



(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 I476303 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 11 日

(21) 申請案號：102135730 (22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 02 日
 (51) Int. Cl. : C30B29/20 (2006.01) C30B13/34 (2006.01)
 (30) 優先權：2013/03/20 南韓 10-2013-0029947
 (71) 申請人：樂金矽得榮股份有限公司 (南韓) LG SILTRON INCORPORATED (KR)
 南韓
 (72) 發明人：宋到原 SONG, DO WON (KR) ; 李昌潤 LEE, CHANG YOUN (KR) ; 崔竣赫 CHOI,
 JUN HYUK (KR) ; 文英熙 MUN, YOUNG HEE (KR)
 (74) 代理人：許世正
 (56) 參考文獻：
 TW 201129730A1 TW 201224226A1
 審查人員：李明達
 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：9 共 41 頁

(54) 名稱

藍寶石單晶生長的解釋方法以及藍寶石單晶的生長方法

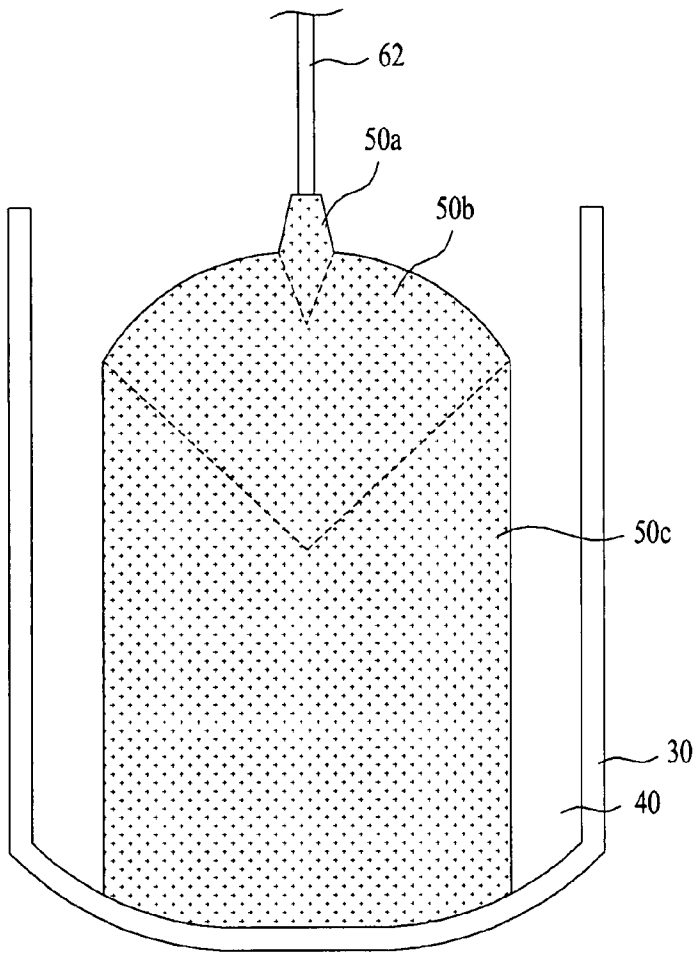
METHOD OF INTERPRETING SAPPHIRE SINGLE-CRYSTAL GROWTH AND METHOD OF GROWING SAPPHIRE SINGLE-CRYSTAL

(57) 摘要

本揭露提供的一種藍寶石單晶生長的解釋方法包含：準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；透過將一晶種與氧化鋁熔體相接觸且將晶種浸入至氧化鋁熔體中，生長一單晶；計算單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度與一運動速度的至少一個；測量在生長的藍寶石單晶中形成的缺陷；以及透過重複坩堝準備作業、單晶生長作業、計算介面的角度及運動速度的至少一個的作業、以及缺陷測量作業，計算沒有形成缺陷的單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度及一運動速度的至少一個。

Disclosed is a method of interpreting sapphire single-crystal growth including preparing a crucible filled with an alumina melt, growing a single-crystal by bringing a seed crystal into contact with the alumina melt and dipping the seed crystal in the alumina melt, calculating at least one of an angle and a movement speed of an interface between the single-crystal and the alumina melt, measuring defects formed in the grown sapphire single-crystal, and calculating at least one of an angle and a movement speed of an interface between the single-crystal and the alumina melt in which defects are not formed by repeating the crucible preparation operation, the single-crystal growth operation, the operation of calculating at least one of the angle and the movement speed of the interface, and the defects measurement operation.

- 30 . . . 坩堝
- 40 . . . 氧化鋁熔體
- 50a . . . 頸部
- 50b . . . 肩部
- 50c . . . 本體
- 62 . . . 晶種連接單元



第 6 圖

公告本

發明摘要

※ 申請案號：102(35)30

C30B 29(20 (2006.01))

※ 申請日：102.10.17

※IPC 分類：C30B 1314(2006.01)

【發明名稱】 藍寶石單晶生長的解釋方法以及藍寶石單晶的生長方法

METHOD OF INTERPRETING SAPPHIRE
SINGLE-CRYSTAL GROWTH AND METHOD OF GROWING
SAPPHIRE SINGLE-CRYSTAL

【中文】

本揭露提供的一種藍寶石單晶生長的解釋方法包含：準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；透過將一晶種與氧化鋁熔體相接觸且將晶種浸入至氧化鋁熔體中，生長一單晶；計算單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度與一運動速度的至少一個；測量在生長的藍寶石單晶中形成的缺陷；以及透過重複坩堝準備作業、單晶生長作業、計算介面的角度及運動速度的至少一個的作業、以及缺陷測量作業，計算沒有形成缺陷的單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度及一運動速度的至少一個。

【英文】

Disclosed is a method of interpreting sapphire single-crystal growth including preparing a crucible filled with an alumina melt, growing a single-crystal by bringing a seed crystal into contact with the alumina melt and dipping the seed crystal in the alumina melt, calculating at least one of an angle and a movement speed of an interface between the single-crystal and the alumina melt, measuring defects formed in the grown sapphire single-crystal, and calculating at least one of an angle and a movement speed of an interface between the single-crystal and the alumina melt in which defects are not formed by repeating the crucible preparation operation, the

single-crystal growth operation, the operation of calculating at least one of the angle and the movement speed of the interface, and the defects measurement operation.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 6 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 3 0 坩堝
- 4 0 氧化鋁熔體
- 5 0 a 頸部
- 5 0 b 肩部
- 5 0 c 本體
- 6 2 晶種連接單元

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

【發明名稱】 藍寶石單晶生長的解釋方法以及藍寶石單晶的生長方法

METHOD OF INTERPRETING SAPPHIRE
SINGLE-CRYSTAL GROWTH AND METHOD OF GROWING
SAPPHIRE SINGLE-CRYSTAL

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種藍寶石單晶生長的解釋方法以及藍寶石單晶的生長方法。

【0002】 更特別地，本發明關於一種藍寶石單晶的結晶前沿的解釋方法，此種方法包含使得一晶種與一熔融氧化鋁的頂部相接觸，用以防止在從熔融氧化鋁生長單晶寶石過程中形成結晶缺陷，並且關於一種藍寶石單晶的生長方法，其中根據藍寶石單晶錠生長的解釋方法去除了結晶缺陷。

【先前技術】

【0003】 藍寶石晶片一般通過幾個過程製造，包括：一單晶生長過程，以生產出一單晶錠；一切片過程，將單晶錠切片成具有薄圓板形狀的晶片；一研磨過程，去除透過切片的機械過程產生的晶片的損壞部分；一拋光過程，改善鏡面的性能；以及一清洗過程，提高拋光後晶片的鏡面性能且去除附著在晶片的研磨劑以及污染物。

【0004】 在上述過程中，透過在 2100°C 或更高溫度下用於

單晶生長的一爐中加熱而熔化一高純度氧化鋁 (Al_2O_3) 原料之後，藍寶石單晶生長過程可透過使用不同的方法執行，例如一凱氏長晶法 (KY 法)、一柴氏拉晶法 (CZ 法)、一定邊膜餵 (EFG) 方法、一熱交換方法、以及一垂直水平梯度凝固法。其中一晶種與一熔融氧化鋁的頂部相接觸以生長單晶的 KY 方法與 CZ 法可應用於根據本發明的方法。

【0005】 當使用 KY 法或 CZ 法生長一藍寶石單晶時，一氧化鋁原料加入到一坩堝中並熔化。一電阻加熱器設置為環繞外壁及坩堝的底表面以加熱坩堝，並使用由此產生的輻射熱。通常，根據 CZ 法，一單晶可生長到大約 $1/2 \sim 2/3$ 的坩堝的大小。然而，根據 KY 方法，一單晶可生長到大約 $8/10$ 至 $9/10$ 的在坩堝的大小，從而獲得一較大的藍寶石單晶。

【0006】 根據 KY 法或 CZ 法，藍寶石單晶可透過將一熱絕緣結構 (熱區) 安裝在一腔室中，使用一原料，即氧化鋁填充坩堝，以及將坩堝加熱至超過其熔點的溫度而生長。然後，在適合於接觸且結晶的溫度下，設置在坩堝的頂部的一晶種與氧化鋁熔體相接觸且浸漬在氧化鋁熔體中，以形成一頸部。然後，藍寶石單晶生長，同時透過減少功率保持其生長所需的溫度梯度。根據 KY 方法與 CZ 法生長的單晶的直徑取決於坩堝的大小。

