200930848

發明專利說明書

（本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※ 申請案號：97145280

※ 申請日期：97.11.21　　※IPC 分類：C30B 29/20、(2006.01)
15/34 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

R平面藍寶石之製法及裝置

R-PLANE SAPPHIRE METHOD AND APPARATUS

二、申 請 人：（共 1 人）

姓名或名稱：（中文/英文）

美商聖高拜陶器塑膠公司

SAINT-GOBAIN CERAMICS & PLASTICS, INC.

代表人：（中文/英文）

湯馬士 G 菲爾德

FIELD, THOMAS G.

住居所或營業所地址：（中文/英文）

美國麻州渥塞斯特市紐包德街1號

1 NEW BOND STREET WORCESTER, MASSACHUSETTS 01615, U. S. A.

國　籍：（中文/英文）

美國　U.S.A.

三、發明人：（共 6 人）

姓　名：（中文/英文）

1. 格福德　L　麥克三世
   MACK, GUILFORD L. III
2. 克里斯多夫　D　瓊斯
   JONES, CHRISTOPHER D.
3. 費利　潘迪
   PRANADI, FERY
4. 約翰　W　羅奇
   LOCHER, JOHN W.
5. 史帝夫　A　奇拉
   ZANELLA, STEVEN A.
6. 赫伯特　E　貝茲
   BATES, HERBERT E.

國　籍：（中文/英文）

1. 美國　U.S.A.
2. 加拿大　CANADA
3. 印尼　INDONESIA
4. 美國　U.S.A.
5. 美國　U.S.A.
6. 美國　U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為：　年　月　日。

☑ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號　順序註記】

☑ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007年11月21日；60/989,756

2. 美國；2008年11月20日；12/274,593

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號　順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料　【格式請依：寄存機構、日期、號碼　順序註記】

國外生物材料　【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼　順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於陶瓷及其製作方法，且特定而言係關於r平面單晶藍寶石及製作r平面單晶藍寶石之方法。

【先前技術】

單晶藍寶石或α氧化鋁，係一具有使其在用於諸多領域中具有吸引力之特性之陶瓷材料。例如，單晶藍寶石硬、透明且耐熱，此使其可用於例如光學、電子、裝甲及晶體生長應用中。由於單晶藍寶石之結晶結構，藍寶石片可以各種平面定向形成，包含C平面、m平面、r平面及a平面。不同平面定向可產生為不同用途提供之不同特性。例如，r平面晶圓可用於半導體製作中且可尤其用於藍寶石上矽(SOS)產品之製作中。例如，參見名稱為"製造於超薄藍寶石上矽晶圓上之最小電荷FET(Minimum charge FET fabricated on an ultrathin silicon on sapphire wafer)"之第5,416,043號美國專利。

已知用於製作單晶藍寶石之若干技術包含凱氏長晶法(Kyropolos)、柴氏拉晶法(Czochralski)、水平區熔法(Horizontal Bridgman)、Verneuile技術、熱交換及定形晶體生長技術，例如，定邊膜餵方法。

【發明內容】

在某些情況中，本申請案之標的物可涉及相互關聯產品、一特定問題之替代解決方案及/或一單個系統或物件之複數個不同用途。

在一個態樣中，提供一r平面單晶藍寶石晶圓，該晶圓具有一大於或等於200 mm之直徑。

在另一態樣中，提供一單晶藍寶石帶，該帶具有實質上r平面定向及一大於或等於150 mm之寬度且未展示可偵測之線條。

在另一態樣中，提供一種形成一r平面單晶藍寶石帶之擴展之方法，該方法包括：以一r平面定向播種一晶體熔化物，牽拉該晶種以形成該擴展，及在擴展自0.5英吋之寬度增加至全寬度時間段期間藉由將任一1英吋牽拉長度增量期間之重量增加速率限定為小於先前1英吋牽拉長度增量之重量增加速率二倍來控制晶體重量增加。

在另一態樣中，提供一種形成一r平面單晶藍寶石帶之擴展之方法，其中y係重量增加速率、x係晶體之牽拉長度且a及b係常數。該方法包括將晶體自一0.5英吋之牽拉長度牽拉至全擴展寬度，其中在此時間段期間之重量增加速率擬合方程式$y=ax^b$，且在此範圍中之r^2值為至少0.95。

在另一態樣中，提供一種用於製作單晶藍寶石之設備，該設備包括一熔化物源，一與該熔化物源流體連通之模具，該模具處在一第一主動熱區域中，一安裝於該模具上方之絕熱煙囪，該煙囪界定一開放頂部且包含一第二可獨立控制熱區域，及一安裝於該煙囪之頂部上之絕熱門，其中該門圍封該開放頂部之面積之至少50%且經構造及配置以在透過該開放頂部向上牽拉一藍寶石帶時打開。

在另一態樣中，提供一種製作一無線條r平面藍寶石帶

之方法，該方法包括用一具有一大致平行於一模具開口之一縱向軸且平行於晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器，在該模具上方在一熔化物界面處結晶單晶藍寶石及以一其中該晶體之重量增加速率小於最大重量增加速率之80%之速率形成一擴展。

在另一態樣中，提供一種形成r平面單晶藍寶石之方法，該方法包括用一具有一大致平行於該模具開口之縱向軸及晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器，在該模具上方結晶單晶藍寶石，該單晶藍寶石展示一大致垂直於該藍寶石之主表面之r軸定向，使該單晶藍寶石通過一展示一小於約65℃/in之第一熱梯度之第一區，且隨後使該藍寶石通過一展示一小於約16℃/in之第二熱梯度之第二區，其中該第一區在模具尖端之半英吋內且具有一小於約3英吋之長度而該第二區毗鄰該第一區。

在另一態樣中，提供一種製作一單晶r平面藍寶石帶之方法，該方法包括用一具有一大致平行於模具開口之縱向軸及晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器，在自0.5英吋擴展至全寬度期間藉由將重量增加速率控制在小於最大重量增加速率之80%來增加該帶之寬度，及將該帶之一部分自一模具尖端牽拉至一高於該模具尖端之1英吋之高度，同時使該帶之該部分經受一小於30攝氏度之溫度降低。

在另一態樣中，提供一種製作一單晶r平面藍寶石帶之方法，該方法包括用一具有一大致平行於模具開口之縱向

軸及晶體生長方面之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器，在自0.5英吋擴展至全寬度期間藉由將重量增加速率控制在小於最大重量增加速率80%來增加該帶之寬度，及自該模具尖端拉伸該帶持續至少一小時，同時使該帶經受一小於30攝氏度之溫度降低。

【實施方式】

此揭示內容中所述之材料及方法包含r平面單晶藍寶石及用於製作r平面藍寶石之方法及設備。R平面藍寶石可用於各種應用中，例如用作一在其上生長SOS晶片之基板。

定邊膜餵生長(EFG)技術已用來以若干平面構形生長單晶藍寶石，包含a平面及C平面。例如，參見在2007年9月21日提出申請、名稱為"C平面藍寶石方法及設備(C-PLANE SAPPHIRE METHOD AND APPARATUS)"之第11/858,949號美國專利申請案，該申請案以引用方式併入本文中。

