



(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 I875905 B

(45) 公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 11 日

(21) 申請案號：109146070

(22) 申請日：中華民國 109 (2020) 年 12 月 24 日

(51) Int. Cl. : C30B15/04 (2006.01)

C30B15/20 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

C30B33/00 (2006.01)

H01L21/02 (2006.01)

(30) 優先權：2020/11/11 美國

63/112,424

(71) 申請人：環球晶圓股份有限公司 (中華民國) GLOBALWAFERS CO., LTD. (TW)

新竹市新竹科學工業園區東區工業東二路 8 號

(72) 發明人：維克那 皮特羅 VALCOZZENA, PIETRO (IT)；波瑞尼 瑪莉亞 PORRINI, MARIA

(IT)；道奇里 傑西亞 DUCHINI, JANUSCIA (IT)

(74) 代理人：陳長文；洪榮宗

(56) 參考文獻：

TW 538431

TW 562881

審查人員：鄭詠文

申請專利範圍項數：24 項 圖式數：7 共 32 頁

(54) 名稱

具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，及磊晶晶圓之形成方法

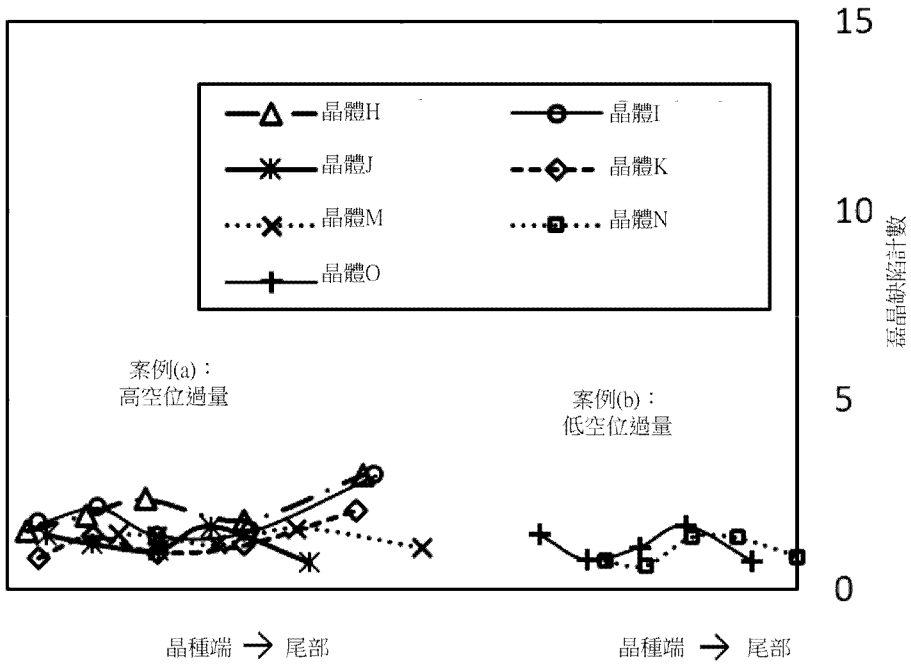
(57) 摘要

本發明揭示用於製備用於磊晶生長之單晶矽基板之方法。該等方法可涉及在一錠片段之生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於一臨界 v/G 及/或小於取決於該錠之硼濃度之一 v/G 值。本發明亦揭示用於製備磊晶晶圓之方法。

Methods for preparing single crystal silicon substrates for epitaxial growth are disclosed. The methods may involve control of the (i) a growth velocity, v , and/or (ii) an axial temperature gradient, G , during the growth of an ingot segment such that v/G is less than a critical v/G and/or is less than a value of v/G that depends on the boron concentration of the ingot. Methods for preparing epitaxial wafers are also disclosed.

指定代表圖：

實例2-在1150°C至950°C範圍內之快速冷卻



【圖5】



I875905

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，及磊晶晶圓之形成方法

【英文發明名稱】

METHODS FOR FORMING A SILICON SUBSTRATE WITH REDUCED GROWN-IN NUCLEI FOR EPITAXIAL DEFECTS AND METHODS FOR FORMING AN EPITAXIAL WAFER

【中文】

本發明揭示用於製備用於磊晶生長之單晶矽基板之方法。該等方法可涉及在一錠片段之生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於一臨界 v/G 及/或小於取決於該錠之硼濃度之一 v/G 值。本發明亦揭示用於製備磊晶晶圓之方法。

【英文】

Methods for preparing single crystal silicon substrates for epitaxial growth are disclosed. The methods may involve control of the (i) a growth velocity, v , and/or (ii) an axial temperature gradient, G , during the growth of an ingot segment such that v/G is less than a critical v/G and/or is less than a value of v/G that depends on the boron concentration of the ingot. Methods for preparing epitaxial wafers are also disclosed.

【指定代表圖】

圖5

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，及磊晶晶圓之形成方法

【英文發明名稱】

METHODS FOR FORMING A SILICON SUBSTRATE WITH REDUCED GROWN-IN NUCLEI FOR EPITAXIAL DEFECTS AND METHODS FOR FORMING AN EPITAXIAL WAFER

【技術領域】

【0001】 本發明之領域係關於用於磊晶生長之單晶矽基板之製備且係關於一磊晶晶圓之形成方法。

【先前技術】

【0002】 磊晶晶圓包含一單晶矽基板，該單晶矽基板具有沈積於該基板之前表面上之一磊晶層。磊晶晶圓可用於形成適用於微電子(積體電路或電源應用)或光伏打用途之電子裝置。

【0003】 磊晶晶圓可具有使其等效能降級之表面缺陷。形成於矽基板中之一些缺陷在磊晶程序期間不溶解，且據信在磊晶沈積之後導致磊晶層中之原生缺陷位點(例如，磊晶堆疊故障或「小丘(hillock)」)。透過磊晶層之缺陷傳播據信引起此等原生缺陷形成。歸因於沿著<111>結晶平面之矽磊晶生長模式，一較厚磊晶層而非覆蓋基板缺陷擴大起始基板表面缺陷之大小，從而引起更大且更明顯之磊晶缺陷隨著磊晶層厚度之增加而形成。

【0004】 需要用於使致基板晶圓中之磊晶缺陷之原生核之數目減量

之方法及一磊晶晶圓之相關形成方法。

【0005】 此章節旨在向讀者介紹可與在下文描述及/或主張之本發明之各種態樣相關之各種技術態樣。據信，此論述有助於向讀者提供背景資訊以促進對本發明之各種態樣之一更佳理解。因此，應理解，此等陳述應鑑於此理解且不作為先前技術之認可。

【發明內容】

【0006】 本發明之一個態樣係關於一種具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法。該矽基板以至少 2.8×10^{18} 個原子/cm³之一濃度進行硼摻雜。將多晶矽之一初始裝料添加至一坩堝。加熱包括多晶矽之該初始裝料之該坩堝以引起矽熔融物形成於該坩堝中。將硼添加至該坩堝以產生一經摻雜矽熔融物。使矽種晶(seed crystal)與該經摻雜矽熔融物接觸。抽出該矽種晶以生長具有一恆定直徑部分之一單晶矽錠。該錠之該恆定直徑部分之一片段具有至少約 2.8×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度。當該片段具有自 2.8×10^{18} 個原子/cm³至 5.4×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度時，在該片段之生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$ 。當該片段具有自 5.4×10^{18} 個原子/cm³至 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度時，在該片段之該生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.25 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$ 。當該片段具有大於 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度時，以任何 v/G 值操作(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G 。將該錠之該恆定直徑部分之該片段自其凝固溫度冷卻至 950°C 或更小。該錠之該恆定直徑部分之該片段在自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍內之停佇時間(dwelling time)小於160分鐘。