【0007】 然而，這些傳統的藍寶石單晶生長方法具有以下

的問題。

【0008】 在一藍寶石單晶的生長期間，單晶的一結晶前沿在浸漬於氧化鋁熔體中的狀態下，由於熱絕緣結構的一熱梯度以及氧化鋁熔體的快速的自然對流在一藍寶石單晶生長設備中朝向坩堝的底部移動。然而，結晶前沿既不能夠進行測量，也不能夠預測。也就是說，當係為氧化鋁熔體與生長的單晶之間一介面的結晶前沿迅速變化時，晶體缺陷，例如氣泡、低角度塊邊界（LABB）、以及譜系（lineage）可產生在單晶中。在低角度塊邊界（LABB），引起多晶化，以使得細晶粒在多晶-單晶的邊界形成。但是，難以預測或控制這樣的晶體缺陷的形成。

【0009】 此外，生長的單晶可粘附至坩堝的底面及內壁，從而影響結晶前沿。因此，可誘導氣泡及譜系的形成，並且由於在冷卻過程中的熱影響可出現裂縫。

【0010】 爲了防止晶體缺陷，例如氣泡、低角度塊邊界（LABB）、譜系、以及裂縫，藍寶石單晶隨著時間的生長率可根據以往的經驗調整。然而，這不能夠視爲用於防止缺陷的方法，因爲在生長期間在藍寶石單晶中產生不同缺陷的因素既不能夠預測，也無法控制。

【0011】 此外，當使用相同的設備執行一新的藍寶石單晶生長過程時，也可能會遇到如上所述的相同的缺陷。

【發明內容】**【技術問題】**

【0012】 有鑑於以上的問題，本發明之實施例提供一種藍寶石單晶的生長方法，在根據一 KY 方法或一 CZ 法的藍寶石單晶的生長期間，此種方法透過定義一結晶前沿且預測其運動速度，使得藍寶石單晶中不形成例如氣泡及低角度塊邊界（LABB）的結晶缺陷。

【技術方案】

【0013】 本發明的目標能夠透過提供一種藍寶石單晶生長的解釋方法實現，此種方法包含：準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；透過將一晶種與氧化鋁熔體相接觸且將晶種浸入至氧化鋁熔體中，生長一單晶；計算單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度與一運動速度的至少一個；測量在生長的藍寶石單晶中形成的缺陷；以及透過重複坩堝準備作業、單晶生長作業、計算介面的角度及運動速度的至少一個的作業、以及缺陷測量作業，計算沒有形成缺陷的單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度及一運動速度的至少一個。

【0014】 單晶的生長可包括從晶種生長單晶的一頸部；從頸部生長單晶的一肩部；以及從肩部生長單晶的一主體。生長的單晶與氧化鋁熔體之間的介面在對應於坩堝的一底表面的中心的一區域可具有一最低高度。

【0015】 頸部生長作業與肩部生長作業可透過測量單晶的重量彼此相區別。

【0016】 單晶的重量可透過與晶種相連接的一感測器測量，以及當 8% 至 10% 的氧化鋁熔體固化為單晶時，可完成肩部的生長。

【0017】 生長的單晶與氧化鋁熔體之間的介面可在對應於坩堝的一底表面的中心的一區域可具有一轉折點。

【0018】 單晶和氧化鋁熔體之間的介面的角度可隨著單晶在一定範圍內生長減少。

【0019】 藍寶石單晶的缺陷可包含由氣泡、低角度塊邊界 (LABB)、以及譜系 (lineage) 組成的組中選擇的至少一個缺陷。

【0020】 氣泡可形成於單晶的肩部及主體中。

【0021】 低角度塊邊界 (LABB) 可在單晶的表面上的一縱向上形成為條帶圖案。

【0022】 根據本發明的另一方面，提供了一種藍寶石單晶的生長方法，包含：準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；透過將一晶種與氧化鋁熔體相接觸且將晶種浸入至氧化鋁熔體中，生長一單晶的一頸部；從頸部生長單晶的一肩部；以及從肩部生長單晶的一主體。在肩部生長作業與主體生長作業期間，單晶與氧化鋁熔體之間的一介面的一角度在一些範圍

內減少。

【0023】 單晶與氧化鋁熔體之間的介面在對應於坩堝的一底表面的中心的一區域可具有一轉折點，單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度可為轉折點的一角度。

【0024】 生長的單晶與氧化鋁熔體之間的介面在對應於坩堝的一底表面的中心的一區域可具有一最低高度。

【0025】 在主體生長作業期間在單晶與坩堝的底表面相接觸之後，單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度可在一些範圍內增加。

【0026】 在單晶與坩堝的底表面相接觸之後，晶種被向上拉起，並且拉起晶種的一速度可為每小時 5 毫米或更小。

【0027】 當主體生長作業開始時，單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度可位於 60 度至 120 度的範圍內。

【0028】 當單晶與坩堝的底表面相接觸時，單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度可位於 40 度至 60 度的範圍內。

【0029】 當單晶與坩堝的底表面相接觸時，氧化鋁熔體至單晶的一固化速率可為大於 10%。

【0030】 在單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度減少的一範圍內，單晶與氧化鋁熔體之間的介面的角度可位於 40 度至 120 度的範圍內。

【0031】 單晶與氧化鋁熔體之間的介面定義為以下的一

等式：

$$\text{【0032】 } h_i(t) = \{d_i(t)/2\} \times \{\cot(\alpha_i(t)/2)\}$$

【0033】 在此等式中， $h_i(t)$ 係為浸入於氧化鋁熔體中的單晶的一最低點與一最高點之間的一高度， $d_i(t)$ 係為生長的單晶的一最大直徑，以及 $\alpha_i(t)$ 係為單晶與氧化鋁熔體之間的介面的一內部角。

【有益效果】

【0034】 根據本發明之實施例的一藍寶石單晶的結晶前沿的解釋方法與一藍寶石單晶的生長方法，透過定義一結晶前沿，其中在結晶前沿從一氧化鋁熔體生長藍寶石單晶，並且測量單晶的重量、結晶前沿的角度變化、以及結晶前沿的運動速度，可防止在此藍寶石單晶中形成結晶缺陷。

【0035】 也就是說，使用根據本發明之實施例的方法，透過生長藍寶石單晶，可防止在此藍寶石晶體中形成例如氣泡、低角度塊邊界（LABB）、譜系（lineage）、以及裂紋的結晶缺陷。

【圖式簡單說明】

【0036】 將結合以下的圖式詳細描述本發明的佈置和實施例，圖式中相同的標號表示類似元件，並且其中：

第 1 圖，係為根據本發明的一實施例的藍寶石單晶製造設備之視圖；

第 2 圖至第 6 圖係為藍寶石單晶生長過程的視圖；

第 7 圖係為在一肩部及一主體的生長期間，一結晶前沿的一頂點的運動速度、其內部角的變化、以及一單晶的直徑關於相距單晶晶錠之肩部的曲線圖；

第 8 圖係為用於說明結晶前沿的一藍寶石單晶的結晶前沿的解釋方法之視圖；以及

第 9A 圖至第 9D 圖係為在不同條件下生長且在中心切割的單晶晶錠的樣品之照片，圖式表示出宏觀檢查和極化測試、結晶前沿、以及它們的內部角。

【實施方式】

【0037】 在下文中，將參照附圖以最佳方式詳細地描述本發明的實施例，以更好地了解本發明之實施例。但是，各種修改的實施例是可能的，並且這些實施例的技術思想不構成對於這些實施例的限制。本揭露的實施例用以提供給本領域的技術人員以解釋本發明。

【0038】 應理解的是，當一元件被稱為形成於另一元件「上」或「下」時，它可以直接形成於此另一元件「上」或「下」或間接地在它們之間形成有中間元件。此外，當一元件被稱為形成於「上或下」時，此用語包含上和下兩個方位。

【0039】 在附圖中，每一層的厚度或尺寸可被誇大、省略、或示意性地示出以方便描述和表述清楚。另外，各構成

元件的尺寸或面積不完全反映其實際尺寸。

【0040】 『第 1 圖』係為根據本發明一實施例之一藍寶石單晶製造設備之示意圖。可對其應用一凱氏長晶法（KY 法）法，但本發明並不限定於此。

【0041】 根據本實施例的藍寶石單晶生長設備 100 可透過將固體氧化鋁熔融成液態氧化鋁且重結晶氧化鋁而形成一藍寶石單晶。藍寶石單晶生長設備 100 包含一腔室 10、設置於腔室 10 中且容納一氧化鋁熔體 40 的一坩堝 30、以及安裝於坩堝 30 的外部以加熱坩堝 30 的一加熱器 80。

【0042】 腔室 10 提供了一空間，在其中執行用於從氧化鋁熔體 40 生長一藍寶石單晶的晶錠的預定處理。坩堝 30 設置在腔室 10 中，以便容納氧化鋁熔體 40 且可由鎢（W）或鉬（Mo）形成。然而，本發明並不限定於此。

【0043】 此外，根據本實施例，一幅射熱絕緣體可佈置於腔室 10 中，以防止由加熱器 80 產生的熱量洩漏。熱絕緣體可包含設置在坩堝 30 的頂部的頂部熱絕緣體 92，設置在坩堝 30 之側面的側面熱絕緣體 94，以及設置在坩堝 30 的底部的底部熱絕緣體 96。然而，本發明並不限定於此。

