器之溫度使晶種生長為藍寶石單結晶，其中，生長藍寶石單結晶的方法還包含：透過冷卻設備中斷冷卻步驟，藉以執行退火製程；以及在將坩堝冷卻至室溫後以及晶體生長完成之後，均勻地保持坩堝的內部溫度。

【實施方式】

下面，將對本發明進行詳述。

在本發明中，發明人發現：在透過可以單獨控制的複數個獨立加熱器替代單個加熱器的狀況中，在於矩形坩堝中生長單結晶時，此坩堝之水平溫度可保持統一。

在本發明的一個實施例中，可製造出包含有六個加熱器之單結晶生長設備並透過這種單結晶生長設備生長出藍寶石單結晶。因此，可以看出這種坩堝之水平溫度在藍寶石單結晶生長時是保持均勻的，同時這種坩堝可製造出高品質的單結晶。

因此，在這一方面，本發明揭露了一種用於生長單結晶的設備，係包含：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學隔離，藉以是使加熱爐之內部溫度升高至藍寶石碎料之熔化溫度；

坩堝，放置於加熱爐中，藉以使其中的藍寶石熔化並使單結晶從晶種開始生長變長；加熱器，係位於坩堝外部，藉以使藍寶石單結晶熔化；及冷卻裝置，係位於坩堝之底部，藉以防止使晶種完全熔化，其中此加熱器位於坩堝之外側，藉以透過獨立地排佈複數個加熱器，進而使坩堝之水平緯度保持均勻，同時可獨立地對每一加熱器進行控制。

此處，加熱器 30 係用於向坩堝 20 提供熱量，藉以使坩堝 20 中所填充之藍寶石碎料熔化。其中，加熱器 30 可應用高熔點金屬加熱器、石墨加熱器以及通常透過電阻進行加熱的其他加熱器。

同時，可透過溫度感測器、功率控制單元與溫度控制單元等獨立地對加熱器 30 進行控制。

在本發明實施例中，最後使每一加熱器 30 之長度介於 5 厘米至 25 厘米之間。此處，若每一加熱器之長度小於 5 厘米，則會使加熱器與用於對加熱器之溫度進行控制的組件增多，進而使這種設備變得複雜並增大了設備得製造成本。另一方面，若每一加熱器之長度超過 25 厘米，則難以均勻地保持坩堝之水平溫度。此處，可依據坩堝之長度改變加熱器的數量。

另一方面，在本發明中，可透過在坩堝外側放置多個獨立的加熱器而在水平方向中將坩堝劃分為複數個區域。同時，可分別在坩堝的每一獨立區域上安裝溫度感測器、功率控制單元及溫度控制單元，藉以透過反饋執行溫度控制，進而無論坩堝的長度如何都能均勻地保持坩堝之水平溫度。因此，在使用這種設備的狀況中，即使隔熱體之特性按照使用頻率而產生了變化，坩堝之內

部也回一直保持均勻。理論上，當獨立區域之數量增加時，可改善坩堝之內部溫度的均勻性。例如：若長度為 30 厘米至 40 厘米的坩堝具有三到六個獨立區域，則會生長出具有高品質的藍寶石單結晶（如「第 2 圖」所示）。

其中，加熱器 30 包含有：一對側面加熱元件 32，係位於坩堝之兩側，藉以與坩堝 20 之外壁相鄰並且其中每一側面加熱元件 32 係連接於每一個電極 31；以及連接加熱元件 33，係位於側面加熱元件 32 之頂部，藉以與上述一對側面加熱元件 32 形成內部互連。

如「第 3 圖」所示，本發明實施例之藍寶石單結晶生長設備的加熱器 30，包含有：一對側面加熱元件 32，係位於坩堝兩側，藉以與坩堝 20 之外壁相鄰並分別連接於各個電極 31；以及連接加熱元件 33，係位於側面加熱元件 32 之頂部，藉以於這對側面加熱元件 32 形成內部互連。按照這種方式，加熱器 30 可以輕易地保持垂直溫度梯度，同時可在不考慮採用複數個加熱器 30 時也能減少電極的數量，因此可以簡化整個設備的結構並按昂貴的方式製造出設備。在「第 2 圖」中，對應於坩堝兩端之獨立區域 16 的加熱器 30 可透過此坩堝之底部相互連接。同時，可依據坩堝底部的冷卻結構與絕緣結構對垂直溫度梯度進行控制。

在本發明中，這種坩堝可熔化其中的藍寶石碎料並在其中生長出單晶體。這種坩堝可使用鉬或其他在高溫中也不會熔化的材料製成。其中，最好使其中放置了晶種之坩堝的底部向內或是向外凸出，藉以防止出現藍寶石碎料沒有熔化或晶種完全熔化的狀況。