【0007】 本發明之另一態樣係關於一種具有減量致磊晶缺陷之原生

核之矽基板之形成方法。將多晶矽之一初始裝料添加至一坩堝。加熱包括多晶矽之該初始裝料之該坩堝以引起矽熔融物形成於該坩堝中。將硼添加至該坩堝以製備具有至少 3.8×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度之一經摻雜矽熔融物。使矽種晶與該經摻雜矽熔融物接觸。抽出該矽種晶以生長一單晶矽錠。該錠具有一恆定直徑部分。該方法進一步包含在該錠之該恆定直徑部分之一片段之生長期間，控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得比率 v/G 小於一臨界 v/G 。將該錠之該恆定直徑部分之該片段自其凝固溫度冷卻至 950°C 或更小。該錠之該恆定直徑部分之該片段在自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍內之停佇時間小於160分鐘。

【0008】 存在對關於本發明之上文提及之態樣提及之特徵之各種改善。同樣，進一步特徵亦可併入於本發明之上文提及之態樣中。此等改善及額外特徵可個別地或以任何組合存在。例如，下文關於本發明之所繪示實施例之任何者論述之各種特徵可單獨或以任何組合併入至本發明之任何上述態樣中。

【圖式簡單說明】

【0009】 圖1係在矽錠生長之前之一拉錠器設備之一截面；

【0010】 圖2係在矽錠生長期間之圖1之一拉錠器設備之一截面；

【0011】 圖3係展示針對三個硼摻雜位準(自(a)至(c)增加)富含空位區域及富含間隙區域之軸向趨勢之一單晶矽錠之示意性截面視圖；

【0012】 圖4係在自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍內具有一相對較長時間之情況下，依據單晶錠中之基板晶圓之軸向位置而變化之磊晶缺陷計數之一圖表；

【0013】 圖5係在自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍內具有一相對較短

時間之情況下，依據單晶錠中之基板晶圓之軸向位置而變化之磊晶缺陷計數之一圖表；

【0014】 圖6係依據錠片段在自1150°C至950°C之溫度範圍內之停佇時間而變化之缺陷計數之一圖表；及

【0015】 圖7係各種單晶矽錠在晶體長度上之停佇時間之一圖表。

【0016】 在圖式各處，對應元件符號指示對應零件。

【實施方式】

【0017】 本申請案主張2020年11月11日申請之美國臨時專利申請案第63/112,424號之權利，該案之全文以引用的方式併入本文中。

【0018】 本發明之佈建係關於具有減量致磊晶缺陷(即，在矽基板上之磊晶矽生長之後發生之缺陷)之原生核之矽基板之形成方法。根據本發明之實施例，可在錠之恆定直徑部分之一片段或全部之生長期間控制生長速度(v)與軸向溫度梯度(G)之比率(v/G)，且將片段處於自1150°C至950°C之溫度範圍之時段控制為160分鐘或更少，以使在磊晶生長期間導致缺陷之核減量。所得基板適用於磊晶矽生長，其中在基板上生長之磊晶層具有減量原生缺陷或實質上無原生缺陷。

【0019】 本發明之方法可大體上在經組態以拉動一單晶矽錠之任何拉錠器設備中實行。在圖1中大體上以「100」指示一例示性拉錠器設備(或更簡單而言，「拉錠器」)。拉錠器設備100包含由一基座(susceptor)106支撐之用於保持半導體或太陽能級材料(諸如矽)之一熔融物104的一坩堝102。拉錠器設備100包含界定用於沿著一拉動軸線A自熔融物104拉動矽錠113(圖2)之一生長腔室152的一拉晶器外殼108。

【0020】 坩堝102包含一底板129及自底板129向上延伸之一側壁

131。側壁131大致為垂直的。底板129包含在側壁131下方延伸之坩堝102之彎曲部分。具有一熔融物表面111 (即，熔融物-錠界面)之矽熔融物104在坩堝102內。

【0021】 在一些實施例中，坩堝102係分層的。例如，坩堝102可由一石英基底層及安置於石英基底層上之一合成石英襯層製成。

【0022】 基座106藉由一軸件105支撐。基座106、坩堝102、軸件105及錠113 (圖2)具有一共同縱向軸線A或「拉動軸線」A。

【0023】 一拉動機構114提供於拉錠器設備100內用於自熔融物104生長及拉動一錠113。拉動機構114包含一拉動纜線118、耦合至拉動纜線118之一個端之一晶種(seed)固持器或卡盤120及耦合至晶種固持器或卡盤120用於起始晶體生長之矽種晶122。拉動纜線118之一個端連接至一滑輪(未展示)或一滾筒(未展示)或任何其他適合類型之升降機構(例如，一軸件)，且另一端連接至固持種晶122之卡盤120。在操作中，降低種晶122以接觸熔融物104。操作拉動機構114以引起種晶122上升。此引起自熔融物104抽出一單晶錠113 (圖2)。

【0024】 在加熱及晶體拉動期間，一坩堝驅動單元107 (例如，一馬達)使坩堝102及基座106旋轉。一升降機構112在生長程序期間沿著拉動軸線A升高及降低坩堝102。例如，如圖1中所展示，坩堝102可在一最低位置(接近底部加熱器126)處，其中先前添加至坩堝102之固相多晶矽之一初始裝料熔融。晶體生長藉由使熔融物104與種晶122接觸且用拉動機構114提升種晶122而開始。隨著錠生長，矽熔融物104被消耗且坩堝102中之熔融物之高度減低。可升高坩堝102及基座106以將熔融物表面111維持在相對於拉錠器設備100之相同位置處或附近(圖2)。

【0025】 一晶體驅動單元(未展示)亦可使拉動纜線118及錠113 (圖2)在與其中坩堝驅動單元107使坩堝102旋轉之方向相反之一方向上旋轉(例如, 反向旋轉)。在使用同旋轉(iso-rotation)之實施例中, 晶體驅動單元可使拉動纜線118在其中坩堝驅動單元107使坩堝102旋轉之相同方向上旋轉。另外, 晶體驅動單元在生長程序期間視需要相對於熔融物表面111升高及降低錠113。

【0026】 拉錠器設備100可包含用於引入一惰性氣體(諸如氬氣)及自生長腔室152抽出該惰性氣體之一惰性氣體系統。拉錠器設備100亦可包含用於將摻雜劑引入熔融物104中之一摻雜劑進給系統(未展示)。

【0027】 根據柴可斯基(Czochralski)單晶體生長程序, 將一定量之多晶矽(polycrystalline silicon/polysilicon)裝填至坩堝102。藉由自一或多個加熱元件提供之熱使引入至坩堝中之初始半導體或太陽能級材料熔融以在坩堝中形成矽熔融物。拉錠器設備100包含用於將保持拉動器設備中之熱之底部絕熱件110及側絕熱件124。在所繪示實施例中, 拉錠器設備100包含安置於坩堝底板129下方之一底部加熱器126。可使坩堝102移動以相對緊密靠近底部加熱器126以熔融裝填至坩堝102之多晶矽。

【0028】 為了形成錠, 使種晶122與熔融物104之表面111接觸。操作拉動機構114以自熔融物104拉動種晶122。現參考圖2, 錠113包含錠在其中轉變且自種晶122向外漸縮以達到一目標直徑之一冠狀部分142。錠113包含一恆定直徑部分145或藉由增加拉動速率而生長之晶體之圓柱形「主體」。錠113之主體145具有一相對恆定直徑。錠113包含其中錠之直徑在主體145之後漸縮之一尾部或端錐(未展示)。當直徑變得足夠小時, 接著將錠113與熔融物104分離。

【0029】拉錠器設備100包含一側加熱器135及環繞坩堝102以在晶體生長期間維持熔融物104之溫度之一基座106。在坩堝102沿拉動軸線A上下行進時，側加熱器135安置於坩堝側壁131之徑向外側。側加熱器135及底部加熱器126可為容許側加熱器135及底部加熱器126如本文中描述般操作之任何類型之加熱器。在一些實施例中，加熱器135、126係電阻加熱器。側加熱器135及底部加熱器126可由一控制系統(未展示)控制，使得熔融物104之溫度在整個拉動程序內受控。