【0044】 這些熱絕緣體可由適合的材料形成為所需的形狀，以使得熱被均勻地分佈於坩堝 30 中且其能量損耗最小化。

【0045】 具有各種形狀且容納於坩堝 30 中的高純度氧化

鋁原料可透過加熱器 80 被熔化，以形成氧化鋁熔體 M。加熱器 80 可從設置在加熱器 80 一頂部的一電流供給桿 70 接收電流。

【0046】 一支撐件 20 設置於坩堝 30 的底部的中心，以支撐坩堝 30。氧化鋁熔體 40 透過設置於坩堝 30 之頂部的晶種連接單元 62 被部分固化，用以生長藍寶石單晶 50，即，一藍寶石晶錠。

【0047】 加熱器 80 可包含複數個加熱器單元，這些加熱器單元環繞坩堝 30 的側面及底表面且排列為一 U 形形狀。

【0048】 也就是說，加熱器 80 可包含在坩堝 30 的側面及底表面圍繞坩堝 30 的複數個 U 形的加熱器單元。或者，每一加熱器單元可根據它們的位置被劃分成一第一加熱器 82、一第二加熱器 84、以及一第三加熱器 86，這將在後面描述。

【0049】 第一加熱器 82 可設置於坩堝 30 的一頂部的一邊緣，即，頂側部分，第二加熱器 84 可設置於坩堝 30 的一底部的一邊緣，即，底側部分，並且第三加熱器 86 可設置於坩堝 30 的一底表面，即，底部表面。

【0050】 第一加熱器 82、第二加熱器 84、以及第三加熱器 86 可形成為一體或獨立形成。這種情況下，這些加熱器可在如上所述的位置定位於坩堝 30 中。

【0051】 電流供給桿 70 可向加熱器 80 提供電流。加熱器

80 可由在高溫下具有高導熱性與優良阻抗的一材料，例如，鎢（W）及石墨形成。

【0052】 在下文中，將描述根據本發明的一實施例的使用上述藍寶石單晶生長設備的藍寶石單晶生長的解釋方法。

【0053】 在 KY 法或 CZ 法中，當一單晶（晶錠）不旋轉或在一非常低的速度下旋轉時，該單晶被拉起。因此，氧化鋁熔體與此單晶之間的介面可改變，以使得此介面由於自然對流而具有一圓錐形狀。本實施例提供了一種藍寶石單晶的生長方法，透過預測氧化鋁熔體與單晶之間的介面以及介面的變化以防止在單晶中形成結晶缺陷。

【0054】 首先，在坩堝 30 中製備氧化鋁熔體。具有各種形狀的固體氧化鋁可添加至坩堝 30，並且坩堝 30 被加熱到大於氧化鋁的熔點，也就是說，大約 2030°C 或更高的一溫度，以製備氧化鋁熔體。熔化過程與單晶生長過程在腔室中進行。這些處理可透過將腔室的內部壓力減少至 10^{-6} 托或更小，或在大氣壓下使用氬氣等惰性氣體環境中，在一高真空條件下進行。

【0055】 然後，晶種與氧化鋁熔體相接觸並浸入於氧化鋁熔體中以生長單晶。當氧化鋁熔體的固化在坩堝中完成之後，藍寶石可視為一晶錠。

【0056】 根據本發明的本實施例的藍寶石單晶之結晶前

沿的解釋方法，測量氧化鋁熔體以及由此固化及生長的單晶晶錠的重量；計算氧化鋁熔體與單晶之間的結晶前沿的一轉折點的一內部角，以及轉折點的運動速度；以及然後測量完成生長的藍寶石單晶的晶錠的直徑及晶體缺陷。然後，確定防止在藍寶石單晶中形成結晶缺陷的轉折點的內部角以及轉折點的運動速度，並且可確定隨時間的固化速率和生長速率的範圍。因此，可提供沒有結晶缺陷的一藍寶石單晶的生長方法。

【0057】 『第 2 圖』至『第 6 圖』係為一藍寶石單晶生長過程之視圖。在下文中，將結合『第 2 圖』至『第 6 圖』描述藍寶石單晶的生長過程。

【0058】 請參閱『第 2 圖』，坩堝 30 填充有氧化鋁熔體 40，與晶種連接單元 62 相連接的一晶種 62a 與氧化鋁熔體 40 相接觸且浸入於氧化鋁熔體 40 中。

【0059】 如『第 3 圖』所示，當晶種 62a 浸入於高溫的氧化鋁熔體 40 中時，晶種 62a 可部分地熔化。同時，氧化鋁熔體 40 部分地固化以連續地形成相比較於晶種 62a 更厚的調質 (season)，從而生長出一頸部 50a。

【0060】 如上所述頸部 50a 的形成過程可稱為一調質過程。在調質過程期間，隨著氧化鋁熔體 40 的一部分透過晶種固化，單晶的直徑可增加。這裡，當晶種 62a 被拉起，可形

成調質。在『第 3 圖』的右圖中，a、b、c、以及 d 表示當拉起時，頸部 50a 的相繼的形狀。

【0061】 在這一方面，生長的單晶，特別地，頸部 50a 與氧化鋁熔體 40 之間的介面在對應於坩堝 30 的底表面中心的區域可具有一轉折點（或頂點）。頸部 50a 在對應於坩堝 30 的底表面中心的區域可具有一最小的高度，並且轉折點可設置在頸部 50a 的最低區域。在『第 3 圖』中，頸部 50a 的介面的轉折點的一內部角表示為 $\alpha 1$ 。內部角 $\alpha 1$ 通常，但並非總是如此，在頸部 50a 的生長期間增加。

【0062】 『第 4 圖』表示出一肩部生長過程。

【0063】 由於氧化鋁熔體在關於『第 1 圖』的坩堝之中心具有該最低溫度，因此單晶在垂直方向上可以穩定地生長。

【0064】 在肩部的生長過程中，氧化鋁熔體 40 被固化，以從頸部 50a 的底部不斷地生長單晶。一肩部 50b 在徑向與垂直方向上生長，以使得單晶的直徑增加且單晶在浸入於氧化鋁熔體 40 中的狀態下生長。肩部 50b 可增長到坩堝 30 的直徑。然而，當肩部 50b 的與坩堝的內壁相接觸時，肩部 50b 黏附至此內壁上，在一晶體生長過程中產生物理應力且在一冷卻過程中產生熱應力，導致裂紋。因此，肩部 50b 可通常根據 KY 方法生長至具有直徑高達坩堝直徑的 75% 至 90% 的一直徑，並且根據 CZ 方法具有生長至坩堝的直徑的 50% 至

70% 的一直徑。

【0065】 在這方面，生長的單晶，特別是肩部 50b，與氧化鋁熔體 40 之間的介面在對應於坩堝 30 的底表面中心的一區域可具有一轉折點。轉換點為肩部 50b 與熔化的氧化鋁相接觸的一圓錐形狀的頂點。

【0066】 肩部 50b 在對應於坩堝 30 的底表面中心的一區域可具有一最小高度，並且此轉折點可設置在肩部 50b 的最低區域。在『第 4 圖』中，肩部 50b 之介面的轉折點的一內部角表示為 α_2 。內部角 α_2 通常，但並非總是如此，在肩部 50b 的生長過程中增加。

【0067】 此介面也稱為一結晶前沿。結晶前沿可為氧化鋁熔體 40 與係為凝固單晶的一部分的頸部 50a、肩部 50b、一本體 50c 之間的一介面。

【0068】 『第 5 圖』及『第 6 圖』表示出一本體生長過程。

【0069】 在本體生長過程中，氧化鋁融體 40 被固化以不斷從肩部 50b 的底部生長單晶。一本體 50c 可在垂直方向上生長。然而，在一般情況下，本體 50c 的單晶生長在垂直於結晶前沿的方向上生長。

【0070】 如『第 5 圖』所示。生長的單晶，特別地，本體 50c 與氧化鋁熔體 40 之間的介面向坩堝 30 下部移動以與坩堝 30 的底表面相接觸。

【0071】 在『第 5 圖』中，生長的單晶，特別是，本體 50c 與氧化鋁熔體 40 之間的介面，在對應於坩堝 30 的底表面中心的一區域，即此介面與坩堝 30 彼此相接觸的區域可具有一轉折點。本體 50c 在對應於坩堝 30 的底表面中心的一區域可具有一最小高度，並且此轉折點可設置於本體 50c 與坩堝 30 之間的接觸區域。在『第 5 圖』中，本體 50c 之介面的轉折點的一內部角表示為 α_3 。內部角 α_3 通常，但並非總是如此，在本體 50c 的生長過程中增加。

【0072】 當本體 50c 的最低點與坩堝 30 的底表面相接觸時，在晶種連接單元 62 向上拉起時，本體 50c 的生長過程可連續地進行。『第 6 圖』表示出完成生長的一單晶 50。

【0073】 在上述的過程中，單晶的一部分與氧化鋁熔體之間的介面的角度，即，結晶前沿或轉折點的角度，可在頸部生長過程或肩部生長過程中增加或減少，並且在啓動主體生長過程之後可逐漸地增加。在主體與坩堝的底表面相接觸之後，介面的角度也可恆定地保持一預定的時間，並且然後可增加。

【0074】 在單晶的生長過程中，用肉眼難以將頸部、肩部、以及本體生長過程彼此區分開，並且頸部、肩部、以及本體生長過程透過測量生長的單晶之重量彼此區分開。儘管圖未示，單晶的重量可使用連接至晶種或晶種連接單元的一