另一方面，本發明係關於一種應用這種設備生長藍寶石單結晶裝置所執行的方法，係包含下列步驟：使藍寶石碎料熔化；以及，此坩堝具有複數個置於外側的加熱器，進而當對此坩堝之內部溫度進行調節時，使種晶生長出單結晶。

本發明實施例之藍寶石單結晶生長方法包含有下列步驟：使藍寶石碎料熔化；以及如習知技術中一樣從晶種 51 中生長出單結晶。

換言之，在熔化藍寶石碎料之步驟中，沿 C 軸方向延伸的晶種 51 被放置在沿加熱爐 10 之水平方向延伸之坩堝 20 的底部，同時此 20 中填入了被粉碎的藍寶石碎料。而後，可使此藍寶石碎料熔化，藉以在透過用電阻加熱器使坩堝之內部溫度從室溫升高到藍寶石碎料的熔化溫度，進而防止使晶種完全熔化。

按照這種方式，在藍寶石碎料完全熔化後，在從晶種 51 生長為單結晶的步驟中，可在於坩堝 20 下方安裝冷卻設備 40 對坩堝底部進行冷卻的同時，透過逐步降低加熱器 30 之溫度由晶種 51 生長出單結晶。

在上述熔化藍寶石碎料和生長單結晶的步驟中，可透過控制器對向加熱器 30 提供的電能進行控制，藉以均勻地保持獨立區域 11 至獨立區域 16 中之每一個的溫度，其中溫度係從安裝於獨立區域 11 至獨立區域 16 中之每一個之溫度感測器（圖中未示出）獲取。

按照這種方式，可均勻地保持坩堝 20 內部的水平溫度，藉以使所生長的結晶具有優異的品質，具體而言，無論隔熱體之特性

如何變化，都可以保持所生長之結晶的品質。

而上述本發明實施例之藍寶石單結晶的生長方法還包含：在完成結晶的生長之後，於將坩堝冷卻至室溫之前中斷透過冷卻設備進行的冷卻過程，藉以執行退火步驟。

同時，在本發明中可以發現：在加熱器包含有位於坩堝左右兩側的一對相對的側向加熱元件以及用於使相對的側向加熱元件相互連接的連接加熱元件的狀況中，可在坩堝內獲得垂直溫度梯度，並透過減少電極的數量抑制電極的熱量損失。

因此，本發明揭露了一種用於生長藍寶石單結晶的設備，包含有：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，藉以使此加熱爐之內部溫度升高至大於藍寶石碎料的熔化溫度；坩堝，係位於此加熱爐中，藉以使藍寶石碎料在此加熱爐中熔化，並使晶種生長為藍寶石碎料；加熱器，係位於坩堝外側，藉以使藍寶石碎料熔化；以及冷卻設備，係位於坩堝底部，藉以防止晶種完全熔化，其中，此加熱器包含有：一對側向加熱元件，係位於坩堝兩側，藉以連接坩堝之外壁並且每一加熱元件係連接於每一電極；以及連接加熱元件，係位於側向加熱元件頂部，藉以使這對側向加熱元件相互連接，進而獲得垂直溫度梯度並減少電極的數量。

同時，這種藍寶石單結晶生長設備可保證透過對加熱器的寬度與厚度使坩堝之水平溫度保持均勻。如上所述，其上放置了晶種的坩堝底部最好向內凹陷或向外凸出，藉以防止藍寶石碎料沒有熔化，並防止晶種完全熔化。

另一方面，本發明關於一種應用上述藍寶石單結晶生長設備之藍寶石單結晶生長方法，這種方法包含有：使藍寶石碎料熔化；以及由晶種長出單結晶。

同時，在本發明實施例中，可以發現：當透過底部向內凹陷或向外凸起之坩堝替代矩形坩堝時，可增大所生長之晶體的冷卻面積，藉以在提升單結晶之品質的同時減小單結晶生長失敗的可能性。

因此，本發明之另一方面在於：提供了一種用於生長藍寶石單結晶之設備，係包含：加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，藉以使此加熱爐之內部溫度升高至大於藍寶石碎料的熔化溫度；坩堝，係位於此加熱爐中，藉以使藍寶石碎料在此加熱爐中熔化，並使晶種生長變長為藍寶石碎料；加熱器，係位於坩堝外側，藉以使藍寶石碎料熔化；以及冷卻設備，係位於坩堝底部，藉以防止晶種完全熔化，其中，放置有晶種的坩堝底部係向內凹陷或向外凸出，藉以防止藍寶石碎料無法完全熔化或防止晶種完全熔化。