【0030】拉錠器設備100可包含一熱屏蔽件151。在晶體生長期間，熱屏蔽件151可罩護錠113且可安置於坩堝102內(圖2)。

【0031】在一些實施例中，藉由本文中描述之方法產生之矽基板摻雜有硼(例如，相對重摻雜)。例如，矽熔融物可用硼摻雜以產生具有至少 2.8×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度之一經摻雜矽錠。熔融物以至少 3.8×10^{18} 個原子/cm³之一濃度之硼摻雜可用於達成在晶種端處具有至少 2.8×10^{18} 個原子/cm³之一濃度之一錠。所得錠(及經切片晶圓)可具有至少 2.8×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度。在一些實施例中，未用碳摻雜熔融物(且在一些實施例中，未使用除硼之外之摻雜劑)。

【0032】根據本發明之實施例，可藉由以下步驟產生具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板或甚至實質上無此原生核之一基板：(1)控制拉晶速率(v)對在熔融物-晶體界面附近之軸向溫度梯度(G)之量值的比率；及(2)將片段處於自1150°C至950°C之溫度範圍之時段(即，停佇時間)控制為160分鐘或更小。

【0033】藉由控制矽生長期間之 v/G 比率，可控制主導缺陷(dominant defect)之類型。在一較高 v/G 下，點缺陷之對流主導其等擴

散，且空位保持經併入主導點缺陷，此係因為界面處之空位濃度高於間隙濃度。在一較低 v/G 下，擴散主導對流，從而容許快速擴散間隙併入作為主導點缺陷。在接近其臨界值(即，空位主導材料與間隙主導材料之間之轉變)之一 v/G 下，兩種點缺陷以非常低且相當的濃度併入。

【0034】 根據本發明之實施例，可在錠之恆定直徑部分之一軸向片段之生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得比率 v/G 低於引起錠中之空位濃度降低之 v/G 之臨界值(或甚至控制為小於略高於臨界 v/G 之一值)。

【0035】 臨界 v/G 大體上基於硼摻雜之量改變。硼使平衡移位至間隙體系。隨著硼濃度之增加(即，電阻率減低)，空位主導區域縮減，直至其在晶體中心處完全消失(圖3C)。在摻雜硼錠中，據信可在全部 v/G 比率下以大於 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼摻雜(例如，小於 $10 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率)消除空位主導區域。

【0036】 針對 8.0×10^{18} 個原子/cm³或更小之硼濃度，可將 v/G 控制為低於臨界 v/G (或甚至低於略高於臨界 v/G 之一值)。根據本發明之一些實施例，當錠之恆定直徑部分之片段具有自 2.8×10^{18} 個原子/cm³至 5.4×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度時，控制(i)生長速度 v ，及/或(ii)軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘}\cdot\text{K})$ 。當錠之恆定直徑部分之片段具有自 5.4×10^{18} 個原子/cm³至 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度時，在片段之生長期間控制(i)生長速度 v ，及/或(ii)軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.25 \text{ mm}^2/(\text{分鐘}\cdot\text{K})$ 。

【0037】 如上文所提及，當在大於 8.0×10^{18} 個原子/cm³之一濃度下摻雜片段時，不需要控制 v/G ，此係因為在全部 v/G 範圍內(即，可使用任

何技術可行 v/G)，在整個片段中間隙係主導點缺陷。

【0038】 由於 v/G 一般在錠之中心處最高，故一般在錠之中心處量測本文中所提供之 v/G 範圍以確保跨錠之整個半徑， v/G 低於上限。

【0039】 在自熔融物抽出錠時，錠自凝固(約 1412°C)冷卻至室溫。根據本發明之實施例，在錠之生長及 v/G 之控制(針對以 8.0×10^{18} 個原子/ cm^3 或更小之硼摻雜(即，高於 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 之電阻率)控制 v/G)期間，控制錠之冷卻速率，使得最小化片段(例如，片段之各部分)處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍之停佇時間。在此方面，可以此方式控制全部錠而無關於硼摻雜濃度。根據一些實施例，控制錠之冷卻速率，使得片段處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍之時段小於160分鐘。

【0040】 拉錠器之熱區可經配置及/或經修改以達成通過此溫度範圍之此一冷卻速率(例如，通過 1150°C 至 950°C 溫度範圍之至少 $1.25^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 、至少 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 、至少 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 、至少 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 、至少 $3.0^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 或至少 $3.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之冷卻速率)。可達成此冷卻之熱區可包含以下之一或多者之任何組合：(1)錠表面附近之主動冷卻元件(例如，水冷卻)，(2)增加晶體表面與熔融物之間之絕熱以減少自熔融物至晶體之熱輻射，(3)在熔融物-錠界面附近施加一冷惰性氣體噴流，(4)使用包圍錠以將由錠輻射之熱反射朝向拉錠器設備壁之一圓錐形熱屏蔽件(例如，反射性材料，諸如鋁)。在其他實施例中，控制錠之冷卻速率，使得片段處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍中之時段小於120分鐘、小於90分鐘或小於60分鐘。

【0041】 如上文所提及，可控制 v/G ，使得間隙係主導固有點缺陷，且其中針對錠之至少一片段(例如，軸向片段)，控制冷卻速率使得錠片段處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍中達小於160分鐘。錠之此片段可

具有一長度，該長度為錠之恆定直徑部分之長度(D)之至少0.5倍(0.5*D)。在其他實施例中，片段之長度係至少0.75*D或至少0.9*D。在一些實施例中，片段係錠之整個恆定直徑部分。

【0042】 一旦已生長錠，便將錠切片成基板(即，晶圓)。所得晶圓具有在磊晶生長期間形成之減量致磊晶缺陷之原生核。

【0043】 一旦晶圓已自錠切片且進行處理(例如，各種平滑化及/或表面粗糙度降低)，便可藉由使前表面與一含矽氣體(其分解且在基板上形成一磊晶矽層)接觸而將一磊晶層沈積於基板之前表面上。一般而言，可使用熟習此項技術者可用之用於在矽基板上沈積矽磊晶層之任何方法，除非另有規定。取決於裝置應用，可藉由磊晶將矽沈積至任何適合厚度。例如，可使用金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)、物理氣相沈積(PVD)、化學氣相沈積(CVD)、低壓化學氣相沈積(LPCVD)、電漿增強化學氣相沈積(PECVD)或分子束磊晶(MBE)來沈積矽。用於LPCVD或PECVD之矽前驅體(即，含矽氣體)包含甲基矽烷、四氫化矽(矽烷)、三矽烷、二矽烷、五矽烷、新戊矽烷、四矽烷、二氯矽烷(SiH_2Cl_2)、三氯矽烷(SiHCl_3)、四氯化矽(SiCl_4)等等。例如，可藉由在介於約550°C與約690°C之間(諸如介於約580°C與約650°C之間)之一溫度範圍內熱解矽烷(SiH_4)而將矽沈積至表面氧化層上。腔室壓力可在自70毫托至約400毫托之範圍內。

【0044】 可將一含硼氣體引入至磊晶反應器中以用硼摻雜磊晶層。在一些實施例中，以足以達成一p/p+磊晶晶圓之濃度用硼摻雜所得磊晶結構(即，基板及磊晶層)。磊晶層可具有減量數目個原生缺陷或可實質上無原生缺陷。

【0045】 與用於矽磊晶生長之一基板之其他形成方法及一磊晶晶圓

之形成方法相比，本發明之方法具有數種優點。已發現用硼重摻雜基板(例如， 2.8×10^{18} 個原子/cm³或更多之硼濃度)抑制間隙型位錯環之形成。亦已發現用硼重摻雜基板增強氧沈澱。在富含空位區域中，氧沈澱進一步增強(即，形成更大沈澱物)。增強隨著空位濃度更高而增加。據信，沈積於用硼重摻雜之一基板上之磊晶層中之原生缺陷在很大程度上由其上生長磊晶層之單晶矽基板之表面處之較大氧沈澱物引起。可與位錯環或纏結相關聯之此等較大氧沈澱物在磊晶程序期間不溶解，且據信在磊晶沈積之後導致磊晶層中之缺陷位點(例如，磊晶堆疊故障或「小丘」)。藉由在相對重摻雜基板中將 v/G 保持低於(或略微超過)臨界值，分別消除或減少空位，此抑制在磊晶沈積期間不溶解之相對較大氧沈澱物之形成。因此，可見，在將 v/G 控制為低於臨限值之情況下進行相對高硼摻雜藉此使歸因於間隙及空位之缺陷減量。