稱重感測器（圖未示）進行測量。在這方面，生長單晶的質量可考慮由氧化鋁熔體產生的浮力獲得。此外，結晶前沿的線速度可使用生長的單晶的直徑及密度計算。

【0075】 然後，100%固化的單晶 50 從坩堝 30 分離且單晶晶錠生長過程透過逐漸減小腔室的內部溫度完成。不同於該 CZ 法，根據 KY 法，生長的藍寶石單晶在坩堝內冷卻。因此，一獨立的退火處理是不必要的。

【0076】 然後，測量從坩堝 30 分離的藍寶石單晶（晶錠）的直徑，並且檢測例如氣泡、低角度塊邊界（LABB）、譜系、以及裂紋的缺陷。熔體中的雜質在一高溫的氣體狀態下可溶解在該熔體中，或者氧化鋁熔體（ Al_2O_3 ）可在一提升的溫度下熱分解成鋁和氧。這些溶解的元素透過自然對流移動至靠近於結晶前沿，並且由於溶解度差別圍繞結晶前沿被氣化，從而形成了這樣的缺陷。

【0077】 『第 7 圖』係為在一肩部及一主體的生長期間，一結晶前沿的一頂點的運動速度、其內部角的變化、以及一單晶的直徑關於關於相距單晶晶錠之肩部的曲線圖。

【0078】 在結晶前沿的頂點的運動速度不能夠穩定地保持的一範圍內，由於凝固和氣化的潛熱，可在藍寶石單晶的結晶前沿形成晶體缺陷，例如氣泡、低角度塊邊界（LABB）、以及譜系。

【0079】 透過重複上述過程複數次，獲得防止形成晶體缺陷的藍寶石單晶的最優化重量、結晶前沿的角度、以及頂點的運動速度且作為標準。因此，藍寶石單晶可以穩定地生長。

【0080】 『第 8 圖』係為用於說明一藍寶石單晶的一結晶前沿的解釋方法之視圖。單晶與氧化鋁熔體之間的關係由下面的等式（1）可以解釋。

等式 1

$$h_i(t) = \{d_i(t)/2\} \times \{\cot(\alpha_i(t)/2)\}$$

【0081】 在等式 1 中， $h_i(t)$ 係為浸入於熔體中的藍寶石單晶的生長高度， $d_i(t)$ 係為單晶的生長直徑，以及 $\alpha_i(t)$ 係為單晶與氧化鋁熔體之間的介面的一內部角。這裡， i 係為第 i 個值。

【0082】 另外，單晶的長度與單晶的重量之間的關係由下面的等式（2）解釋。

等式（2）

$$h_i(t) = A(W_i - W_0) - B(P_0 - P_i)$$

【0083】 在等式（2）中， A 及 B 係為透過實驗得到的比例常數，並且 P 係為在單晶的生長期間，晶種連接單元 62 的向上運動的距離。

【0084】 單晶 50 的生長期間，單晶 50 與氧化鋁熔體 40 之間的介面是不可見的。在成長過程完成之後，可測量單晶晶錠的直徑。

【0085】 根據在單晶的生長完成之後單晶 50 的直徑，在

單晶 50 的生長期間測量的單晶 50 的重量、以及容納氧化鋁熔體的坩堝的重量、單晶 50 的轉折點（或頂點）的位置以及結晶前沿的內部角可使用等式 1 及 2 估計。可計算出結晶前沿的運動速度。

【0086】 『第 9A 圖』至『第 9D 圖』係為在不同條件下生長的藍寶石單晶的樣品之照片。單晶的頸部、肩部、以及本體之每一個的結晶前沿的內部角、當轉折點與坩堝的底表面相接觸時的固化速率、透過宏觀檢查與極化測試偵測的氣泡及低角度塊邊界（LABB）根據上述方法計算且在『第 9A 圖』至『第 9D 圖』中示意性地示出。

【0087】 低角度塊邊界（LABB）是在生長的單晶的表面標記的結晶缺陷的一種，低角度塊邊界（LABB）是在垂直於單晶中的結晶前沿的一方向上形成的一面缺陷，並且也被稱為晶粒邊界或一塊標誌。譜系係為在平行於結晶前沿的一方向上形成的一面缺陷。這些缺陷在單晶的表面上的縱向上可出現為條紋圖案。『第 9A 圖』及『第 9B 圖』表示出極化測試結果。

【0088】 『第 9A 圖』至『第 9D 圖』中所示的藍寶石單晶的實例係為在中心向下透過切割準備的，根據實例 1 至 4，在不同的設備和不同生長條件下生長的藍寶石單晶而準備的板狀實例。結晶前沿的轉折點的角度與轉折點的運動速度可

透過控制藍寶石單晶的生長速度、向上拉起藍寶石單晶的速度、供給至一加熱元件的功率、以及圍繞坩堝排列的一熱區的結構而調整。

【0089】表 1 表示出『第 9A 圖』至『第 9D 圖』中所示的結晶前沿的角度、固化速率、以及晶體缺陷。

表 1

	結晶前沿的角度 (度)			當接觸坩堝底部時		形成晶體缺陷的重量(千克)	原料重量(千克)
	頸部	肩部	本體	固化速率 (%)	時間 (小時)		
實例 1	60	50	36	8	122	頸部至 1.2 千克	85
實例 2	60	51	41	10	84	0~0.7 千克	75
實例 3	60	105	54	20	41	沒有	27
實例 4	135	100	47	23	81	沒有	82

【0090】根據實例 1 至 4，當單晶 50 的本體與坩堝 30 的底表面相接觸時（實例 1 及 2），在結晶前沿形成的晶體缺陷具有 41 度或更小的一角度。

【0091】然而，當藍寶石單晶 50 的主體與坩堝 30 的底表面相接觸時，如果結晶前沿具有 47 度及 54 度的一角度（實例 3 及 4），則不形成晶體缺陷。

【0092】當藍寶石單晶 50 不斷增長時，結晶前沿的角度可改變。然而，根據包含『第 9A 圖』至『第 9D 圖』中所示情況的實驗，當結晶前沿與坩堝 30 的底表面相接觸時如果結

晶前沿具有 40 度至 60 度的一角度，可產生具有優良特性而不具有結晶缺陷的藍寶石單晶（晶錠）。

【0093】 此外，在與坩堝 30 的底表面相接觸時，當從氧化鋁熔體至單晶的固化速率為 10% 或者更低時，形成低角度塊邊界（LABB）。此外，在肩部的生長期間，當結晶前沿的角度位於 60 度至 120 度的範圍內時不形成低角度塊邊界（LABB）。

【0094】 根據如上所述的解釋方法，可確定在從一氧化鋁生長單晶期間用於防止在單晶中形成缺陷的條件，例如單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度、界面的運動速度、以及在與坩堝相接觸的時間的固化速率。

【0095】 此外，從肩部的成長過程直到單晶的最低點與坩堝的底表面相接觸，也就是說，在單晶與氧化鋁熔體之間的一界面的角度減少的範圍內，當單晶與氧化鋁熔體之間的界面的最低點的運動速度保持恆定時，在單晶中的晶體缺陷可減少。換句話而言，晶種線纜在上述範圍內在一速率可被提起。

【0096】 此外，在單晶與坩堝的底表面相接觸之後在本體生長的過程期間，透過提升坩堝線纜單晶可以恆定的速度被拉起。

【0097】 在這方面，當提升晶種線纜的速度為每小時 5mm

或更小時，可最小化晶體缺陷的形成。

【0098】 不具有晶體缺陷的藍寶石單晶的生長條件根據藍寶石單晶的解釋方法確定。然後，在所確定的條件下生長藍寶石單晶。

【0099】 在下文中，將描述根據本發明一實施例的藍寶石單晶的生長方法。

【0100】 準備包含有氧化鋁熔體的坩堝。

【0101】 接著，一晶種與一氧化鋁熔體相接觸並浸入在氧化鋁熔體中以生長一單晶的頸部。在這方面，當頸部以每小時 500 克或更低的速率生長時，晶體缺陷可最小化。

【0102】 然後，從頸部生長單晶的肩部。在這方面，肩部與本體以固化速率為 8% 至 10% 作為參考而彼此區分開。

【0103】 然後，從肩部生長一本體。在這方面，在肩部與本體生長過程中，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度可減少。也就是說，從肩部的成長過程直到單晶與坩堝的底表面相接觸，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度可減少。

【0104】 特別地，當開始本體生長過程時，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度可在 60 度至 120 度的範圍內。此外，當單晶與坩堝的底表面相接觸時，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的內部角可位於 40 度至 60 度的範圍內。

【0105】 因此，在單晶與氧化鋁熔體之間的界面之間的角

度減少的範圍內，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度可在 40 度至 120 度的範圍內。

【0106】 此外，在單晶與坩堝的底表面相接觸之後，單晶與氧化鋁熔體之間的界面的角度可例如，在『第 5 圖』中所示的狀態與『第 6 圖』中所示的狀態之間增加。

【0107】 當單晶生長時，如上所述，單晶與氧化鋁熔體之間的界面可由下面的等式 1 定義。

等式 1

$$h_i(t) = \{d_i(t)/2\} \times \{\cot(\alpha_i(t)/2)\}$$

【0108】 單晶與氧化鋁熔體之間的界面在對應於坩堝 30 的底表面中心的區域可具有一轉折點，作為圓錐形狀的頂點。單晶與氧化鋁熔體之間的界面的內部角可為轉折點的一內部角。生長的單晶與氧化鋁熔體之間的界面可在對應於坩堝的底表面中心的區域，與轉折點的位置可相同，具有一最小高度。