在本發明中，在放置有晶種的坩堝底部具有 W 型截面性狀或 V 型截面性狀的狀況中，此坩堝底部可如「第 4 圖」所示向內凹陷或是向外凸出。

在坩堝底部向內凹陷或是向外凸出的狀況中，可增大所生長晶體底面的冷卻面積，藉以增大晶種頂部與底部間之溫度差異，進而無論坩堝之水平溫度是否不太均勻或著無論坩堝之溫度有何異常，都可以防止出現作為位於晶種上方材料之藍寶石不能熔化

或使晶種完全熔化的狀況。

換言之，在使用單結晶生長設備的狀況中，由於無論坩堝之水平溫度是否均勻，坩堝之底部都具有尖楔型，所以可透過位於坩堝底部的冷卻板使坩堝完全冷卻。因此，本發明實施例之單結晶生長設備可防止使晶種完全熔化並防止坩堝中發生變化的材料無法熔化。同時，由於加寬了坩堝的頂部，所以材料可輕易地在坩堝中發生變化。

其中，這種藍寶石單結晶生長設備之加熱器包含有如上所述的複數個加熱器。同時，這種加熱器最好包含有：複數個側向加熱元件；以及連接加熱元件，藉以使這些側向加熱元件相互連接。

在本發明之另一方面，本發明揭露了一種應用上述藍寶石單結晶生長設備的藍寶石單結晶生長方法，係包含：使藍寶石碎料熔化；以及使晶種生長為單結晶。

最後，在本發明中可以發現：在結晶生長完成之後，於將坩堝冷卻至室溫之前執行退火處理的狀況中，可透過坩堝之溫度梯度消除所生長之晶體中的應力及所生長的晶體提高單結晶的品質。

因此，本發明之另一方面提供了一種藍寶石單結晶的生長方法，係包含：在將晶種填入坩堝底部並於坩堝填入粉碎後之藍寶石碎料軸，可在用安裝於坩堝下方之冷卻設備對坩堝之底部進行冷卻時，透過電阻加熱器將坩堝之內部溫度從室溫升至高於藍寶石碎料之熔化溫度的溫度，進而防止使晶種完全熔化；以及當用冷卻設備使坩堝底部冷卻時，透過逐步降低加熱器的溫度時晶種

生長為藍寶石單結晶，其中這種方法還包含有：透過冷卻設備中斷冷卻過程，進而執行退火步驟；以及在晶體長成之後，在將坩堝冷卻至室溫以前均勻地保持坩堝的內部溫度。

此處，當執行退火步驟時，坩堝之內部溫度保持在 1700°C ~ 2000°C 之範圍內 1~50 小時。

通常，藍寶石碎料會在高於 2100°C 之溫度中熔化，而單結晶的生長溫度介於 1920°C ~ 2100°C 。換言之，由於藍寶石之熔化溫度為 2045°C ，所以熔化啟始溫度與晶體生長溫度皆應為 2450°C 。但是，由於溫度測量位置與單結晶生長及測量熔化的位置間具有差異，所以會在晶體生長溫度中產生這種差異，同時透過改變溫度測量位置改變溫度差異範圍。

在本發明中，冷卻設備係用於降低坩堝底部的溫度，藉以防止位於坩堝底部之晶種完全熔化。這種冷卻設備可使用通常使用的設備。同時，可透過由鎢或鉬製成的冷卻板充當這種冷卻設備，這種冷卻板可透過氣體或液體強而有力地執行冷卻功能。因此，在冷卻設備為冷卻板的狀況中，可透過垂直移動冷卻板或坩堝的方法始冷卻板與坩堝相互分離，藉以中斷冷卻步驟。

實例

下面，將結合實例對本發明進行進一步闡釋。此處，所屬領域中具有通常知識者可以理解：這些實例僅是示範性的，並不對本發明之保護範圍構成限制。

具體而言，由於藍寶石單結晶生長設備之其他具體構造與結構係與習知技術中眾所周知的構造與結構相似，所以此處不再贅

述，下面將對本發明之具體實例進行介紹。雖然，以下實施例及附圖應用了長矩形的坩堝，但者這並不對本發明構成限制。同時，雖然此處僅在方形坩堝中使用較長的晶種 52，但也可獲得相似成果。而除實例 2 之外，坩堝之截面性狀都不受到限定。