【0046】 在其中錠片段具有大於 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度之實施例中，片段完全富含間隙且可使用任何 v/G 比率。藉由控制 v/G 比率而非僅拉動速率 v ，可(例如，藉由使用經組態以提供熱梯度 G 之高值之熱區)保持程序生產率。

【0047】 藉由最小化錠片段處於自1150°C至950°C之溫度範圍之時間(例如，160分鐘或更小之停佇時間)，即使存在空位，仍可進一步減量或消除缺陷而無關於 v/G 值。

實例

【0048】 藉由以下實例進一步繪示本發明之程序。此等實例不應被視為限制意義。

實例1：不同硼摻雜位準下之矽錠之富含空位區域及富含間隙區域之

軸向趨勢

【0049】 圖3係展示針對三個硼摻雜位準富含空位區域及富含間隙區域之軸向趨勢之一單晶矽錠之一截面示意圖。圖3(a)展示用硼重摻雜(例如，在對應於晶種端處之 $22 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 之一目標電阻率(其係重硼摻雜矽基板之一典型規格)之 2.8×10^{18} 個原子/ cm^3 下進行相對輕摻雜)之矽晶體之富含空位區域及富含間隙區域之軸向趨勢。在圖3(a)之晶體中，在晶種(crystal seed)端處，富含空位區域跨整個晶體半徑自中心延伸至邊緣，且隨著硼濃度歸因於摻雜劑隔離(segregation)軸向增加而沿著晶體長度逐漸縮減。在V/I邊界處，亦展示OISF環之位置。OISF環在富含空位區域完全縮減之處消失。

【0050】 圖3(b)展示用硼重摻雜至一中間濃度(例如，在晶種端處在對應於晶種端處之 $16 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 之一目標電阻率(其係表示重硼摻雜矽基板之一典型中間電阻率規格)之 4.5×10^{18} 個原子/ cm^3 下進行相對中間摻雜)之矽晶體之富含空位區域及富含間隙區域之軸向趨勢。在此實例中，富含空位區域僅延伸直至距中心之一特定距離(甚至在晶種端處)。富含空位區域隨著硼濃度歸因於摻雜劑隔離軸向增加而沿著晶體長度逐漸縮減，且在某一軸向位置處完全消失。在V/I邊界處，亦展示OISF環之位置。OISF環在富含空位區域完全縮減之處消失。

【0051】 圖3(c)展示用硼重摻雜(例如，在晶種端處在對應於晶種端處之約 $10 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 之一目標電阻率(其係用於涵蓋 $5 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 至 $10 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ 之常見p++範圍之重硼摻雜晶體之一典型電阻率規格)之 8.0×10^{18} 個原子/ cm^3 下進行相對高摻雜)之矽晶體之富含空位區域及富含間隙區域之軸向趨勢。圖3(c)之缺陷圖案針對甚至更低電阻率(諸如 $5 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$)不變。不存

在富含空位區域且晶體完全富含間隙。未形成OISF環。在此高摻雜位準下，未觀察到 v/G 比率之影響，且可得出以下結論：缺陷性質完全藉由摻雜劑濃度單獨判定。

實例2：在自1150°C至950°C之溫度範圍內具有一相對較長時間及一相對短時間之情況下之來自一錠片段之晶圓之間之磊晶缺陷計數之比較

【0052】 圖4係在自1150°C至950°C之溫度範圍內具有一相對較長時間之情況下(標記為「實例1」)，由一雷射檢測工具量測之依據單晶錠中之基板晶圓之軸向位置而變化的磊晶缺陷計數之一圖表。在圖4之左側之資料點係針對以相對輕摻雜(例如， 2.8×10^{18} 個原子/cm³)用硼重摻雜之晶體，如圖3(a)中所展示。在圖4之右側之資料點係針對以相對中間摻雜(例如， 4.5×10^{18} 個原子/cm³)用硼重摻雜之晶體，如圖3(b)中所展示。

【0053】 圖5係在自1150°C至950°C之溫度範圍內具有一相對較短時間之情況下(標記為「實例2」)，由一雷射檢測工具量測之依據單晶錠中之基板晶圓之軸向位置而變化的磊晶缺陷計數之一圖表。在圖5之左側之資料點係針對以相對輕摻雜(例如， 2.8×10^{18} 個原子/cm³)用硼重摻雜之晶體，如圖3(a)中所展示。在圖5之右側之資料點係針對以相對中間摻雜，諸如(例如， 4.5×10^{18} 個原子/cm³)用硼重摻雜之晶體，如圖3(b)中所展示。

【0054】 如圖4及圖5中所展示，尤其針對更輕摻雜基板，縮短在自1150°C至950°C之溫度範圍內之時段使缺陷之數目減量。

【0055】 在圖6中展示依據錠片段在自1150°C至950°C之溫度範圍內之停佇時間而變化之圖4及圖5之缺陷計數。以菱形展示具有過量空位濃度之錠片段且藉由交叉展示在一相對較低空位濃度下生長之片段。如圖6

中所展示，磊晶缺陷取決於錠片段處於自1150°C至950°C之溫度範圍中之停佇時間。

【0056】 圖7展示各種錠片段在介於1150°C至950°C之間之溫度範圍內之停佇時間。將相對較低冷卻指示為「實例1」且將相對快速冷卻指示為「實例2」。選擇具有 4.32×10^{18} 個原子/cm³至 4.61×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度及 6.25×10^{17} 個原子/cm³之氧濃度之一錠片段。片段在其中心處之 v/G 係約 $0.25 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$ ，其多於上文針對片段之硼濃度指定之 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$ 範圍。選取在1150°C與950°C之間具有180分鐘停佇時間之一片段。將片段切片成晶圓且在各基板之正表面上生長矽磊晶層。藉由一雷射檢測工具量測磊晶晶圓以判定缺陷計數。平均磊晶缺陷計數係每晶圓16個，其遠高於藉由本發明之實施例達成之每晶圓3個之缺陷計數(例如，參見圖5及圖6及下文之表1)。

【0057】 圖7亦展示用於製備圖4 (「實例1」)及圖5 (「實例2」)之資料。

實例3：依據 v/G 而變化之缺陷計數

【0058】 表1展示針對各種測試批次之晶體片段中之硼濃度、氧濃度目標及在自1150°C至950°C之溫度範圍內花費之停佇時間。一磊晶矽層沈積於各基板上，且量測如用雷射檢測工具量測之磊晶缺陷計數。在表1中，「高」過量空位指示 v/G 高於上文所指定之 v/G 範圍(針對自 2.8×10^{18} 個原子/cm³至 5.4×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度， v/G 大於 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$)，且針對自 5.4×10^{18} 個原子/cm³至 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度， v/G 大於0.25)。「低」過量空位指示 v/G 小於上文所指定之 v/G 範圍(針對自 2.8×10^{18} 個原子/cm³至 5.4×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度， v/G 小於0.20

mm²/(分鐘*K)，且針對自 5.4×10^{18} 個原子/cm³至 8.0×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度， v/G 小於0.25)。

測試 批次 號	過量 空位 濃度	硼濃度(批次範圍) [原子/cm ³]	氧濃度 (目標) [原子/cm ³]	1150°C至 950°C下之 停佇時間 [分鐘]	磊晶缺陷 計數
1	高	(4.60至4.75)*10 ¹⁸	6.45*10 ¹⁷	128	< 3
2	高	(4.67至4.81)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	128	< 3
3	高	(4.32至4.61)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	160	>15
4	高	(4.44至5.00)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	130	>5
5	高	(4.51至5.19)*10 ¹⁸	6.45*10 ¹⁷	132	>5
6	低	(6.05至6.42)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	127	< 3
7	低	(6.91至7.52)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	129	< 3
8	低	(8.89至10.60)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	132	< 3
9	低	(8.83至10.40)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	132	< 3
10	低	(7.76至9.58)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	158	< 3
11	低	(7.46至8.89)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	152	< 3
12	高	(4.68至4.77)*10 ¹⁸	6.45*10 ¹⁷	45	< 3
13	高	(4.51至4.62)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	40	< 3
14	高	(4.90至5.11)*10 ¹⁸	6.45*10 ¹⁷	43	< 3
15	高	(4.82至4.90)*10 ¹⁸	6.45*10 ¹⁷	31	< 3
16	高	(4.68至4.88)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	31	< 3
17	低	(5.83至6.07)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	47	< 3
18	低	(5.95至6.11)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	41	< 3
19	低	(6.75至8.12)*10 ¹⁸	6.25*10 ¹⁷	32	< 3