【0109】 當單晶與氧化鋁熔體之間的界面的最低點的運動速度保持不變時，從肩部生長過程開始直到單晶的最低點與坩堝的底表面相接觸，也就是說，在其中單晶與氧化鋁熔體之間的界面的內部角減少的範圍內，可減少在單晶中的晶體缺陷。換句話而言，晶種線纜可在上述範圍之內的速率下被拉起。

【0110】 此外，在單晶與坩堝的底表面相接觸之後的本體

生長的過程中，單晶可透過提升線晶種線纜以恆定的速度拉起。

【0111】此外，當單晶與坩堝的底表面相接觸時，氧化鋁熔體的固化速率，可以是 10% 或更高。

【0112】根據上述方法，在從坩堝中容納的氧化鋁熔體生長單晶期間，可防止晶體缺陷例如低角度塊邊界（LABB）和氣泡的形成。

【0113】雖然本發明之實施例以示例性之實施例揭露如上，然而本領域之技術人員應當意識到在不脫離本發明所附之申請專利範圍所揭示之本發明之精神和範圍的情況下，所作之更動與潤飾，均屬本發明之專利保護範圍之內。特別是在本說明書、圖式部份及所附之申請專利範圍中進行構成部份與／或組合方式的不同變化及修改。除了構成部份與／或組合方式的變化及修改外，本領域之技術人員也應當意識到構成部份與／或組合方式的交替使用。

【符號說明】

【0114】

- 1 0 腔室
- 2 0 支撐件
- 3 0 坩堝
- 4 0 氧化鋁熔體

- 5 0 單晶
 - 5 0 a 頸部
 - 5 0 b 肩部
 - 5 0 c 本體
- 6 2 晶種連接單元
 - 6 2 a 晶種
- 7 0 電流供給桿
- 8 0 加熱器
 - 8 2 第一加熱器
 - 8 4 第二加熱器
 - 8 6 第三加熱器
- 9 2 頂部熱絕緣體
- 9 4 側面熱絕緣體
- 9 6 底部熱絕緣體
- 1 0 0 藍寶石單晶生長設備
- $h_i(t)$ 單晶的生長直徑
- $\alpha_i(t)$ 內部角
- $d_i(t)$ 單晶的生長直徑
 - a 形狀
 - b 形狀
 - c 形狀

d 形状

$\alpha 1$ 内部角

$\alpha 2$ 内部角

$\alpha 3$ 内部角

申請專利範圍

1. 一種藍寶石單晶生長的解釋方法，包含：

準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；

透過將一晶種與該氧化鋁熔體相接觸且將該晶種浸入至該氧化鋁熔體中，生長一單晶；

計算該單晶與該氧化鋁熔體之間的一介面的一角度與一運動速度的至少一個；

測量在生長的藍寶石單晶中形成的缺陷；以及

透過重複該坩堝準備作業、該單晶生長作業、計算該介面的該角度及該運動速度的至少一個的該作業、以及該缺陷測量作業，計算沒有形成缺陷的該單晶與該氧化鋁熔體之間的一介面的一角度及一運動速度的至少一個。

2. 如請求項 1 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該單晶的該生長包含：

從該晶種生長該單晶的一頸部；

從該頸部生長該單晶的一肩部；以及

從該肩部生長該單晶的一主體，

其中生長的該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面在對應於該坩堝的一底表面的該中心的一區域具有一最低高度。

3. 如請求項 2 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該頸部生長作業與該肩部生長作業透過測量該單晶的重量彼此相區別。

4. 如請求項 3 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中

該單晶的該重量透過與該晶種相連接的一感測器測量；以及

當 8% 至 10% 的該氧化鋁熔體固化為該單晶時，完成該肩部的該生長。

5. 如請求項 1 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中生長的該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面在對應於該坩堝的一底表面的該中心的一區域具有一轉折點。

6. 如請求項 1 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該單晶與該氧化鋁熔體之間的該角度隨著該單晶在一些範圍內生長而減少。

7. 如請求項 1 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該藍寶石單晶的該等缺陷包含由氣泡、低角度塊邊界 (LABB)、以及譜系 (lineage) 組成的該組中選擇的至少一個缺陷。

8. 如請求項 7 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該等氣泡形成於該單晶的該肩部及該主體中。

9. 如請求項 7 所述的藍寶石單晶生長的解釋方法，其中該等低角度塊邊界 (LABB) 在該單晶的該表面上的一縱向上形成為條帶圖案。

10. 一種藍寶石單晶的生長方法，包含：

準備填充有一氧化鋁熔體的一坩堝；

透過將一晶種與該氧化鋁熔體相接觸且將該晶種浸入至該氧化鋁熔體中，生長一單晶的一頸部；

從該頸部生長該單晶的一肩部；以及

從該肩部生長該單晶的一主體，

其中在該肩部生長作業與該主體生長作業期間，該單晶與該氧化鋁熔體之間的一介面的一角度在一些範圍內減少。

11. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面在對應於該坩堝的一底表面的該中心的一區域具有一轉折點，

其中該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度係為該轉折點的一角度。

12. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中生長的該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面在對應於該坩堝的一底表面的該中心的一區域具有一最低高度。

13. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中在該主體生長作業期間在該單晶與該坩堝的該底表面相接觸之後，該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度在一些範圍內增加。

14. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中在該單晶與該坩堝的該底表面相接觸之後，該晶種被向上拉起，並且拉起該晶種的一速度為每小時 5 毫米或更小。

15. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中當該主體生長作業開始時，該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度位於 60 度至 120 度的範圍內。

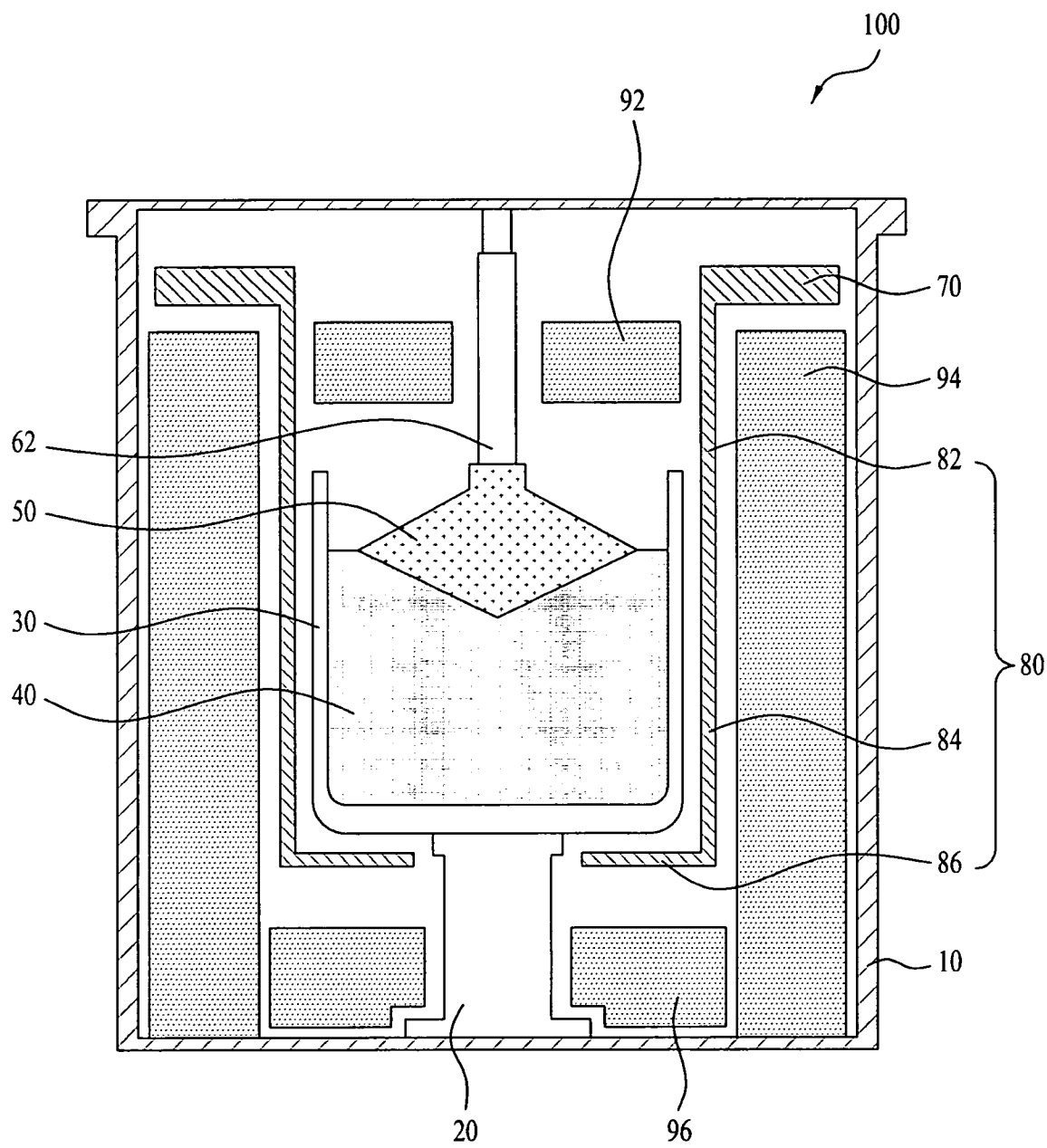
16. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中當該單晶與該坩堝的該底表面相接觸時，該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度位於 40 度至 60 度的範圍內。

17. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中當該單晶與該坩堝的該底表面相接觸時，該氧化鋁熔體至該單晶的一固化速率為大於 10%。
18. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中，在該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度減少的一範圍內，該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的該角度位於 40 度至 120 度的範圍內。
19. 如請求項 10 所述的藍寶石單晶的生長方法，其中該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面定義為以下的一等式：

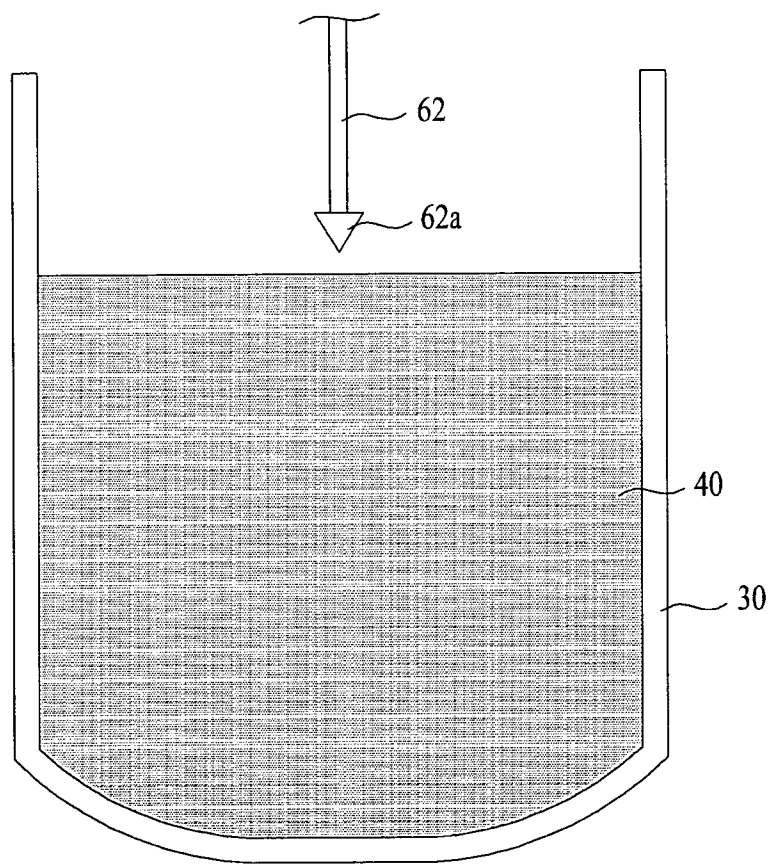
$$h_i(t) = \{d_i(t)/2\} \times \{\cot(\alpha_i(t)/2)\}$$

其中， $h_i(t)$ 係為浸入於該氧化鋁熔體中的該單晶的一最低點與一最高點之間的一高度， $d_i(t)$ 係為生長的該單晶的一最大直徑，以及 $\alpha_i(t)$ 係為該單晶與該氧化鋁熔體之間的該介面的一內部角。