實例 1：包含有複數個獨立加熱器的藍寶石單結晶生長設備

藍寶石生長設備之說明與所用材料如下：

坩堝之材料：Mo（鉬）

坩堝之尺寸：寬 110×高 200×長 400（單位：厘米）

晶種之尺寸：寬 30×高 10×長 380（單位：厘米）

冷卻板（冷卻設備）：鉬 20×長 360（單位：厘米）

獨立區域的數量：6 個（包含有左右）

加熱器（加熱元件）：高純度等向性石墨 8t

溫度感測器：高溫計／測量點：加熱器表面

溫度控制方案：比例—積分—微分控制（PID）

冷卻板的冷卻類型：水冷卻

此處，可用具有透過加熱器劃分為六個區域之藍寶石單結晶生長設備生長藍寶石單結晶。首先，可對 19.5 千克碎料進行研磨並填入坩堝中。進而，可在 15 小時內是坩堝之內部溫度從室溫升高至 2110°C，並維持兩個小時。其中，可按 5°C／小時之速率使加熱器之溫度逐步下降，藉以使晶體生長。進而，可用 30 小時使加熱器之溫度逐漸降低到室溫。

在熔化終止步驟，即在晶體生長前所執行的步驟中，加熱器之溫度（即，方面加熱元件之中心部分）保持在 2110°C。此時，

可透過沿坩堝之水平位置（縱向）劃分區域而用高溫計（愛與側向加熱元件之中心位置相對應之高度）測量坩堝支架的溫度。因此，可以發現：坩堝支架的縱向溫度介於 2080°C 與 2085°C 之間，換言之，此坩堝支縱向溫度的差異小於 5°C 。此處，若此坩堝支架的縱向溫度的差異較大，則會產生使晶種完全熔化的部分。同時，若坩堝支架的縱向溫度的差異約為 5°C 或是 5°C 左右，位於冷卻板上之坩堝內側底部上的晶種支溫度差異便會較小。同時，可以發現：可以更為均勻地保持此坩堝支內部溫度，因此可成功地生長出單結晶。在這種狀況中，由於透過高溫計執行溫度測量又無法從外側觀測到坩堝支側壁，所以坩堝支架支溫度與加熱器所測得之溫度相同。

因此，所生長出之藍寶石單結晶沒有了如：氣泡或斷裂之類的缺陷。此外，可將所生長之藍寶石單結晶製成晶圓，藉以形成藍寶石晶圓並在 300°C 的溫度下透過氫氧化鉀對其進行蝕刻。而後，作為蝕刻點密度（EPD）的測量結果，單結晶與晶圓間之區域有所不同，而所測得之蝕刻點密度平均約為 400 個／平方厘米。

此處，本發明實施例之藍寶石單結晶之品質（蝕刻點密度：400 個／平方厘米）高於透過習知技術形成並投入市場的晶圓之品質（蝕刻點密度：500-1000 個／平方厘米）。由於透過對坩堝之水平溫度進行均勻控制而沒有水平溫度梯度，所以可形成近乎線性的固液界面。因此，若習知技術中坩堝之高寬比大於 1.5:1，那麼難以進行溫度控制，以致難以使用較長的晶種，同時難以生長出長晶種晶體。反之，可以發現：在本發明中，可使用於沿 C 軸方

向延伸之較長的種晶並使坩堝的長度較長，如使坩堝之高寬比大於 1.5:1，藉以在 C 軸防線生長出更長的晶種。因此，可以認為：由於可以在相等的時間中生長出較長且品質優異的晶體，所以可大幅提供每分鐘的產率。而在生產大於習知的 100×100×100 厘米晶體錠的 100×100×400 厘米晶體錠的狀況中，生產率提高到四倍，且在相等時間中製造晶體錠之成本為習知技術的 55%，進而這些優點會帶來更小的投入。同時，可使所生長出之晶體具有較長的長度。以上是本發明之最大優點，但並不對本發明構成限制。從實際觀點看來，可認為晶體錠之尺寸約為 100×100×400—600 厘米。若晶體錠之尺寸大於 100×100×400—600 厘米，則會帶來不便。

實例 2 包含有 V 型截面性狀坩堝之藍寶石單結晶生長設備
藍寶石生長設備之說明與所用材料如下：

坩堝之材料：Mo（鉬）

坩堝之尺寸：每一等腰三角形之各邊長度為 200×400（單位：厘米）

晶種之尺寸：寬 30×高 26×長 380（單位：厘米）

冷卻板（冷卻設備）：鉬 20×360（單位：厘米，具有形成在頂部的凹槽）

獨立區域的數量：6 個

加熱器（加熱元件）：高純度等向性石墨 8t

溫度感測器：高溫計／測量點：加熱器表面

溫度控制方案：比例—積分—微分控制（PID）

冷卻板的冷卻類型：水冷卻（在晶體成長之後透過冷卻板分

隔坩堝底部)