表1：依據 v/G (即，過量空位濃度)而變化之缺陷計數

【0059】如表1中所展示，當過量空位濃度較低或當在自1150°C至950°C之溫度範圍內之停佇時間較低(或此等條件之一組合)時，可達成低缺陷計數。

【0060】如本文中所使用，術語「約」、「實質上」、「基本上」及「近似」在結合尺寸、濃度、溫度或其他實體或化學性質或特性之範圍使用時意謂涵蓋性質或特性範圍之上限及/或下限可存在之變動，包含例如因捨入、量測方法論產生之變動或其他統計變動。

【0061】當介紹本發明或本發明之(若干)實施例之元件時，冠詞「一」、「一個」、「該」及「所述」意欲意謂存在一或多個元件。術語「包括」、「包含」、「含有」及「具有」意欲為包含性的，且意謂存在除所列出元件以外之額外元件。指示一特定定向之術語(例如，「頂部」、「底部」、「側」等)之使用係為了方便描述且不要求所描述之品項之任何特定定向。

【0062】因為可在上文構造及方法中作出各種改變而不脫離本發明之範疇，所以上文描述中所含有及[若干]隨附圖式中所展示之全部事項應意欲被解釋為闡釋性的且非限制意義。

【符號說明】

【0063】

100: 拉錠器/拉錠器設備

102: 坩堝

104: (矽)熔融物

105: 軸件

106: 基座

- 107: 坩堝驅動單元
- 108: 拉晶器外殼
- 110: 底部絕熱件
- 111: (熔融物)表面
- 112: 升降機構
- 113: (矽)錠
- 114: 拉動機構
- 118: 拉動纜線
- 120: 卡盤
- 122: (矽)種晶
- 124: 側絕熱件
- 126: 底部加熱器
- 129: (坩堝)底板
- 131: 側壁
- 135: 側加熱器
- 142: 冠狀部分
- 145: 恆定直徑部分/主體
- 151: 熱屏蔽件
- 152: 生長腔室
- A: 拉動軸線/共同縱向軸線

【發明申請專利範圍】**【請求項1】**

一種具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，該矽基板進行硼摻雜，該方法包括：

將多晶矽之一初始裝料添加至一坩堝；

加熱包括多晶矽之該初始裝料之該坩堝以引起矽熔融物形成於該坩堝中；

將硼添加至該坩堝以產生一經摻雜矽熔融物；

使矽種晶與該經摻雜矽熔融物接觸；

抽出該矽種晶以生長一單晶矽錠，該錠具有一恆定直徑部分，其中該錠之該恆定直徑部分之一片段具有自 2.8×10^{18} 個原子/cm³至 5.4×10^{18} 個原子/cm³之硼濃度；

在該片段之該生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} \cdot \text{K})$ 且間隙(interstitials)係該片段中之主導固有點缺陷(dominant intrinsic point defect)；

將該錠之該恆定直徑部分之該片段自其凝固溫度冷卻至 950°C 或更小，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍中之停佇時間小於160分鐘。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中該恆定直徑部分具有一長度 D ，該片段之長度係至少 $0.5 \cdot D$ 。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自

1150°C至950°C之該溫度範圍中之該停佇時間小於120分鐘。

【請求項4】

如請求項1之方法，其中未用碳摻雜該熔融物。

【請求項5】

如請求項1之方法，其進一步包括將該單晶矽錠切片成基板。

【請求項6】

如請求項1之方法，其中將一單一摻雜物添加至該熔融物，該單一摻雜物係硼。

【請求項7】

一種用於製備一磊晶結構之方法，該方法包括：

藉由如請求項1之方法形成矽基板；及

使該矽基板之一前表面與一含矽氣體接觸，該含矽氣體分解以在該矽基板上形成一磊晶矽層。

【請求項8】

一種具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，該矽基板進行硼摻雜，該方法包括：

將多晶矽之一初始裝料添加至一坩堝；

加熱包括多晶矽之該初始裝料之該坩堝以引起矽熔融物形成於該坩堝中；

將硼添加至該坩堝以產生一經摻雜矽熔融物；

使矽種晶與該經摻雜矽熔融物接觸；

抽出該矽種晶以生長一單晶矽錠，該錠具有一恆定直徑部分，其中該錠之該恆定直徑部分之一片段具有自 5.4×10^{18} 個原子/cm³至 8.0×10^{18}

個原子/cm³之硼濃度；

在該片段之該生長期間控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.25 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} * \text{K})$ 且間隙係該片段中之主導固有點缺陷；

將該錠之該恆定直徑部分之該片段自其凝固溫度冷卻至 950°C 或更小，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自 1150°C 至 950°C 之溫度範圍中之停佇時間小於160分鐘；及

從該單晶矽錠切片成該基板。

【請求項9】

如請求項8之方法，其中該恆定直徑部分具有一長度 D ，該片段之長度係至少 $0.5 * D$ 。

【請求項10】

如請求項8之方法，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自 1150°C 至 950°C 之該溫度範圍中之該停佇時間小於120分鐘。

【請求項11】

如請求項8之方法，其中未用碳摻雜該熔融物。

【請求項12】

如請求項8之方法，其中該片段之長度係該錠之整個該恆定直徑部分。

【請求項13】

如請求項8之方法，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自 1150°C 至 950°C 之該溫度範圍中之該停佇時間小於60分鐘。

【請求項14】

如請求項8之方法，其中將一單一摻雜物添加至該熔融物，該單一摻雜物係硼。

【請求項15】

一種用於製備一磊晶結構之方法，該方法包括：

藉由如請求項8之方法形成矽基板；及

使該矽基板之一前表面與一含矽氣體接觸，該含矽氣體分解以在該矽基板上形成一磊晶矽層。

【請求項16】

一種具有減量致磊晶缺陷之原生核之矽基板之形成方法，該方法包括：

將多晶矽之一初始裝料添加至一坩堝；

加熱包括多晶矽之該初始裝料之該坩堝以引起一矽熔融物形成於該坩堝中；

將硼添加至該坩堝以製備具有至少 3.8×10^{17} 個原子/cm³之硼濃度之一經摻雜矽熔融物；

使矽種晶與該經摻雜矽熔融物接觸；

抽出該矽種晶以生長一單晶矽錠，該錠具有一恆定直徑部分；

在該錠之該恆定直徑部分之一片段之該生長期間，控制(i)一生長速度 v ，及/或(ii)一軸向溫度梯度 G ，使得比率 v/G 小於一臨界 v/G 且間隙係該片段中之主導固有點缺陷；及

將該錠之該恆定直徑部分之該片段自其凝固溫度冷卻至950°C或更小，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自1150°C至950°C之溫度範圍中之停佇時間小於160分鐘。

【請求項17】

如請求項16之方法，其中該恆定直徑部分具有一長度D，該片段之長度係至少 $0.5 * D$ 。

【請求項18】

如請求項16之方法，其中該錠之該恆定直徑部分之該片段處於自 1150°C 至 950°C 之該溫度範圍中之該停佇時間小於120分鐘。

【請求項19】

如請求項16之方法，其中：

當該恆定直徑部分之該片段中之該硼濃度係自 2.8×10^{18} 個原子/ cm^3 至 5.4×10^{18} 個原子/ cm^3 時，控制(i)該生長速度 v ，及/或(ii)該軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.20 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} * \text{K})$ 。