在一個態樣中，本發明包含一種界定一用來製作實質上沒有線條之r平面單晶藍寶石之新EFG方法之方法及設備。與現有技術相比，所得帶可展示增加之寬度及長度。可避免使用例如凱氏長晶法及柴氏拉晶法方法自晶塊形成之晶圓之固有大小限制且可自所得帶切割直徑大於15 cm、大於20 cm及大於25 cm之晶圓。一晶圓可不完全係圓形且可包含一或多個可用於例如該晶圓之定向之凹口或平坦部分。如本文中所用，一晶圓之直徑係橫跨該晶圓自邊緣至邊緣之最大尺寸且不應自一凹口或平坦部量測。

在另一態樣中，可在一提供對該等帶之冷卻控制之設備

中生長r平面藍寶石帶或片。冷卻速率可例如藉由經由添加絕熱門及減少檢視埠之大小減少自該等帶之熱損失來減少。在其他實施例中，可藉由以一受控速率向該帶之擴展添加重量來減少缺陷。

"單晶藍寶石"意指α-Al_2O_3，亦稱為剛玉，其主要係單晶。

"R平面單晶藍寶石"係指大致平面單晶藍寶石，其r軸與材料之主平面表面大致正交(+/-10度，通常+/-1度)。參見圖2。該"藍寶石r平面"係如此項技術中已知且係三種藍寶石平面[1-102]、[-1012]及[01-12]中之一者。

"位錯"在本文中之使用如熟悉此項技術者所使用一樣且闡述可使用基於布拉格(Bragg)繞射之X射線繞射拓撲學偵測之晶體缺陷。

"線條"係一種多晶性形式且係一具有相對於生長方向低錯向角度之晶體內之一個或多個晶粒。此錯向角度通常少於2度但可更大。線條係一種通常被限制於行進一晶體之長度或大部分長度之行或列中之多晶性形式。在某些條件下，線條可變得不具組織性且可分解成一般多晶性。一展示線條之晶體在諸多應用中通常係不期望，特別在用於晶片製造時或在藍寶石用作一供晶體生長之基板或模板時。可使用x射線拓撲學來偵測線條。

一晶體帶之"擴展"係熟悉此項技術者已知之術語且係在一帶達到全寬度之前形成之該帶之第一部分。其通常在晶種處以一狹窄部分開始且增加寬度直至達到全寬度為止。

"熱梯度"係指一單晶藍寶石製作設備中兩個位置之間的距離上之平均溫度變化。兩個位置之間的距離係在一在製作過程期間單晶藍寶石沿其前進之線上量測。例如，在一定邊膜餵生長技術中，在爐中之一第一位置與爐中之一第二位置之間的溫度差可係50攝氏度。熱梯度單位可係例如"度每公分"或"度每英吋"。若未規定，則在藍寶石晶體自該第一位置至該第二位置通過梯度時溫度變化係自一較高溫度至一較低溫度。

"帶"係指一使用一定形晶體生長技術形成之板。

已顯示，可使用定邊膜餵生長技術(參見美國專利申請案公開案2005/0227117)有效率地製作均勻a平面單晶藍寶石片。然而，通常使用例如Czochralski方法自沿不同生長定向生長之晶塊切r平面片。晶塊可具有各種形狀且可經定向以使得在不同晶塊中存在不同之r軸定向。為製作晶圓，可自晶塊之核心取出具有所需直徑之圓柱體且可例如藉由使用一鋼絲鋸切過圓柱體之直徑而自該圓柱體切割出所需晶圓。在切割之後，通常磨削並拋光切片以製作一r平面晶圓。可藉由首先將切片切割成一預選擇寬度且然後研磨至所需尺寸來選擇晶圓厚度。使用此製作方法以自一晶塊形成一板或晶圓，每一片或晶圓必須沿其主平面表面切割至少一次。單晶藍寶石之極高硬度意指切割步驟可係昂貴且耗時。亦可需要額外之製備步驟。此外，較大大小晶圓(例如，直徑大於或等於5或10 cm)之製作可需要數周時間，此係部分由於第二及第三作業所致。

形成為片或帶之R平面單晶藍寶石可減少或縮短諸多該等製備步驟。出於此及其他原因，展示良好光學特徵及低線條之r平面片可提供一較佳r平面單晶藍寶石源。

R平面帶可使用用於C平面材料之EFG技術來製作，該技術闡述於名稱為C平面藍寶石方法及設備(C-PLANE SAPPHIRE METHOD AND APPARATUS)之第11/858949號美國專利申請案中。在可見光下，該等帶呈現為無缺陷。然而，x射線拓撲學揭露沿帶長度行進之外延線條。參見圖2。

在一個實施例中，顯示沒有線條之r平面單晶藍寶石帶可使用一定形晶體生長技術來生長，該技術包含使該帶通過冷卻速率受到特殊控制之兩個或更多個冷卻區。

使用習用EFG技術生長之R平面帶通常呈現為將適合於製作SOS晶片之完美晶體。然而，已發現藉由此技術生長之晶圓不適合製作SOS晶片。已發現在對該等帶進行x射線拓撲分析之後，該等帶含有外延線條。此外，相信，此線條係使晶圓不適合SOS晶片製作之原因。因此，一用於製作無線條r平面單晶藍寶石之方法將係對此項技術之當前狀態之極大改良。

圖3提供一用於製作r平面帶之設備100之剖視圖。絕熱加熱器144可由一耐熱材料製成，例如石墨，其與由感應線圈150及152所導致之RF場耦合或部分耦合。該設備包含一熔化物源例如坩堝110用於保持可係熔融之Al_2O_3之熔化物。可在圍封器144及在坩堝110兩者中產生熱。該坩堝可

由能夠包含該熔化物之任何材料製成。可批量或連續地向該坩堝餵送氧化鋁。用於坩堝構造之適合材料包含例如銥、鉬、鎢或鉬/鎢合金。鉬/鎢合金之組成中，鉬可自0至100%變化。毛細管模具120與熔化物流體接觸且包含3個模具尖端，可自該等尖端拉伸熔化物。儘管顯示三個模具尖端，但可使用任何數目。外模具尖端122及內模具尖端124各自包含可同時通過其拉伸帶130之開口。外模具尖端122可經定位高於內模具尖端124約0.020英吋。此偏置可有助於等化每一模具尖端及帶曝露於之溫度分佈。一如圖3中所示之模具尖端通常其邊緣處比一中心部分暖。據信一大部分之熱在帶形成時經由透過該帶之輻射通道化而損失。因此，帶越寬，可藉由此機制損失之熱越多。

圖3中所示之視圖為一圖解說明每一帶之厚度之端視圖。帶之厚度至少部分地基於模型尖端之寬度。在圖3中自左至右，模距尖端之深度(模距尖端之最短尺寸)可經選擇以確定製作之帶之厚度。模具深度可係例如約0.1、0.2、0.5或1.0公分或更大。模具之寬度(圖3中視圖係沿模具尖端之寬度看去)確定帶之寬度且可係例如10公分、15公分、20公分、25公分或更大。因此，一具有0.5公分深度及20公分寬度之模具尖端將製作近似0.5公分厚及近似20公分寬之帶。模具尖端之尺寸獨立於將熔化物餵送至模具尖端之毛細管開口之尺寸。可拉伸之帶之長度受實際考量事項之限制，例如空間要求及處理之容易性。除非另外規定，否則自頸部(播種該帶之狹窄點)至相對端量測一帶