此處，使用具有透過加熱器劃分出六個獨立區域並包含有 V 型截面坩堝之藍寶石單結晶生長設備，可透過加入退火製程生長出藍寶石單結晶。首先，可對 44.5 千克藍寶石單結晶進行粉碎並將其填入坩堝中。而後，坩堝之內部溫度在 15 小時內從室溫升高至 2120°C，而後保持兩個小時。隨後，可透過以 5°C 每小時的速率使加熱器之溫度從 1920°C 逐步下降生長晶體。在晶體生長完成之後，可向下移動位於坩堝底部緊密接觸的冷卻板，藉以使其與坩堝底部相互分離。而後，可在保持坩堝之溫度三個小時之過程中執行退火。

此處，可透過沿坩堝之水平方向分區設置的高溫計對坩堝支架的溫度進行測量。因此，可以發現：坩堝之縱向溫度中的溫度差異小於 6°C。同時，可以發現本發明可更加均勻地維持坩堝的內部溫度，進而防止在單結晶之生長過程中出現失敗。

由於透過與坩堝底部分開的冷卻板執行了退火製程，所以坩堝中晶體冷卻到室溫所花費的時間可降低 20 小時，而不產生任何斷裂。而當不執行退火製程時，在冷卻 20 小時之大多數晶體中會因晶體中之應力而產生斷裂。因此，在實例 1 之狀況中所生長出之藍寶石單結晶不會產生如：氣泡、斷裂等問題。此外，可將所生長出之單結晶製成晶圓，藉以形成藍寶石單結晶晶圓，並在 300°C 的溫度中用氫氧化鉀溶液對其進行蝕刻。而後，在蝕刻點密度的測量結果中，單結晶與晶圓間之分區會形成差異，但所測得之蝕刻點密度平均約為 300 個點每平方厘米，這顯示出：這種晶圓

的品質優於目前投入商業使用的以及實例 1 中的晶圓。

此處，不再對所屬領域中具有通常知識者所熟知的結構、操作及條件進行贅述，因此也不再對這些習知技術進行記錄及圖示。

工業實用性

如上所述，本發明實施例中，盡管使用了沿 C 軸放置的較長的單結晶並會依據使用頻率與使用週期讓隔熱體之狀態產生變化，但是可透過在水平方向中將坩堝劃分為複數個獨立區域來均勻地對坩堝之水平溫度進行控制。因此，本發明之優點在於：可在坩堝頂部示晶種按均勻性狀熔化並均勻地示晶種生長為單結晶。此外，可透過增大坩堝之長度如使坩堝之高寬比大於 1.5:1。

此外，本發明實施例具有以下良好的效果：本發明實施例之加熱器包含有：一對相對的側向加熱元件；以及連接加熱元件，藉以使側向加熱元件相連的內部加熱元件，藉以方便地得到垂直溫度梯度，同時，可透過減少電極個數抑制電極所產生的熱量損失，並以廉價的方式構造整體設備。此外，可在完成晶體生長之後執行退火製程，藉以改善所生長出之單結晶的品質。同時，可使用於放置晶種的坩堝底部向內凹陷或是向外凸出，藉以增大所生長之晶體的冷卻面積，進而在降低單結晶之生長失敗可能性的同時提高單結晶的品質。

雖然本發明以前述之實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。在不脫離本發明之精神和範圍內，所為之更動與潤飾，均屬本發明之專利保護範圍。關於本發明所界定之保護範圍請參考所附之申請專利範圍。

【圖式簡單說明】

第 1a 圖至第 1c 圖為習知技術中用於生長藍寶石單結晶之方法所生長之晶體的剖面圖；

第 2 圖為本發明一實例之用於生長藍寶石單結晶之設備的頂面剖面圖；

第 3 圖為沿第 2 圖 A-A 剖面線所獲得剖面圖；以及

第 4 圖為本發明另一實施例中用於生長藍寶石單結晶之設備的剖面圖。

【主要元件符號說明】

- | | | |
|----------|-------|--------|
| 10 | ..... | 加熱爐 |
| 11、12、13 | ..... | 獨立區域 |
| 14、15、16 | ..... | 獨立區域 |
| 20 | ..... | 坩堝 |
| 30 | ..... | 加熱器 |
| 31 | ..... | 電極 |
| 32 | ..... | 側面加熱元件 |
| 33 | ..... | 連接加熱元件 |
| 40 | ..... | 冷卻設備 |
| 51、52 | ..... | 晶種 |

102年4月17日修正頁(本)

P 23-27

七、申請專利範圍：

1. 一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係包含：

一加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，進而使該加熱爐之內部溫度升高以大於一藍寶石碎料的一熔化溫度；