【請求項20】

如請求項16之方法，其中未用碳摻雜該熔融物。

【請求項21】

如請求項16之方法，其進一步包括將該單晶矽錠切片成基板。

【請求項22】

如請求項16之方法，其中該恆定直徑部分之該片段中之該硼濃度係自 5.4×10^{18} 個原子/ cm^3 至 8.0×10^{18} 個原子/ cm^3 ，控制(i)該生長速度 v ，及/或(ii)該軸向溫度梯度 G ，使得 v/G 小於 $0.25 \text{ mm}^2/(\text{分鐘} * \text{K})$ 。

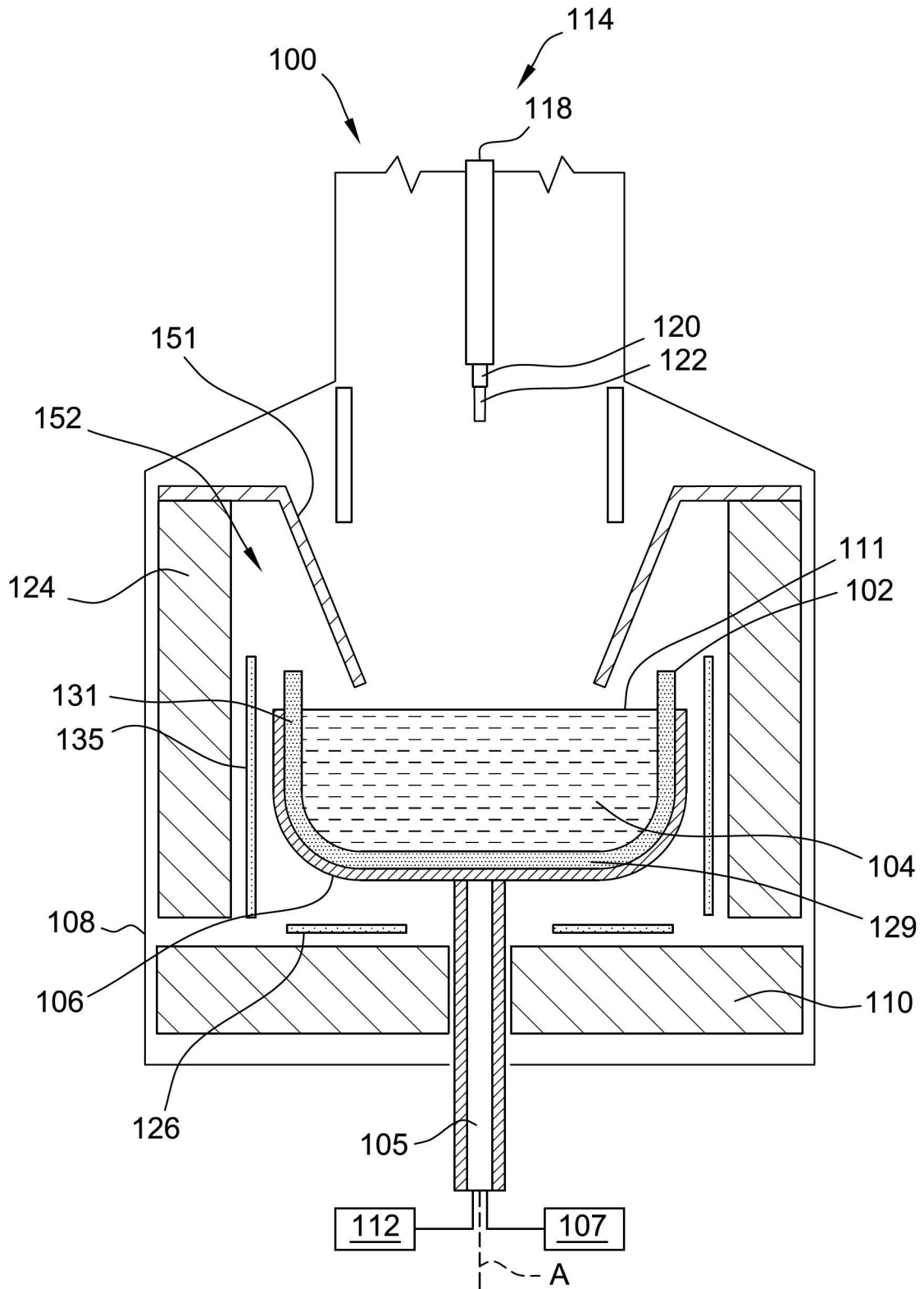
【請求項23】

如請求項16之方法，其中將一單一摻雜物添加至該熔融物，該單一摻雜物係硼。

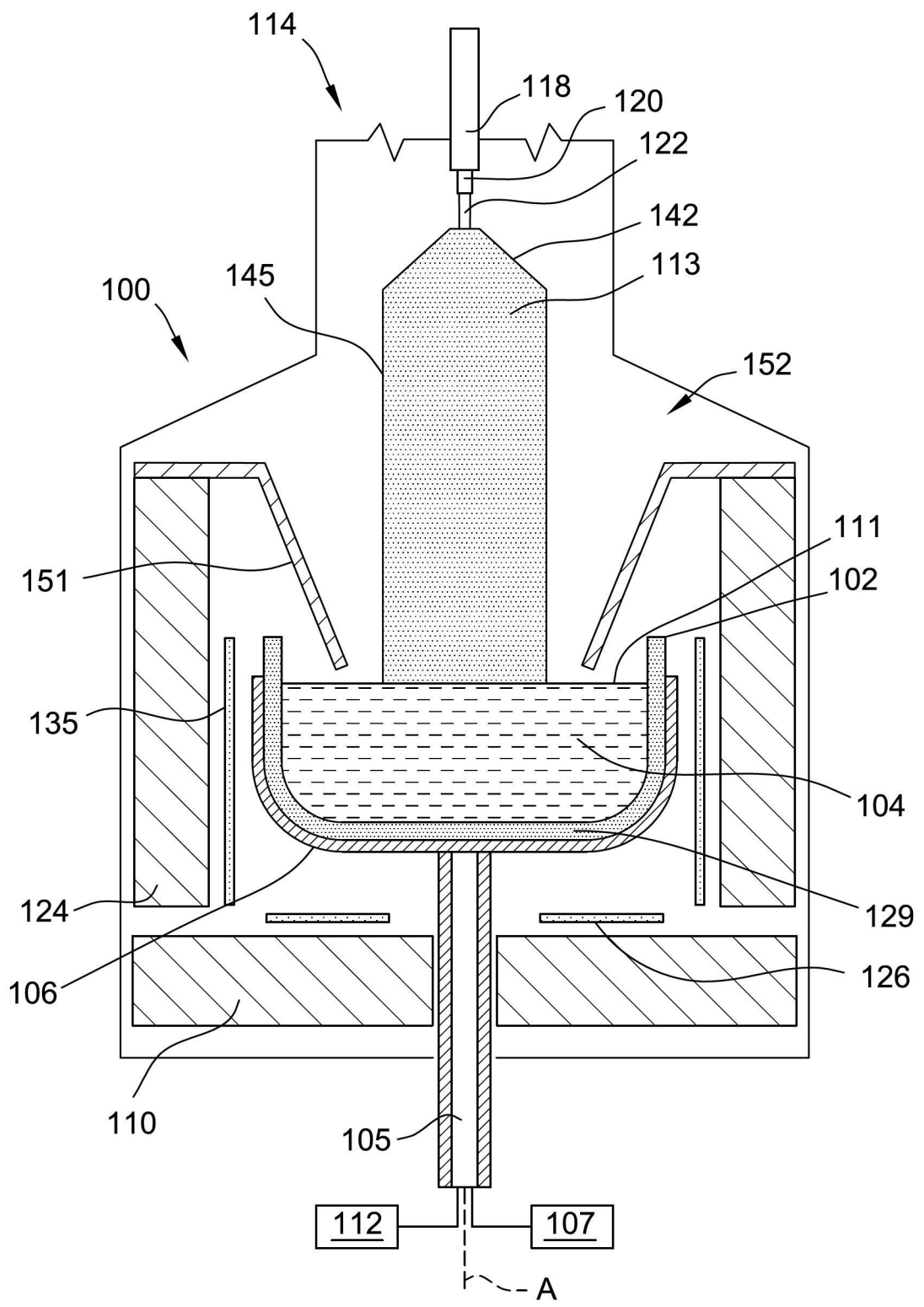
【請求項24】

一種一磊晶結構之製備方法，該方法包括：
藉由如請求項16之方法形成矽基板；及
使該矽基板之一前表面與一含矽氣體接觸，該含矽氣體分解以在該矽基板上形成一磊晶矽層。