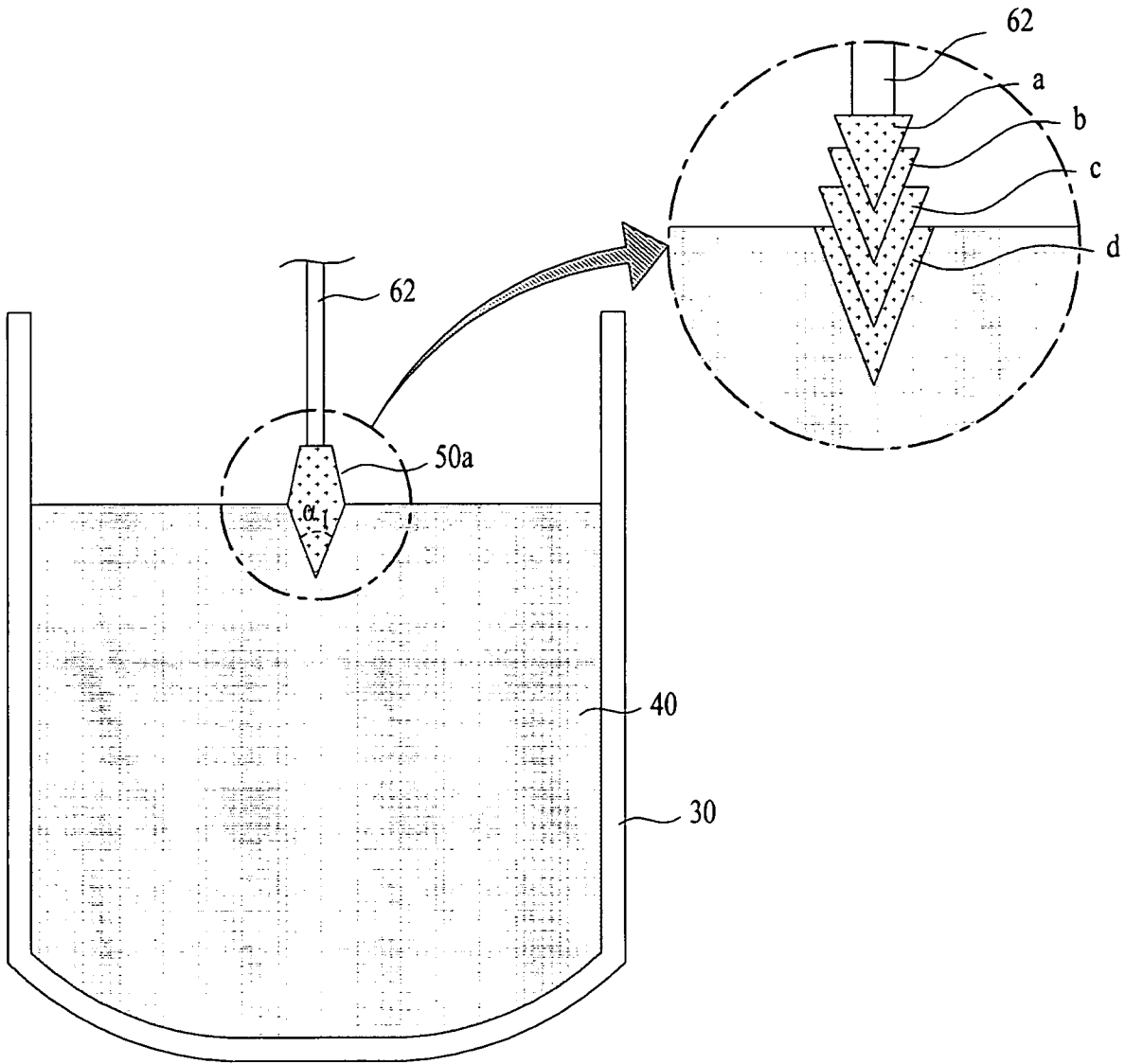
圖式



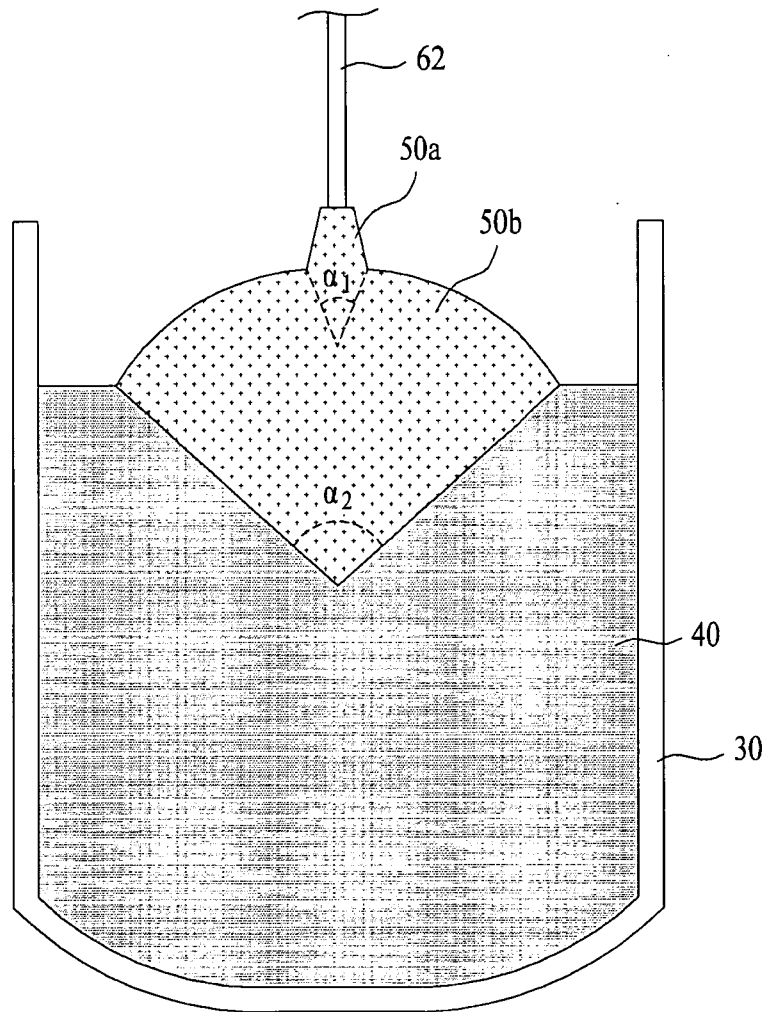
第 1 圖



第 2 圖

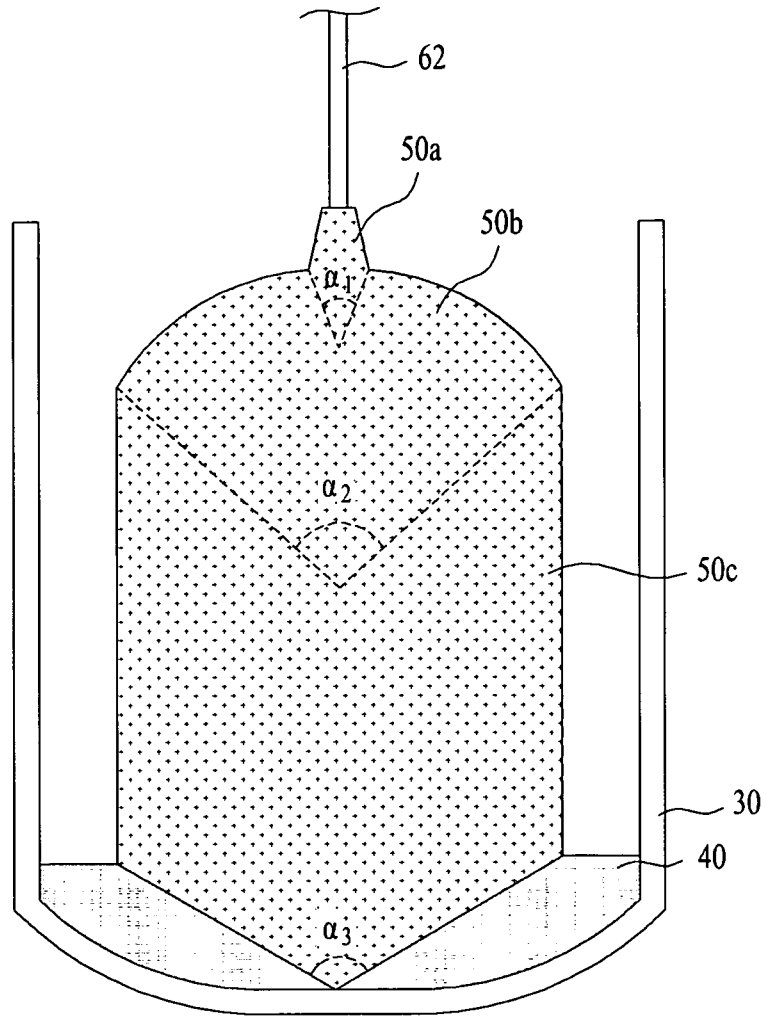


第 3 圖

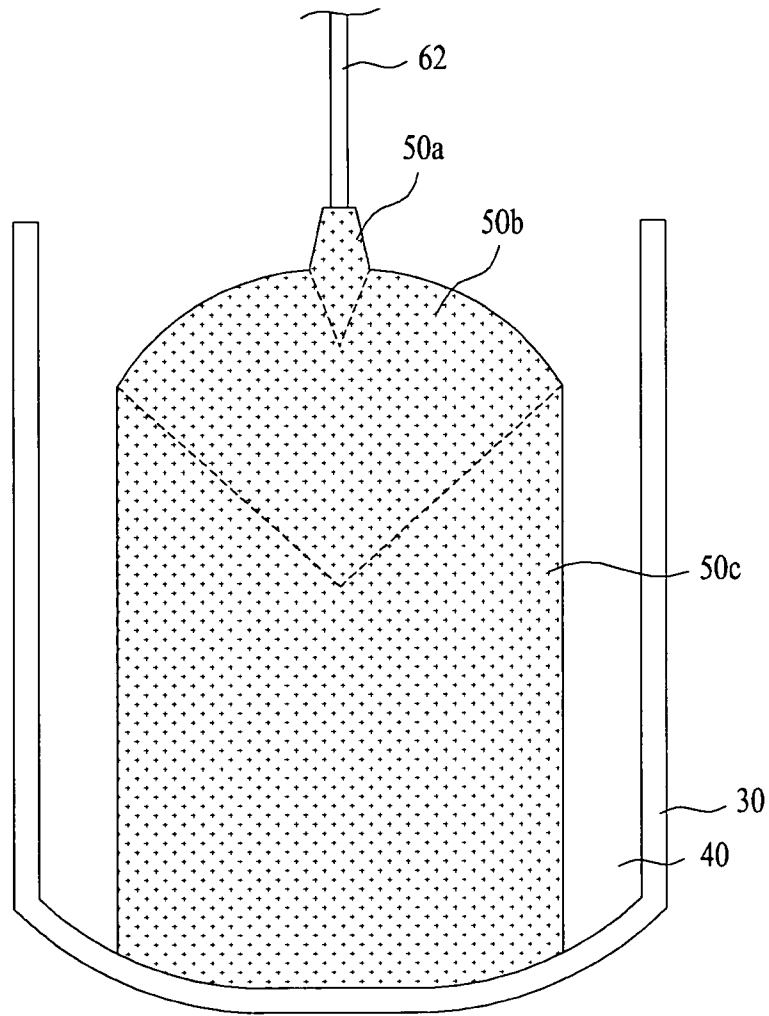


第 4 圖

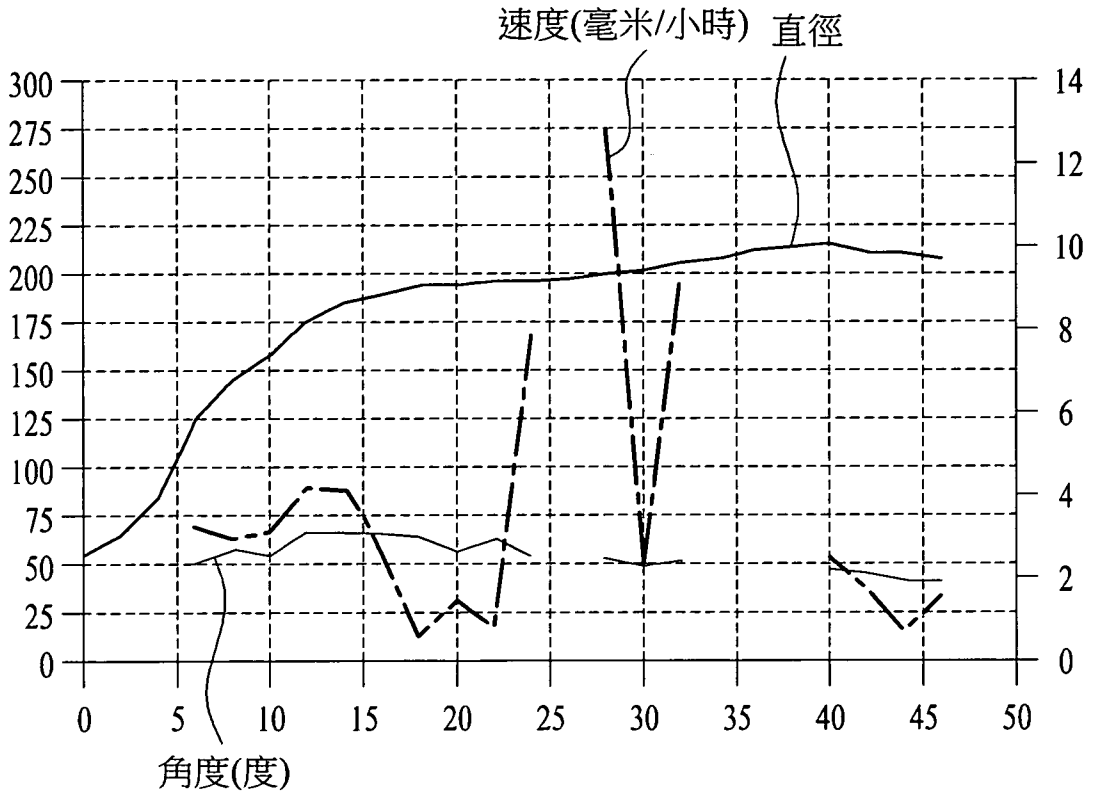