一坩堝，係位於該加熱爐中，藉以使該藍寶石碎料在該坩堝內熔化並使該坩堝中一晶種生長；

複數個加熱器，係位於該坩堝外側，藉以使該藍寶石碎料熔化；以及

多個冷卻設備，係位於該坩堝底部，藉以防止該晶種完全熔化，

其中，在該坩堝外側分開地配設所述各加熱器並使所述各加熱器獨立地進行作業，藉以使該坩堝的水平溫度保持均勻，

其中用於放置該晶種之該坩堝的底部向內凹陷或向外凸出，藉以防止該藍寶石碎料不能熔化或是該晶種被完全熔化。

2. 如請求項第 1 項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備，其中獨立的所述各加熱器之長度的範圍介於 5 厘米至 25 厘米之間。

3. 如請求項第 1 項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備，其中，所述各加熱器包含有：複數個側向加熱元件，係位於該坩堝兩側，該等側向加熱元件係與該坩堝之外壁相鄰並與電極相連；以及連接加熱元件，係位於所述各側向加熱元件之頂部，藉以

使該等側向加熱元件相互連接，藉以獲得一垂直溫度梯度並減少電極的數量。

4. 一種使用如請求項第1項至第3項任意一項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備之生長藍寶石單結晶的方法，係包含：

使一藍寶石碎料熔化；以及

當對該坩堝之內部溫度進行調節時，用位於該坩堝外側之複數個加熱器從一晶種生長出一單結晶。

5. 如請求項第4項所述之生長藍寶石單結晶的方法，還包含：

中斷透過該等冷卻設備所進行之冷卻過程；以及

在該晶體生長完成之後，以及使該坩堝冷卻至室溫之前均勻地保持該坩堝的該內部溫度。

6. 一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係包含：

一加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，進而使該加熱爐之內部溫度升高以大於一藍寶石碎料的一熔化溫度；

一坩堝，係位於該加熱爐之內部，藉以使該藍寶石碎料在該坩堝內熔化並使該坩堝中一晶種生長為一單結晶；

複數個加熱器，係位於該坩堝外側，藉以使該藍寶石碎料熔化；以及

多個冷卻設備，係位於該坩堝底部，藉以防止該晶種完全熔化，

- 其中，放置有該晶種之該坩堝的底部向內凹陷或是向外凸出，藉以防止該藍寶石碎料不能熔化或是該晶種被完全熔化。
7. 如請求項第6項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備，其中該坩堝之底部具有W型截面或是V型截面，藉以使該坩堝之底部向內凹陷或是向外凸出。
8. 如請求項第6項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備，其中，所述各加熱器包含有：
- 複數個側向加熱元件，係位於該坩堝兩側，該等側向加熱元件係與該坩堝之外壁相鄰並與電極相連；
- 以及連接加熱元件，係位於所述各側向加熱元件之頂部，藉以使該等側向加熱元件相互連接，藉以獲得一垂直溫度梯度並減少電極的數量。
9. 一種如請求項第6項至第8項中任意一項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備之生長藍寶石單結晶的方法，包含有：
- 使一藍寶石廢料熔化；以及
- 從一晶種生長出一單結晶。
10. 如請求項第9項所述之生長藍寶石單結晶的方法，還包含：
- 在該晶體生長完成之後，將該坩堝冷卻至室溫之前，透過該等冷卻設備中斷冷卻過程，藉以執行退火製程。
11. 一種用於生長藍寶石單結晶的設備，係包含：
- 一加熱爐，係用於進行加熱並與周圍空氣進行熱學絕緣，

102年4月7日修正
對線頁(本)