之長度。

在發生結晶時，熱可自藍寶石帶經由傳道、對流及輻射損失。熱可藉由例如感應耦合加熱器144及坩堝110或藉由電阻加熱該系統供應至系統。隔熱屏140定位在熱區域1(z1)中且可有助於減少在形成後帶開始輻射時自該等帶之熱損失。絕熱容器142可經設計以有助於減少自該等帶之熱損失。該容器可由一高溫材料(例如，鉬)製成，該高溫材料可感應地耦合至上rf感應線圈152以向區域2(z2)提供熱。在區域1中，隔熱屏140及絕熱容器可有助於減少帶處於其最高溫度之區中之熱損失。RF感應線圈150及152可係或可不係一連續線圈。RF感應線圈150及152可係兩個分開的線圈且可被獨立控制。

門160覆蓋圍封器之頂部處之開口162之至少一部分，且可減少熱損失且可引導氣體流，從而導致改變熱梯度。一惰性氣體，(例如，氬)通常流入該設備中以有助於限制氧化。此氣體流可自系統移除熱，且減少氣體流量亦將減少自系統之熱損失量。門160可防止否則將經由輻射或對流損失之熱的損失。例如，該門可係一單個門或一雙陷獲門且可裝有鉸鏈以使得其可打開以在經由開口162向上牽拉帶時允許該等帶通過。在某些實施例中，該門可圍封或經調節以圍封大於開口面積之50%、75%或90%。

EFG設備100可裝備有兩個檢視埠，其經定位以允許視覺監視模具尖端處帶之形成。該等檢視埠之大小可約為0.22x0.66英吋。然而，已發現將檢視埠大小減少至約

0.15x0.75英吋可提供熱損失之顯著減少，從而導致對溫度梯度之更佳控制。

在圖6、7及8中顯示具有及不具有該等變化之情形下熱損失之比較。圖6提供一沒有主動第二級熱源且包含標準大小之檢視埠以及一開放頂部之設備(A)中垂直溫度梯度之圖示。圖7提供一使用一主動第二級熱源且包含標準大小之檢視埠及開放頂部之設備(B)中垂直溫度梯度之圖示。圖8提供一具有較小檢視埠及一覆蓋煙囪頂部處之開口(參見圖3)之樞軸陷獲門之經改良設備(C)中垂直溫度梯度之圖示。在模擬帶生長但不實際拉伸帶之條件下使用一熱電偶進行溫度量測。

圖6顯示設備A中模具尖端與高於模具尖端之第一半英吋之間的大於40攝氏度之初始下降。圖7提供來自具有第二級熱源之設備B之結果，其顯示模具尖端與高於模具尖端之第一半英吋之間的約30攝氏度之初始下降。然後，溫度實際上增加持續約一英吋且然後在高於模具尖端之第五英吋處降落達約100攝氏度之淨下降。認為溫度之增加係由於使用第二級熱源所致。至於設備C，其提供圖8之資料，第一半英吋之初始下降少於20度且第一六英吋中之總下降少於80度。在帶自半英吋位準移動至兩英吋位準時亦存在一極小或可忽略之溫度增加。設備B在2英吋至6英吋之範圍上展示每英吋約20℃之溫度梯度。然而，設備C在對應區中顯示每英吋約14℃之溫度梯度。

圖7之分佈已用於製作圖4之x射線拓撲圖中顯示之6英吋

寬r平面帶。該拓撲圖中外延線條明顯。此與圖5中係一使用圖8之梯度分佈生長之6英吋寬r平面帶之拓撲圖相對比且顯示沒有線條。認為該等較低溫度梯度可減少帶內之應力且有助於減少滑移及提供減少之線條或一無線條板。

在一個態樣中，提供一用於生長無線條r平面藍寶石帶之方法。在該方法之一個實施例中，使用圖3中提供之設備，藉由用氧化鋁裝滿坩堝110且使用感應耦合之加熱線圈150加熱至2060°C來提供Al_2O_3之熔化物。將一藍寶石晶種放置在每一模具尖端之開口處以使得在圖3中r平面[1-102]面向左(或右)。該晶種在模具尖端之頂部上與熔化物接觸且向上牽拉該晶種以開始擴展。拉伸之方向係沿與晶體方向[1-10-1]相同之方向。然後，可以一適合速率向上拉伸晶種，例如每小時約1英吋、每小時約0.5英吋、每小時約2英吋或大於每小時2英吋。

在已知EFG方法中，擴展通常以一最大速率亦即，質量增加之最大速率形成直至達成全寬度。此減少用於達到全寬度所需之時間量且減少在擴展期間形成之具較少價值之晶體材料(由於較小寬度)量。為量測質量增加量，保持晶種之支援器具連接至一能夠以作業者選擇之任何間隔量測帶之重量的測力計。例如，可每秒鐘量測並記錄重量。以一恆定拉伸速率，可看到，隨著擴展變大，質量增加之速率會增加直至獲得全寬度。

一般而言，模具尖端處之一較冷溫度導致較快結晶及因此一較快速之重量增加速率以及較快達到全寬度之較短擴

展。然而，若模具頂部處(熔化物界面)之溫度太低，則熔化物將接觸模具而結晶，從而導致一失敗帶。隨著擴展變大，一更大之熱量自發展中帶損失，從而導致熔化物界面處一較低溫度。為補償，可自RF線圈150供應額外之功率以維持熔化物界面處之溫度。

為最大化擴展速率而不凍結至模具，已發展以下程序且成功用於a平面無缺陷單晶藍寶石上。使用一經設定以獲取模具尖端附近之坩堝蓋上之溫度讀數之高溫計來間接量測熱。首先，將熔化物設定為一大於2053攝氏度之溫度處且使晶種在熔化物界面處與該熔化物接觸。一旦開始結晶，以一適合於拉伸特定帶之速率開始拉伸。頻繁地監測擴展之重量增加，例如每秒。隨著擴展變大且導致在模具尖端處發生額外冷卻，測力器可偵測一重量增加尖峰信號，此可係由於在結晶接近模具表面時發生之熔化物黏度增加所致。當控制器偵測到負載之此突然增加(經過一至十秒)，其增加RF線圈150之功率直至高溫計處之溫度升高一攝氏度且然後維持此設置直至偵測到另一突然負載增加。當再次偵測到一增加時，重複該過程且使溫度升高一攝氏度。以此方式，帶可以最大速率擴展而不損害該帶且不引入缺陷。相信，當遵循此程序時在擴展期間之重量增加速率在生長時間段期間之任一點處皆處於其最大值且此增加速率稱為"最大重量增加速率"。若超過此重量增加速率，則其可能導致由於與模具接觸結晶所致之失敗帶。

該最大重量增加速率可用來製作a平面藍寶石，但已顯

示使用此擴展形成方法所製作之r平面帶導致線條，儘管該等帶對於裸眼而言呈現為無缺陷。進一步發現，r平面材料得益於一較暖的擴展階段且若保持重量增加速率低於最大重量增加速率，則可製作一無線條之r平面帶。

代替以一最大重量增加速率形成擴展，已發現以一低於該最大速率之90%、80%或70%之速率形成擴展可導致無線條之帶及因此無線條之晶圓。擴展開始時之重量增加速率通常應被忽視，此乃因，作為一百分比，當帶寬度極小時其會不定。通常，擴展形成之第一半英吋不用來計算重量增加速率，且除非另外規定，在本文中當考量重量增加速率時應忽視擴展之寬度之第一半英吋。