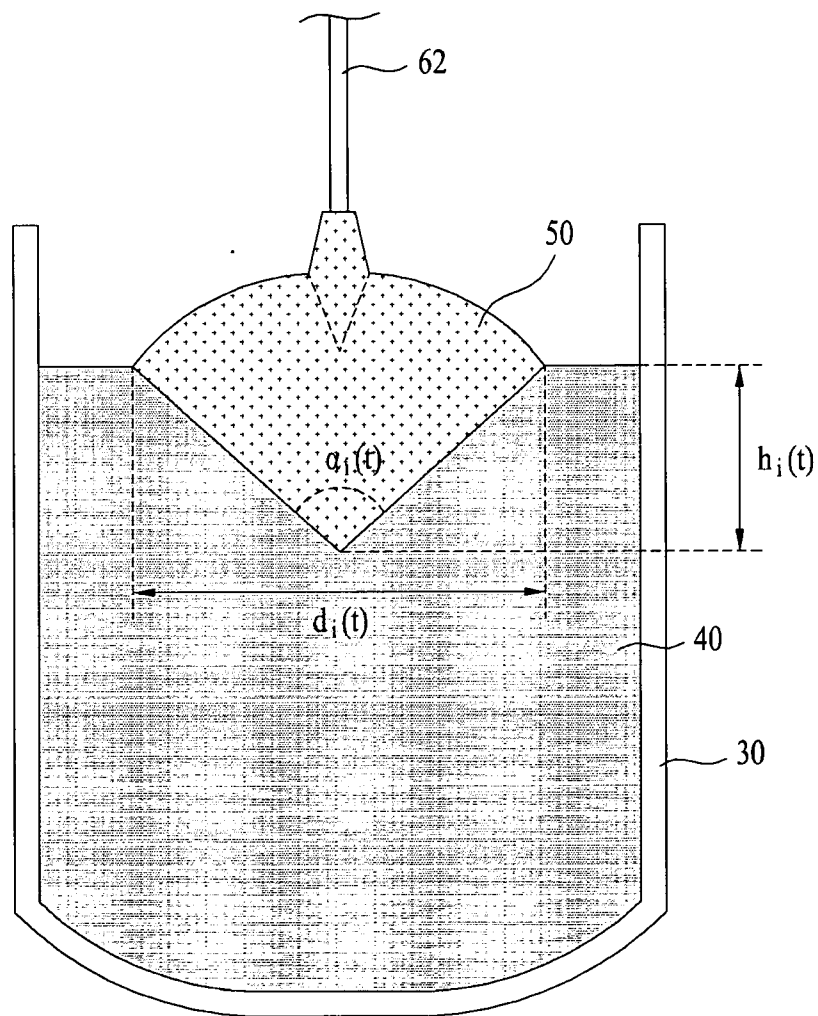
第 5 圖



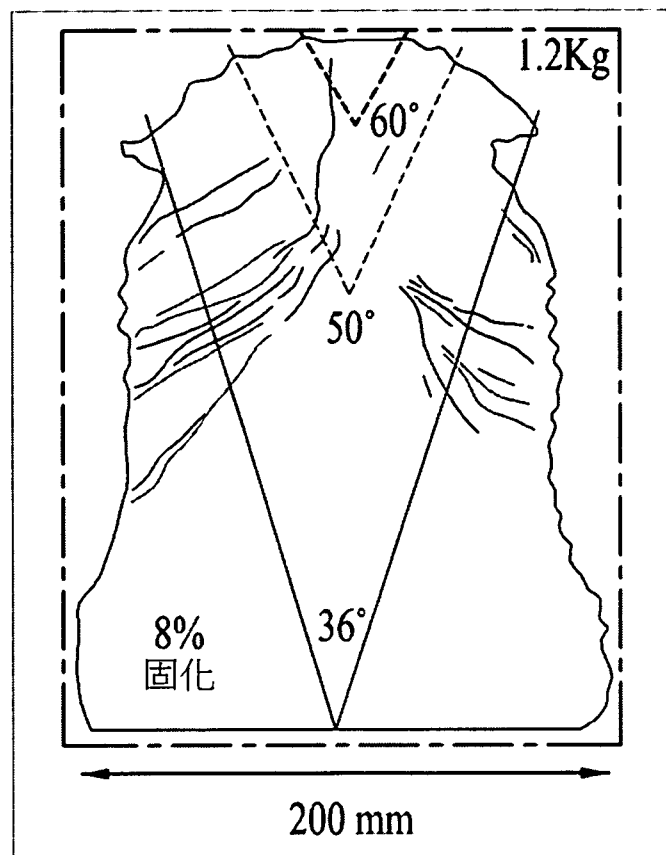
第 6 圖



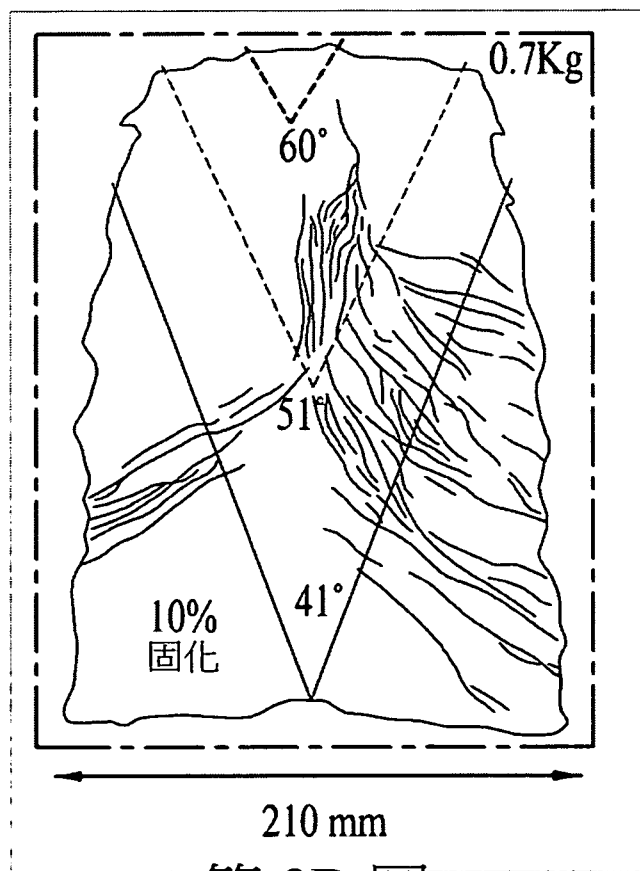
第 7 圖



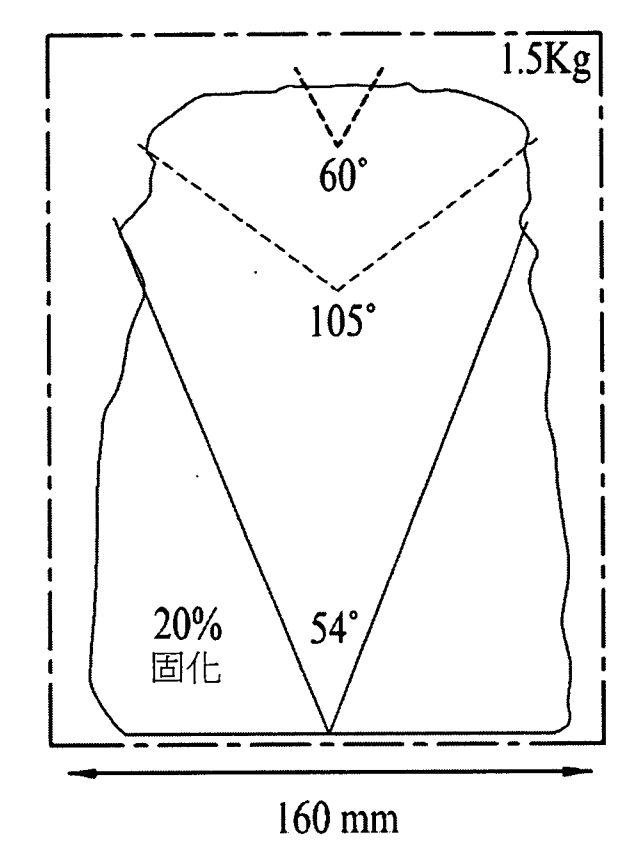
第 8 圖



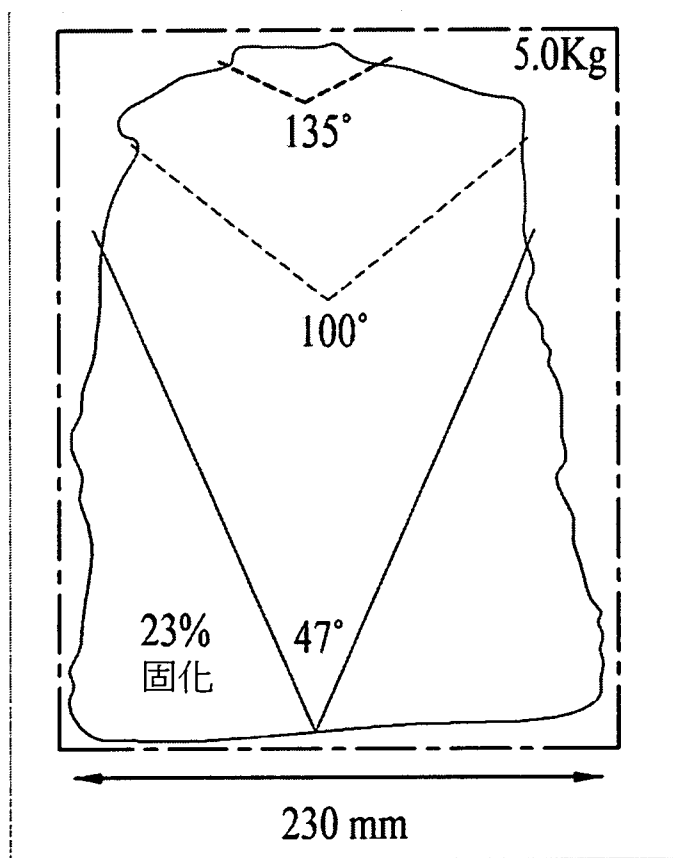
第 9A 圖



第 9B 圖



第 9C 圖



第 9D 圖