進而使該加熱爐之內部溫度升高以大於一藍寶石碎料的一熔化溫度；

一坩堝，係位於該加熱爐之內部，藉以使該藍寶石碎料在該坩堝內熔化並使該坩堝中一晶種生長為一單結晶；

複數個加熱器，係位於該坩堝外側，藉以使該藍寶石碎料熔化；以及

多個冷卻設備，係位於該坩堝底部，藉以防止該晶種完全熔化，

其中，所述各加熱器包含有：

一對側向加熱元件，係位於該坩堝兩側，該等側向加熱元件係與該坩堝之外壁相鄰並與電極相連

以及連接加熱元件，係位於所述各側向加熱元件之頂部，藉以使該等側向加熱元件相互連接，藉以獲得一垂直溫度梯度並減少電極的數量，

其中放置有該晶種之該坩堝的底部向內凹陷或是向外凸出，藉以放置該藍寶石碎料不能熔化或是該晶種被完全熔化。

12. 一種應用如請求項第 11 項所述之用於生長藍寶石單結晶的設備生長藍寶石單結晶之方法，係包含：

使一藍寶石碎料熔化；以及

從一晶種生長出一單結晶。

13. 一種生長藍寶石單結晶的方法，係包含：

將一晶種置於一坩堝的底部；

將研磨後之一藍寶石碎料填入該坩堝中；

透過一電阻加熱器使該坩堝之內部溫度從室溫升高到該藍寶石碎料之一熔化溫度，同時透過安裝於該坩堝底部之多個冷卻設備進行冷卻，藉以防止該晶種完全熔化；以及

在透過該等冷卻設備對該坩堝之底部進行冷卻時，透過逐漸降低該加熱器之溫度使該晶種生長為一藍寶石單結晶，

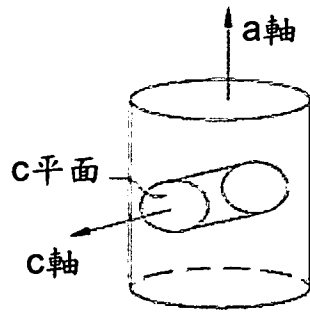
其中，該生長藍寶石單結晶的方法還包含：

透過該等冷卻設備中斷該冷卻步驟，藉以執行退火製程；

以及

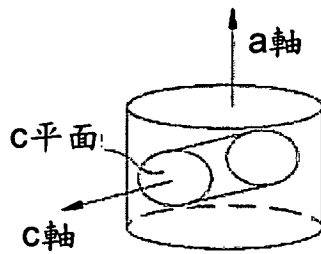
在將該坩堝冷卻至室溫後以及該晶體生長完成之後，均勻地保持該坩堝的內部溫度。

14. 如請求項第 13 項所述之生長藍寶石單結晶的方法，其中在執行該退火步驟時，在 1 至 50 小時內，使該坩堝的內部溫度介於 1700°C 至 2000°C。
15. 如請求項第 13 項所述之生長藍寶石單結晶的方法，其中在該冷卻設備為一冷卻板之狀況中，透過使該冷卻板或該坩堝產生垂直移動，藉以使該冷卻板與該坩堝分開，進而中斷該冷卻步驟。