若使用x射線拓撲學看不到線條，則認為一r平面藍寶石板無線條。即使存在例如多晶性及位錯之特徵，一r平面板可仍係無線條。圖4中提供顯示線條之一帶之x射線拓撲圖。如通常所發現，線條係位於中央並遍布在帶長度之大部份。圖5提供一無線條帶之x射線拓撲圖。

圖10及11中提供兩個顯示重量增加速率對牽拉長度之圖表。圖10圖解說明如上所述之最大重量增加速率。圖11圖解說明一受控之重量增加速率，其中維持該重量增加速率低於最大速率之80%。兩組資料皆以一每小時1英吋之牽拉速率產生。圖11之圓滑曲線可擬合指數方程式$y=ax^b$，其中y係重量增加速率，x係牽拉長度且係數a及b組合以控制擴展之長度及角度。較佳地，該資料擬合此指數方程式且使用最小平方回歸分析展示一大於0.95或大於0.97之r^2

值。此高r^2值指示一圓滑生長速率，其中在重量增加速率之增加中存在最少量之跳躍或下降。在一個實施例中，用於製作無線條r平面材料之目標重量增加速率為$y=32x^{0.65}$。並非擬合一指數函數，使用一對數方程式$y=34\ln(x)+48$來最佳建模顯示最大生長速率(圖10)之曲線中之資料。

在其他實施例中，可相對於擴展之先前部分中之重量增加速率限制擴展之重量增加速率。例如，在一英吋長度增加期間之重量增加速率可係例如不大於同一帶中任一先前一英吋生長長度期間重量增加速率之150%、200%或250%。

用裸眼很難比較出具有線條之帶與不具有線條之彼等帶。然而，一受控重量增加速率之另一影響可為視覺可見且圖解說明於圖9中，圖9顯示以最大重量增加速率(圖9之右側)及以一小於該最大重量增加速率之80%的受控重量增加速率(圖9之左側)生長之一r平面帶邊緣。顯而易見，當使用更受控之重量增加速率時，發展一更圓滑邊緣(圖9之左側)。儘管通常不監視邊緣品質，此乃因諸多終端產品係自該等帶切割，但較圓滑邊緣可指示可導致較少滑移及/或較少線條之較少應力。

在另一態樣中，r平面單晶藍寶石可使用控制經結晶帶之冷卻速率之EFG技術來製作。在一組實施例中，此可包含兩個不同冷卻區域。用於藉由EFG方法製作單晶藍寶石之已知系統在直接位於熔化物界面下游之區中通常使用每英吋大於100℃之垂直溫度梯度。此意指當藍寶石帶上之

一點自點a至點b朝下游(通常垂直向上)行進一英吋時，點b處之溫度將比其在點a處時低100℃。此還意指，帶在將其向上拉伸一英吋時冷卻約100℃，且若以每小時一英吋進行拉伸，則其將花費約一小時來完成。由於在製作期間難以直接量測帶溫度，因此該等值通常係自在不存在帶之情況下獲取之溫度量測插值而來。

在高於約1850℃之溫度下，已確定對一藍寶石晶體之冷卻速率之控制可影響其結晶品質。例如，若冷卻太快，則可發生一個晶體平面在另一個上之"滑移"且可導致線條。可藉由經調整冷卻控制之另一類型結晶缺陷係位錯。一旦晶體之溫度下降低於約1850℃，其可係一更穩定單晶結構且可不需要精心地調整冷卻速率。例如，若晶體在低於其脆性延性過渡點時離開設備，則可允許其以一快速率冷卻至室溫而不對晶體產生任何不可逆之損害。

在設備中之任何具體位置處熱梯度可變化，儘管一旦開始帶製作，較佳係可維持梯度處於恆定值。然而，在製作期間可調節梯度以補償過程參數之改變或改良帶品質。熱梯度可藉由例如降低或升高隔熱屏、添加或移除絕熱物、減少檢視埠之大小、添加一門至該設備之煙囪部分及/或主動加熱或冷卻該設備之一部分或若干部分來控制。

熱梯度在梯度長度上係大致恆定。例如，在一小於半英吋、大於半英吋、大於一英吋、大於1.5英吋、大於兩英吋、大於4英吋、大於6英吋或大於8英吋之距離上一熱梯度可大致恆定。熱梯度在梯度長度上亦可變化，尤其在梯

度之開始及/或結束處。當然，當自一個梯度移動至另一梯度時，可存在一過渡距離，在該過渡距離上梯度自第一梯度移位至第二梯度。除非另外規定，否則一具體區之熱梯度係整個區之平均熱梯度。

還可針對一時間長度而非針對一具體牽拉長度控制冷卻。例如，對於結晶後形成之第一小時，可將溫度之降低限定於小於80℃、小於60℃、小於40℃或小於30℃。對於形成之前六個小時，可將溫度之降低限定於例如小於120℃、小於100℃或小於80℃。在結晶後自2小時至8小時之時間段期間，可將溫度之降低限定於例如小於140℃、小於120℃或小於100℃。

圖3之設備包含可用來控制冷卻速率之兩個不同冷卻區Z_1及Z_2。區Z_2包含一可主動向該區供應熱之獨立加熱器。在所示之實施例中，感應加熱線圈152與鉬圍封器142耦合以主動向該區添加熱。此有助於補償自帶損失至外面環境之熱。已發現，一大部分之熱係經由輻射而損失，該輻射由帶自身引導。大量此熱可藉由使用門160來保留，且還顯示，兩個檢視埠(未顯示)大小之減少亦可減少熱損失。門160還可幫助減少由於沿圍封器142表面的惰性氣體流之對流所致之熱損失量。藉助於實施該等變化，可將區Z_2中之溫度梯度控制為小於每英吋20℃、小於每英吋18℃、小於每英吋16℃或小於每英吋14℃。類似地，區域Z_1中之溫度梯度(其通常係該兩個區域中之較熱者)亦可經控制以提供一小於習用EFG梯度之梯度。此控制可至少部分地藉由

實施更小之檢視埠、安裝門160、使用隔熱屏140及藉由相對於內模具尖端124交錯外模具尖端122之高度來實現。可在區域Z_1中(毗鄰熔化物界面)達成之有利溫度梯度小於每英吋100℃、小於每英吋80℃、小於每英吋60℃或小於每英吋40℃。

實例

用以下方法生長未顯示出可偵測線條之一六英吋寬、18英吋長r平面單晶藍寶石帶。

使用圖3之晶體生長設備，將一藍寶石晶種與一氧化鋁熔化物接觸地放置於相應模具尖端之頂部表面上。用與模具開口之寬度(長的水平尺寸)對準之面[1-102]來定向該晶種且沿[1-10-1]方向垂直牽拉該晶種。隨著結晶進行，以一每小時一英吋之速率向上拉伸該晶種。實施一受控重量增加程式以產生一暖擴展且將受控重量增加速率保持在低於最大重量增加速率之80%。圖11中顯示重量增加速率且擬合r^2值為0.96之方程式$y=32x^{0.65}$。在約6英吋之牽拉長度之後，達成全帶寬度。

設備經作業以重現圖8中所示之溫度分佈。當牽拉該帶通過設備之區Z1時，將垂直溫度梯度(中心處)維持在小於約每英吋40℃，從而沿向上方向逐漸變冷。在區Z1與Z2之間，存在一過渡區域，其中溫度梯度自區Z1之梯度降低至區Z2之平均每英吋14℃之梯度。遍佈Z1及Z2，帶之溫度維持在大於約1850℃。至少部分地藉由使用較小檢視埠、主動加熱及絕熱門160，可保持一低冷卻速率。

維持每小時一英吋之牽拉速率直至獲得一18英吋長之帶為止。然後增加生長速率直至晶體與模具分開為止。然後，藉由打開陷獲門160緩慢地向上移動帶及經由開口162移除且允許其完成冷卻至室溫。一旦材料冷卻至低於脆性延性過渡點，則其可經受一不受控之冷卻速率，儘管某些控制可仍係所需。圖5中顯示該帶之一部分之一x射線拓撲圖且指示沒有線條。

儘管本文已闡述並圖解說明本發明之若干實施例，但熟悉此項技術者將易於構想用於實施該等功能及/或獲得該等結果及/或本文所述之優點中之一者或多者之各種其他構件及/或結構，且認為此等變化形式及/或修改中之每一者皆在本發明之範圍內。更一般而言，熟悉此項技術者將易於瞭解，本文所述之所有參數、尺寸、材料及構形意指例示性且實際參數、尺寸、材料及/或構形將相依於本發明之教示內容用於之一個或多個具體應用。熟悉此項技術者僅使用常規實驗即可識別或能確定本文所述之本發明具體實施例之許多等效物。因此，應理解前述實施例僅係以舉例方式呈現且在歸屬於隨附申請專利範圍及其等效物之條件下，可與所特定闡述及主張不同地實施本發明。本發明係針對本文所述之每一個別特徵、系統、物件、材料、工具及/或方法。另外，若此等特徵、系統、物件、材料、工具及/或方法不相互矛盾，則兩個或更多個此等特徵、系統、物件、材料、工具及/或方法之任何組合包含於本發明之範圍內。

應理解，本文所界定及使用之所有定義控制辭典定義、以引用方式併入文檔中之定義及/或所定義術語之普通意思。

應理解本文中在說明書及申請專利範圍中使用之不定冠詞一("a")及一("an")意指"至少一個"，除非明確指示與其相反。

此申請案中引用或提及之所有參考資料、專利及專利申請案及公開案之全部內容皆以引用方式併入本文中。

【圖式簡單說明】

在圖式中：

圖1係一圖解說明一a平面單結晶材料之晶體定向之圖；

圖2係一圖解說明一r平面單結晶材料之晶體定向之圖；

圖3係一用於製作r平面單晶藍寶石之設備之一實施例之剖視圖；

圖4係一顯示一r平面帶中之線條之x射線拓撲圖的影印件；

圖5係一顯示在一不同r平面帶中沒有線條之x射線拓撲圖的影印件；

圖6係一用於製作單晶藍寶石之設備之一實施例中之一溫度分佈圖示；

圖7係一用於製作單晶藍寶石之設備之一實施例中之一溫度分佈圖示；

圖8係一用於製作r平面單晶藍寶石之設備之一實施例中之一溫度分佈圖示；

圖9係一顯示兩個r平面單晶藍寶石帶之邊緣之照片；

圖10係一顯示在擴展期間一最大重量增加速率之圖示；及

圖11係一顯示在擴展期間一受控重量增加速率之圖示。

【主要元件符號說明】

100	設備
110	坩堝
120	毛細管模具
122	外模具尖端
124	內模具尖端
130	帶
140	隔熱屏
142	絕熱容器
144	加熱器
150	RF感應線圈
152	RF感應線圈
160	門
162	開口

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種用於製作r平面單晶藍寶石之方法及設備。該方法及設備可使用定邊膜餵生長技術來製作展示沒有線條(lineage)之單晶材料。

六、英文發明摘要：

A method and apparatus for the production of r-plane single crystal sapphire is disclosed. The method and apparatus may use edge defined film-fed growth techniques for the production of single crystal material exhibiting an absence of lineage.

十、申請專利範圍：

1. 一種r平面單晶藍寶石晶圓，其具有一大於或等於200 mm之直徑。
2. 如請求項1之r平面晶圓，其展示無線條。
3. 一種r平面單晶藍寶石晶圓，其具有一大於或等於300 mm之直徑。
4. 如請求項3之r平面晶圓，其展示無線條。
5. 一種單晶藍寶石帶，其具有實質上r平面定向及一大於或等於150 mm之寬度且展示無可偵測之線條。
6. 如請求項5之單晶藍寶石帶，其具有一自頸部量測大於250 mm之長度。
7. 如請求項5之單晶藍寶石，其具有一自頸部量測大於400 mm之長度。
8. 如請求項5之單晶藍寶石，其具有一自頸部量測大於600 mm之長度。
9. 一種形成一r平面單晶藍寶石帶之擴展之方法，其包括：

   以一r平面定向播種一晶體熔化物；

   牽拉晶種以形成該擴展；及

   在該擴展自0.5英吋之寬度增加至全寬度時之時間段期間藉由將任何一英吋牽拉長度增量期間之重量增加速率限制為小於先前一英吋牽拉長度增量之重量增加速率之兩倍來控制該晶體之該重量增加。
10. 如請求項9之方法，其中藉由調節該熔化物之溫度來控制該重量增加速率。

11. 如請求項9之方法，其包括同時形成兩個或更多個r平面帶。

12. 一種形成一r平面單晶藍寶石帶之擴展之方法，其中y係重量增加速率，x係該晶體之牽拉長度且a及b係常數，該方法包括：

將該晶體自一0.5英吋之牽拉長度牽拉至全擴展寬度，其中此時間段期間之該重量增加速率擬合方程式$y=ax^b$且此範圍中之r^2值為至少0.95。

13. 一種用於製作單晶藍寶石之設備，該設備包括：

一熔化物源；

一模具，其與該熔化物源流體連通，該模具處在一第一主動熱區域中；

一絕熱煙囪，其安裝於該模具上方，該煙囪界定一開放頂部且包含一第二可獨立控制熱區域；及

一絕熱門，其安裝於該煙囪之頂部上，其中該門圍封該開放頂部之面積之至少50%且經構造及配置以在透過該開放頂部向上牽拉一藍寶石帶時打開。

14. 如請求項13之設備，其中該模具包括複數個模具尖端。

15. 一種製作一無線條r平面藍寶石帶之方法，該方法包括：

用一具有一大致平行於一模具開口之一縱向軸且平行於晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器；

在該模具上方在一熔化物界面處結晶單晶藍寶石；及

以一其中該晶體之重量增加速率小於最大重量增加速

率之80%之速率形成一擴展。

16. 如請求項15之方法，其進一步包括：

使該單晶藍寶石通過一展示一小於約65℃/in之第一熱梯度之第一區；及

隨後使該藍寶石通過一展示一小於約20℃/in之第二熱梯度之第二區，其中該第一區毗鄰該模具尖端且具有一小於約半英吋之長度而該第二區毗鄰該第一區且具有一至少一英吋且小於約6英吋之長度。