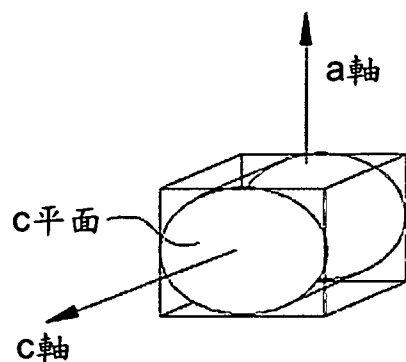
凱氏長晶法最高產率之30%

第1A圖



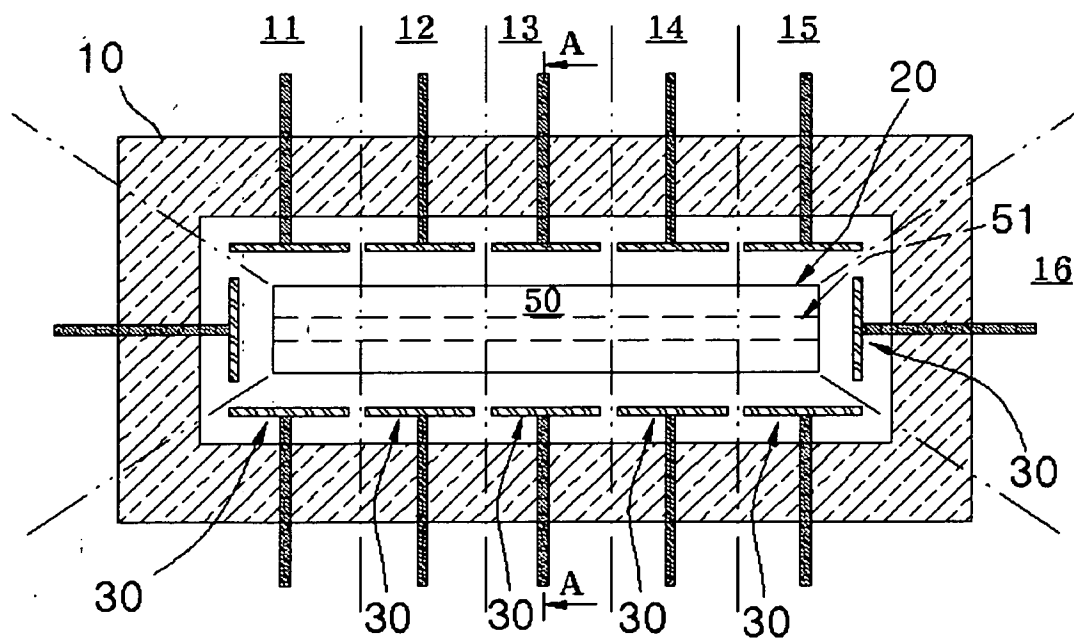
凱氏長晶法最高產率之32~34%

第1B圖

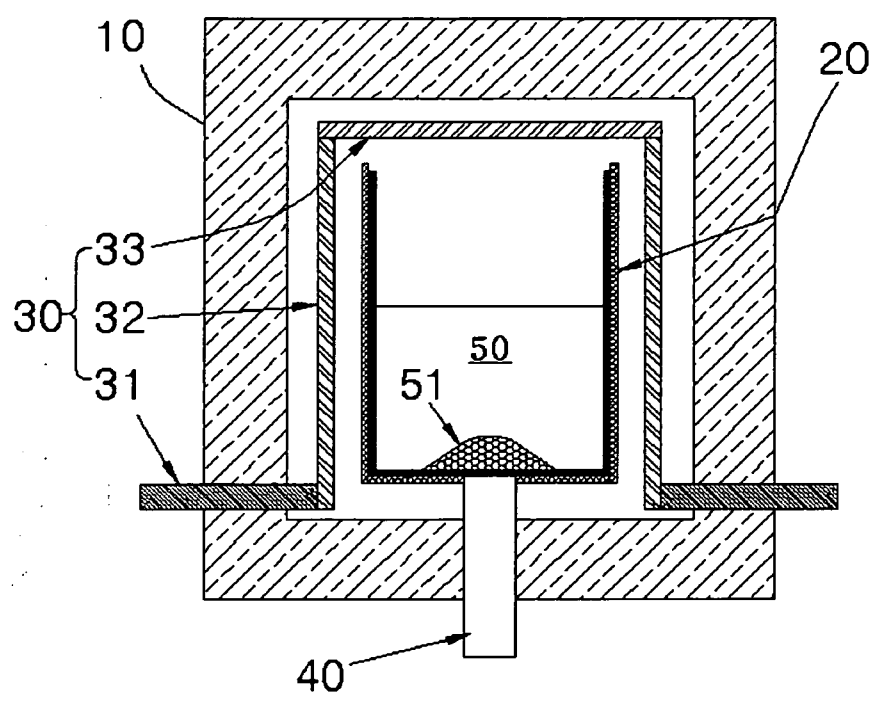


熱交換法產率之70%

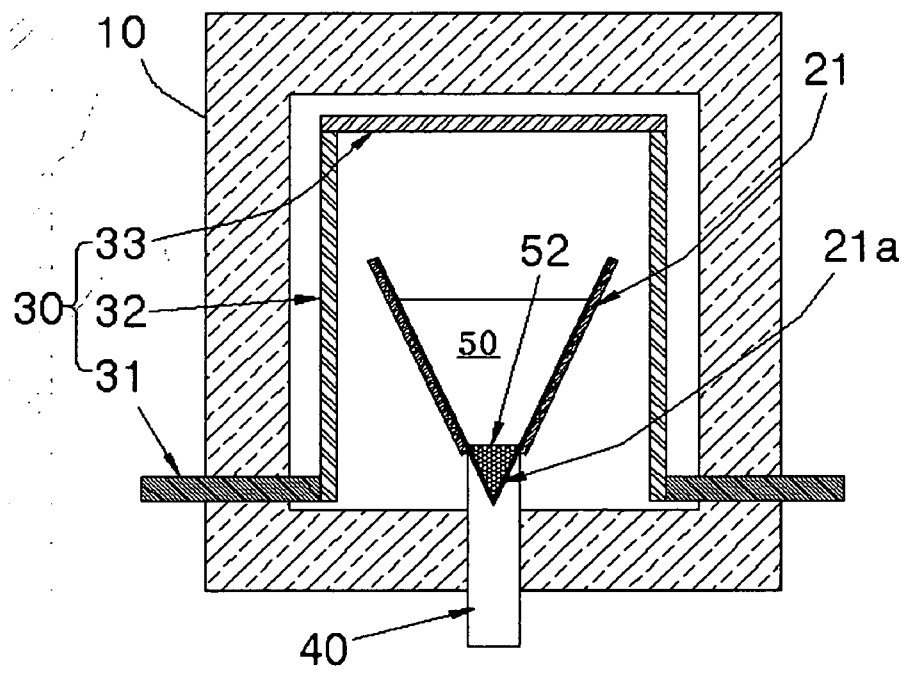
第1C圖



第2圖



第3圖



第4圖