17. 如請求項16之方法，其中該第一區展示一小於約50℃/in之第一熱梯度且該第二區展示一小於約16℃/in之第二熱梯度。

18. 一種形成r平面單晶藍寶石之方法，其包括：

用一具有一大致平行於模具開口之縱向軸及平行於晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器；

在該模具上方結晶單晶藍寶石，該單晶藍寶石展示一大致垂直於該藍寶石之主表面之r軸定向；

使該單晶藍寶石通過一展示一小於約65℃/in之第一熱梯度之第一區；及

隨後使該藍寶石通過一展示一小於約16℃/in之第二熱梯度之第二區，其中該第一區毗鄰該模具尖端且具有一小於約半英吋之長度而該第二區毗鄰該第一區且具有一小於約6英吋之高度。

19. 如請求項18之方法，其中在上升高於該模具兩英吋之前該藍寶石之中心之溫度不會下降至低於1850℃。

20. 如請求項18之方法，其中在離開該第二區之前該藍寶石之中心之溫度不會下降至低於1850℃。

21. 如請求項18之方法，其進一步包括以一小於或等於最大擴展速率之80%之速率形成該帶之擴展。

22. 如請求項18之方法，其進一步包括形成該單晶藍寶石，其中該藍寶石之一主表面之定向自[1-102]小於兩度。

23. 如請求項18之方法，其進一步包括形成該單晶藍寶石，其中該藍寶石之一主表面之定向自[1-102]小於一度。

24. 一種製作一單晶r平面藍寶石帶之方法，其包括：

用一具有一大致平行於模具開口之縱向軸及平行於晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器；

在自0.5英吋擴展至全寬度期間，藉由將重量增加速率控制為小於最大重量增加速率之80%來增加該帶之寬度；及

將該帶之一部分自一模具尖端牽拉至一高於該模具尖端1英吋之高度，同時使該帶之該部分經受一小於30攝氏度之溫度降低。

25. 如請求項24之方法，其進一步包括將該帶之該部分自該模具尖端牽拉至一高於該模具尖端6英吋之點，同時使該帶之該部分經受一小於80攝氏度之溫度降低。

26. 一種製作一單晶r平面藍寶石帶之方法，其包括：

用一具有一大致平行於模具開口之縱向軸及平行於晶體生長方向之r平面定向之晶種播種一熔化物固定器；

在自0.5英吋擴展至全寬度期間，藉由將重量增加速率

控制為小於最大重量增加速率之80%來增加該帶之寬度；及

自模具尖端拉伸該帶持續至少一小時，同時使該帶經受一小於30攝氏度之溫度降低。

27. 如請求項26之方法，其進一步包括自該模具尖端拉伸該帶持續一6小時時間段，同時使該帶之該部分經受一小於80攝氏度之溫度降低。

200930848

十一、圖式：

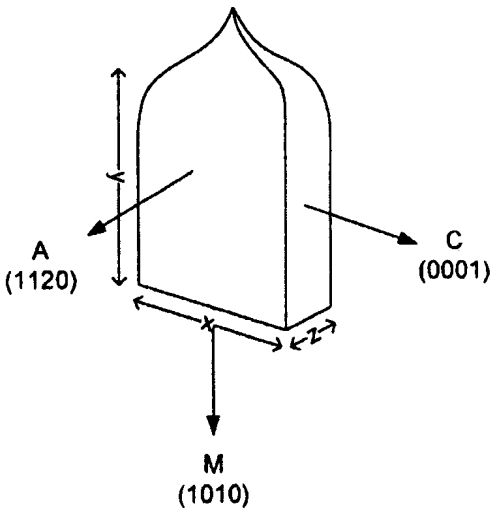


圖 1

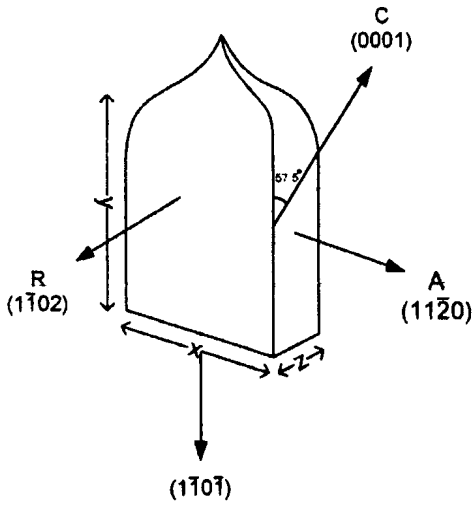


圖 2

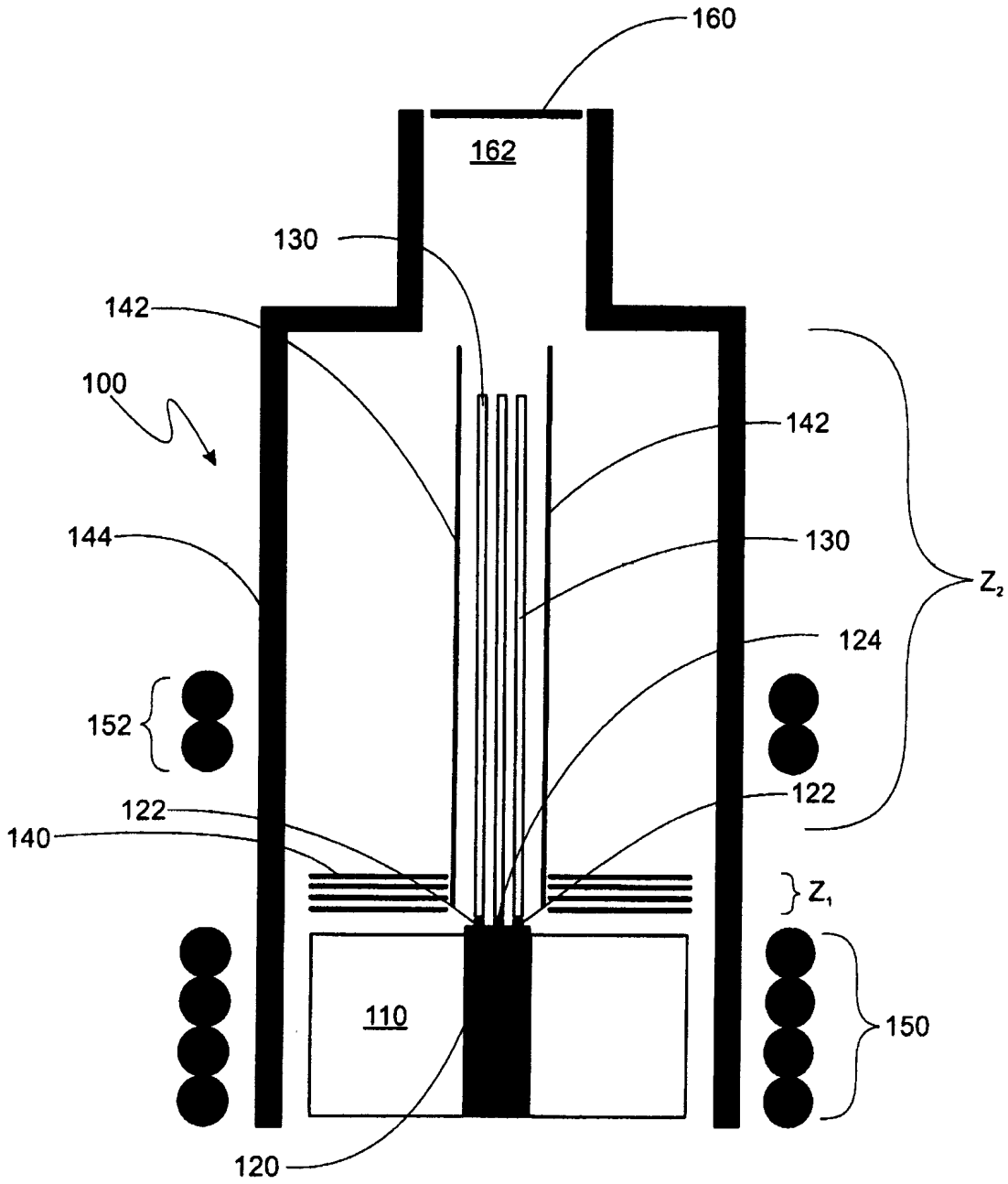


圖3

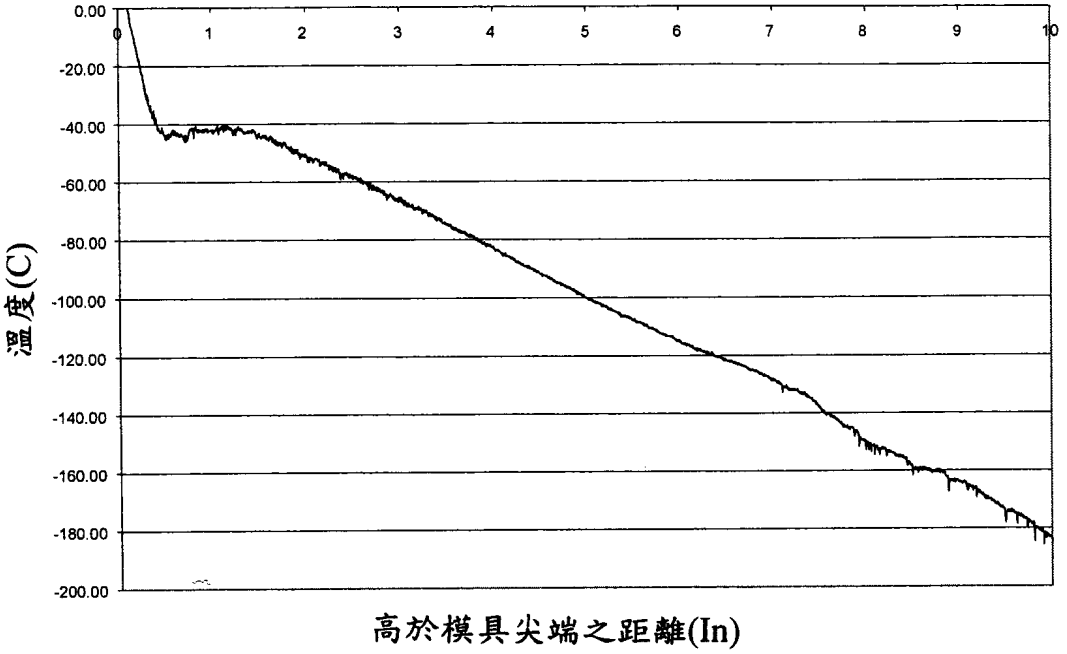

0.00
-20.00
-40.00
-60.00
-80.00
-100.00
-120.00
-140.00
-160.00
-180.00
-200.00
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
溫度(C)
高於模具尖端之距離(In)

圖 6

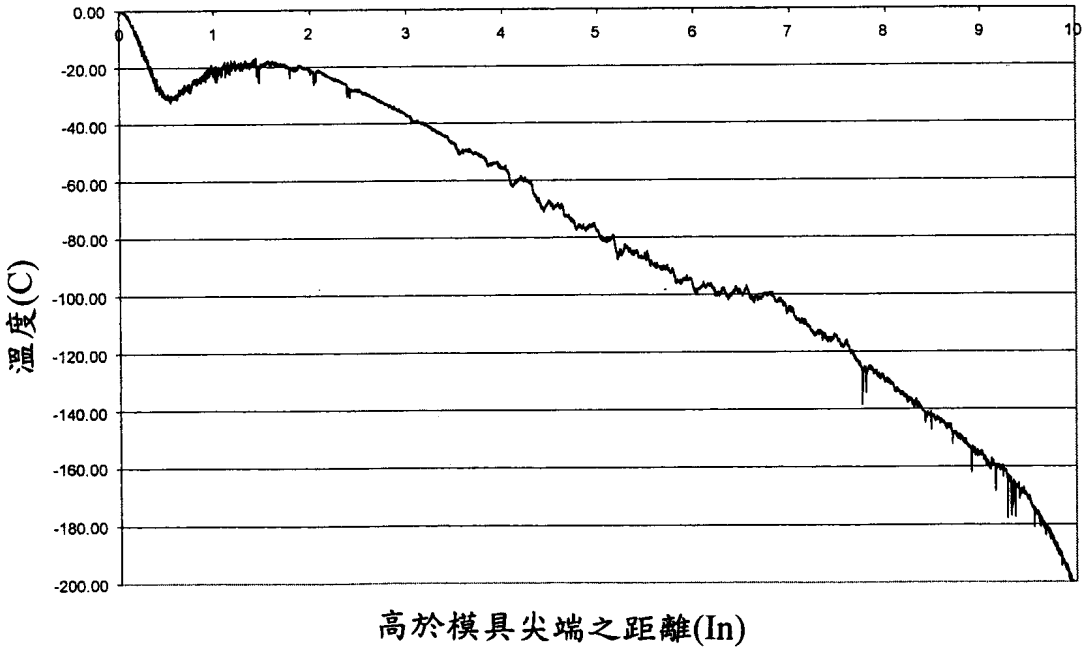

0.00
-20.00
-40.00
-60.00
-80.00
-100.00
-120.00
-140.00
-160.00
-180.00
-200.00
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
溫度(C)
高於模具尖端之距離(In)

圖7

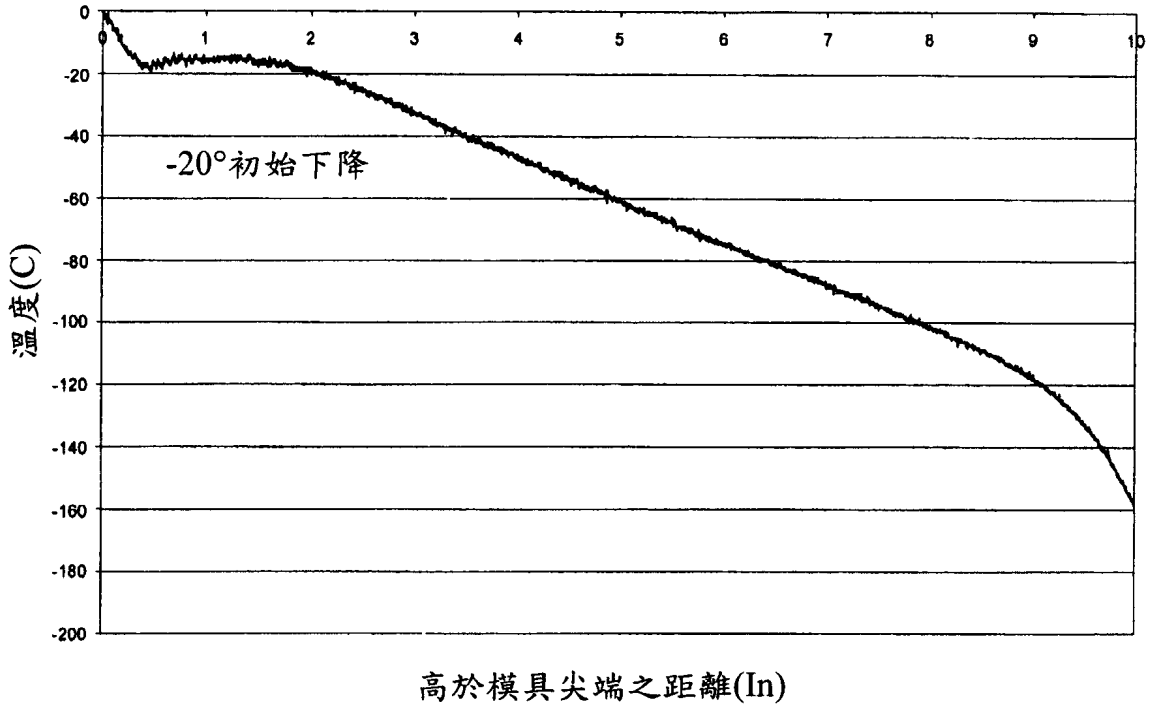

0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
-160
-180
-200
溫度(C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
-20°初始下降
高於模具尖端之距離(In)

圖8

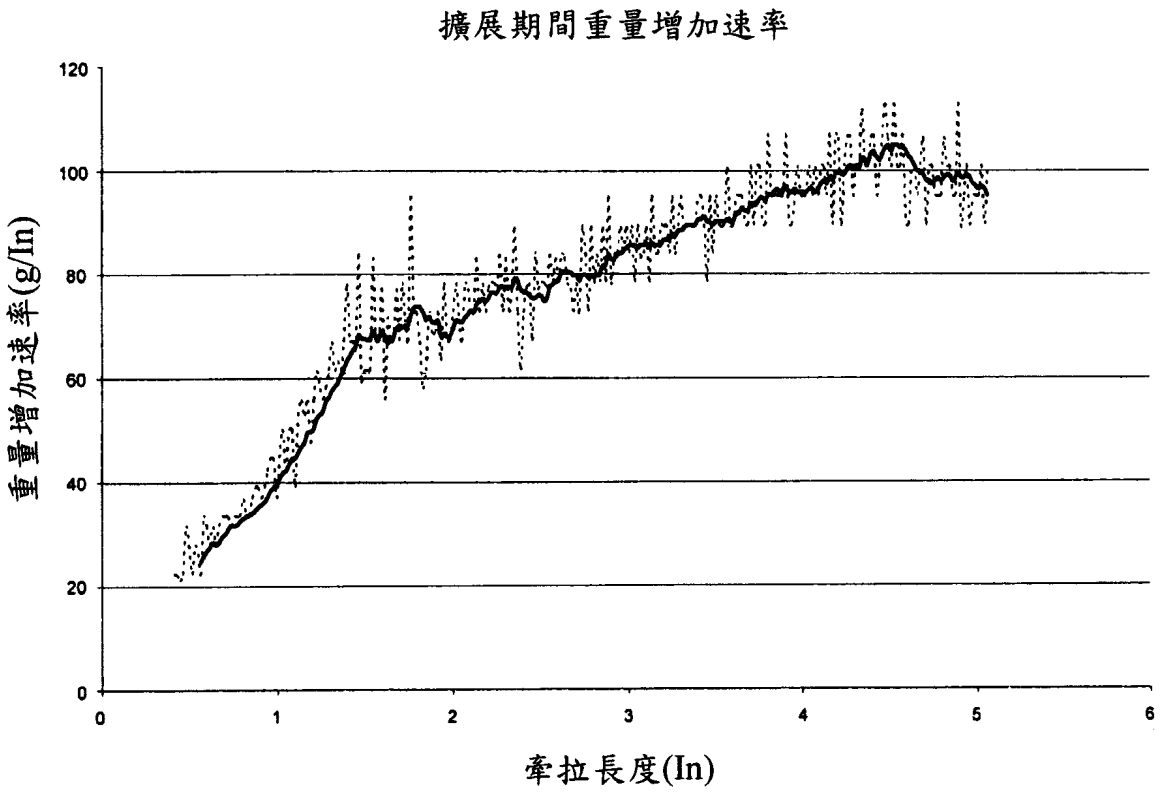


圖10

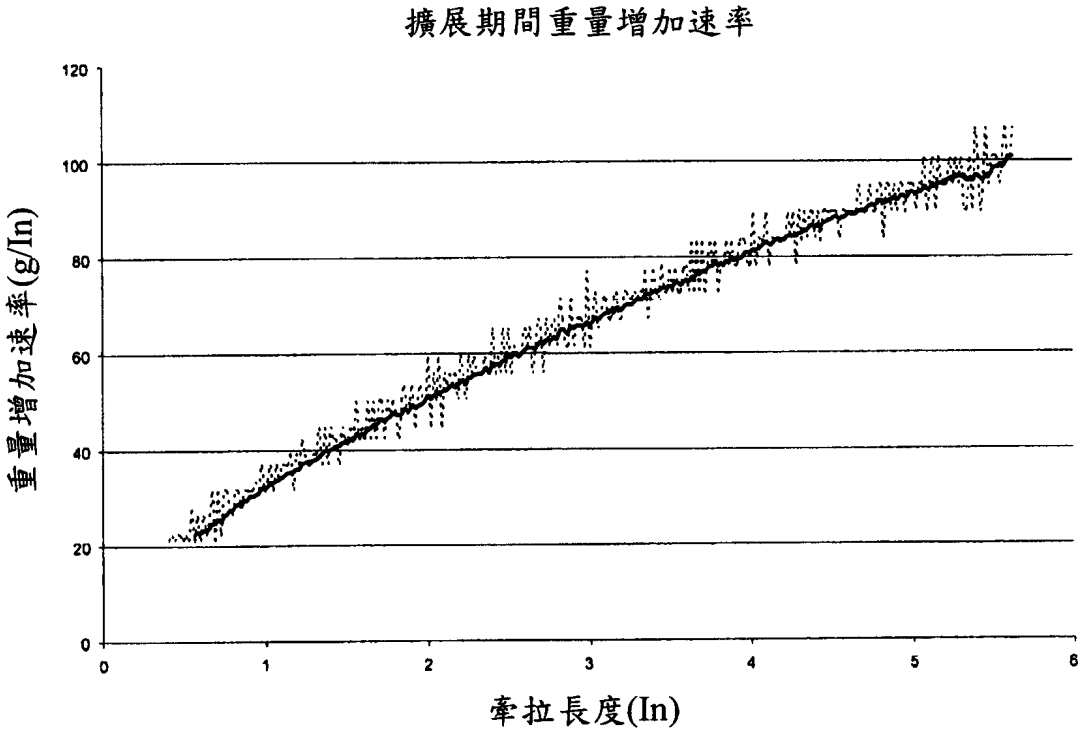


圖11

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（5）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)