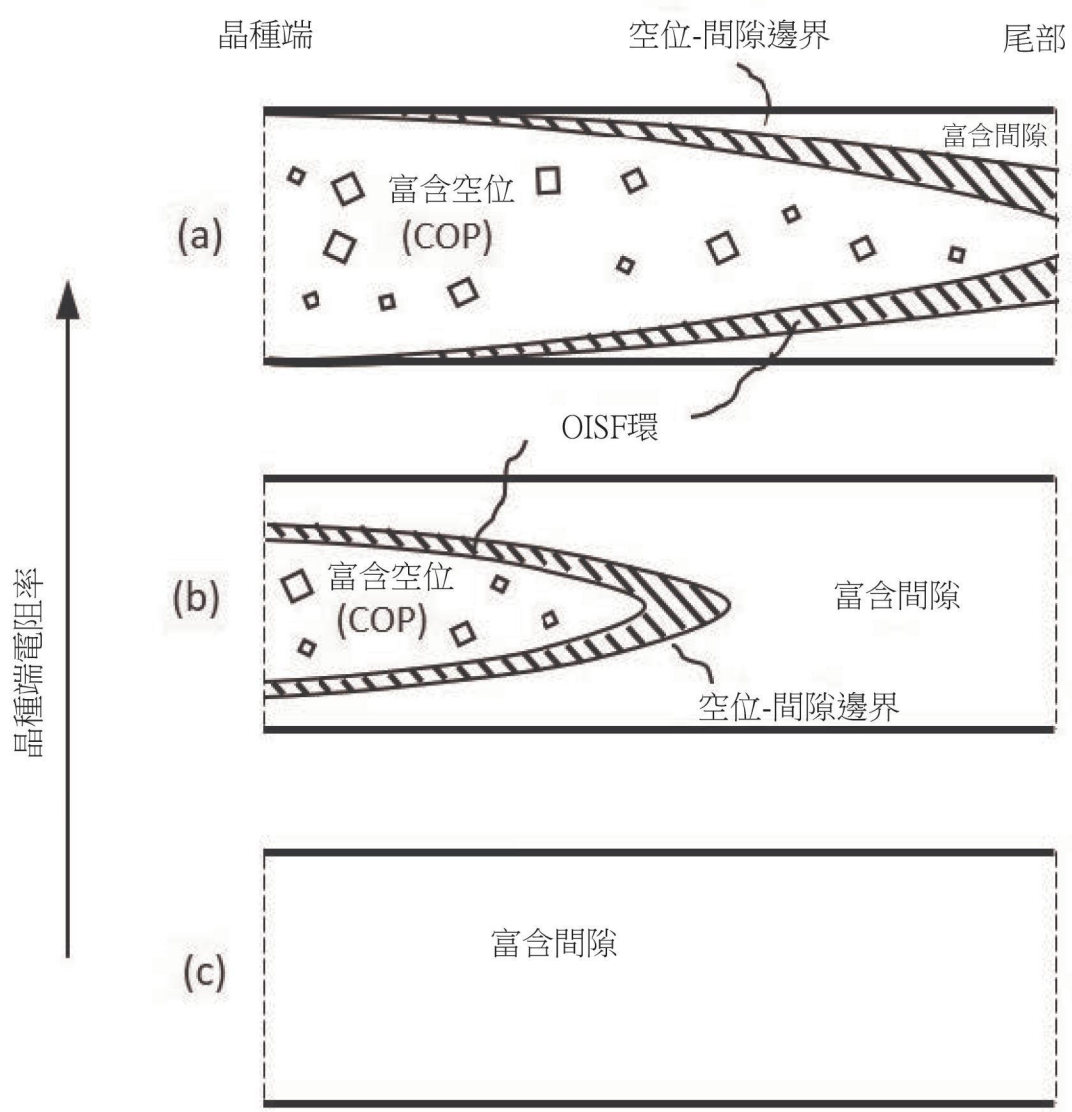
【發明圖式】



【圖1】

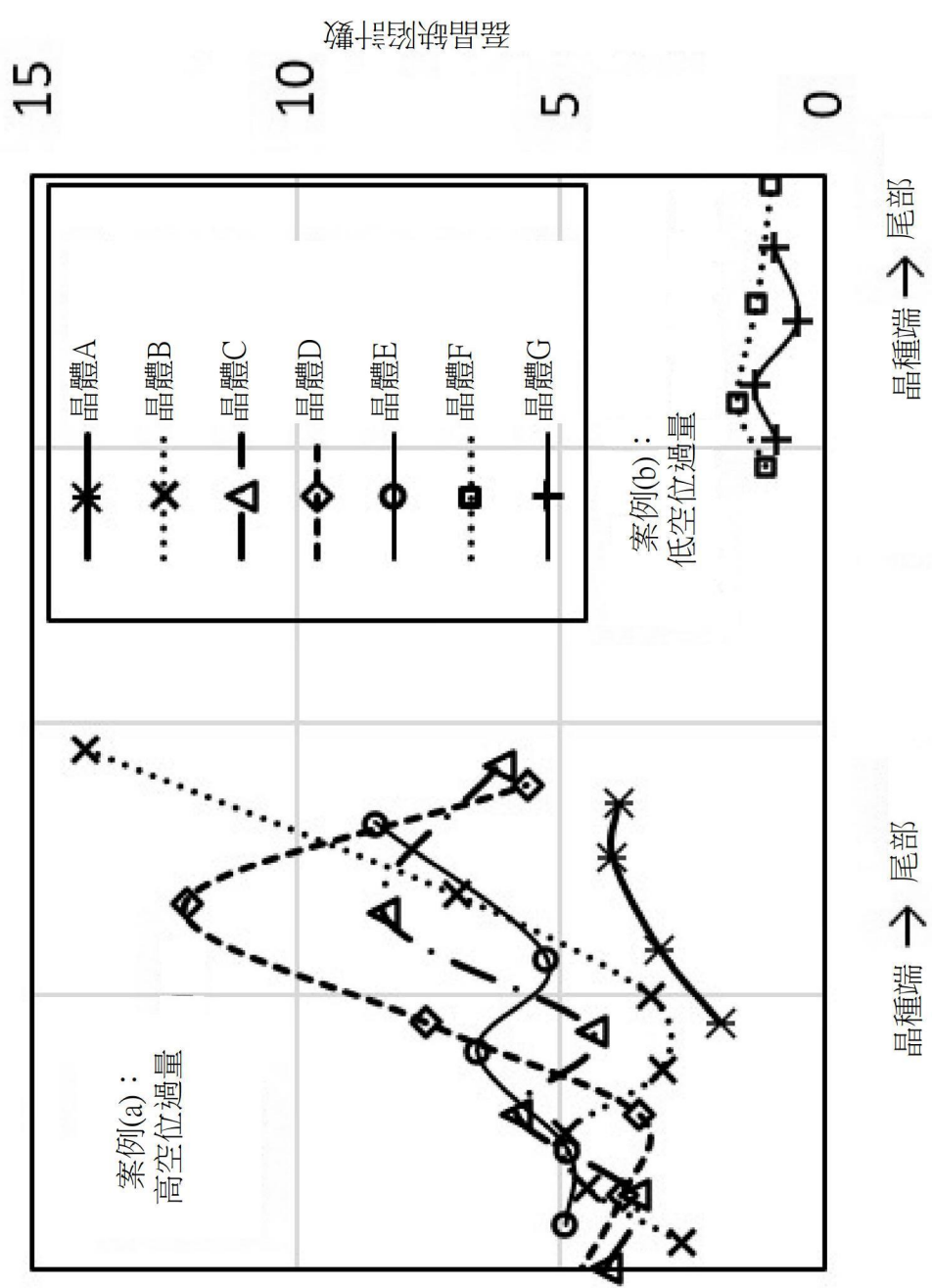


【圖2】



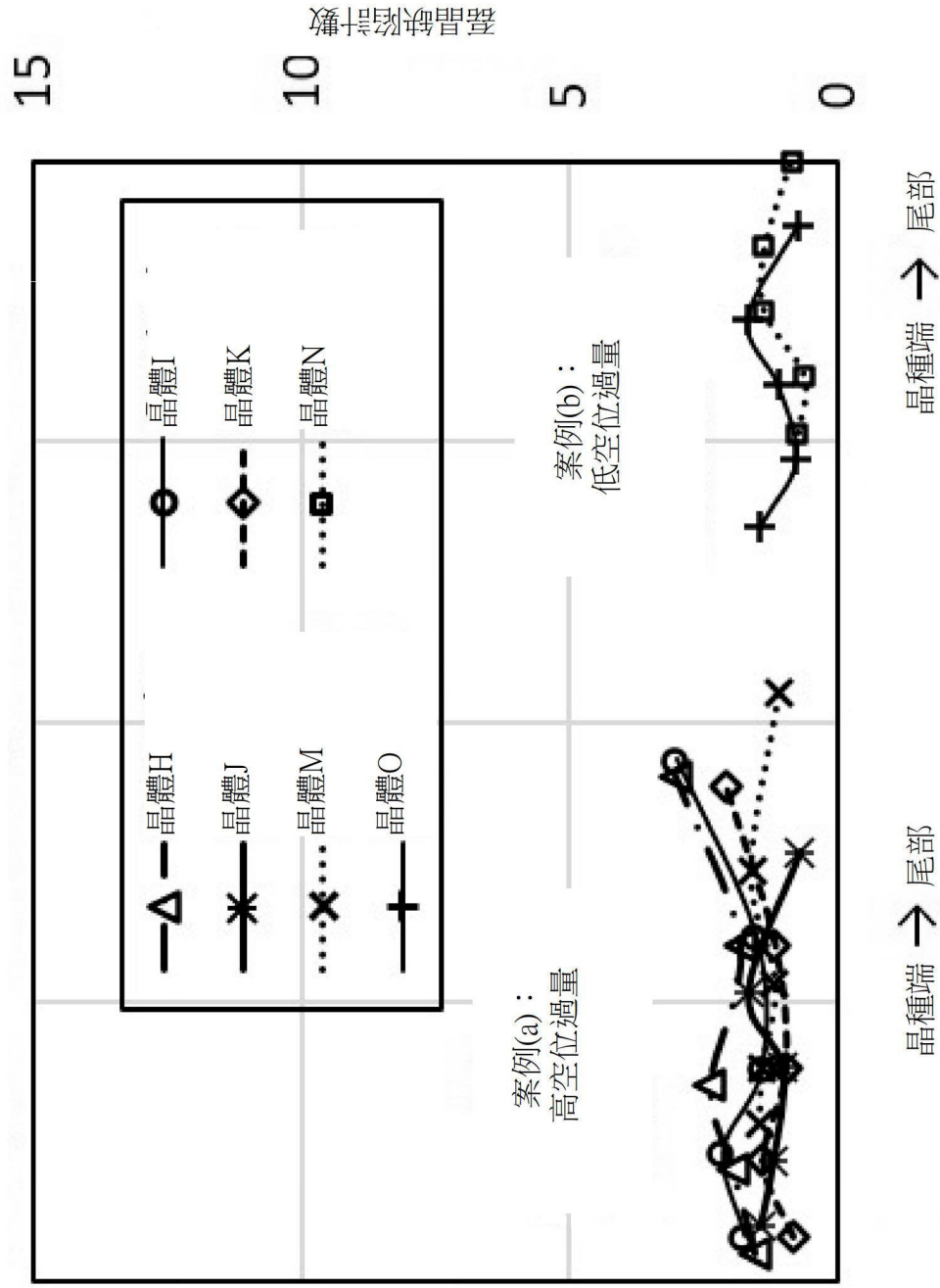
【圖3】

實例1-在1150°C至950°C範圍內之緩慢冷卻

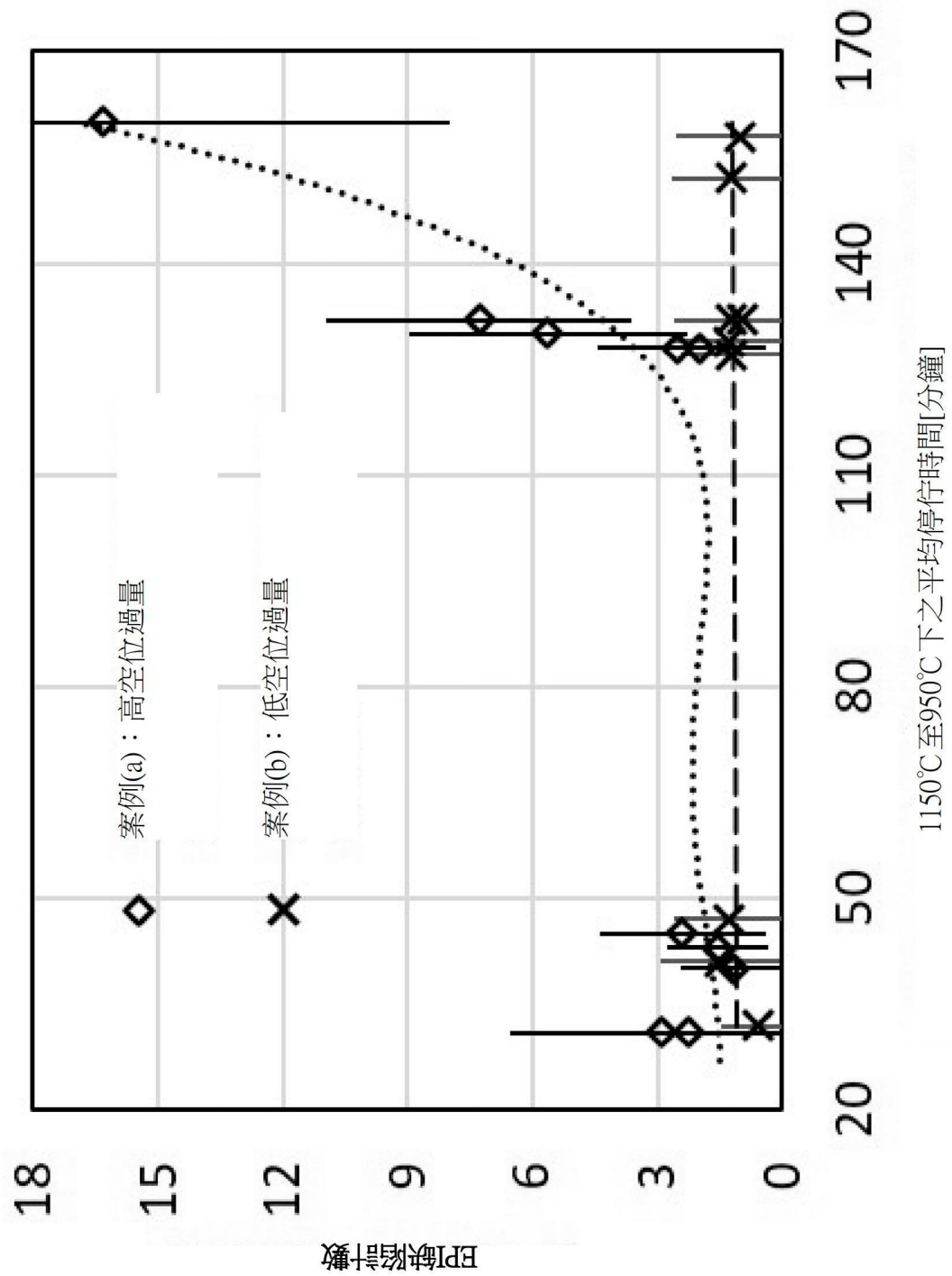


【圖4】

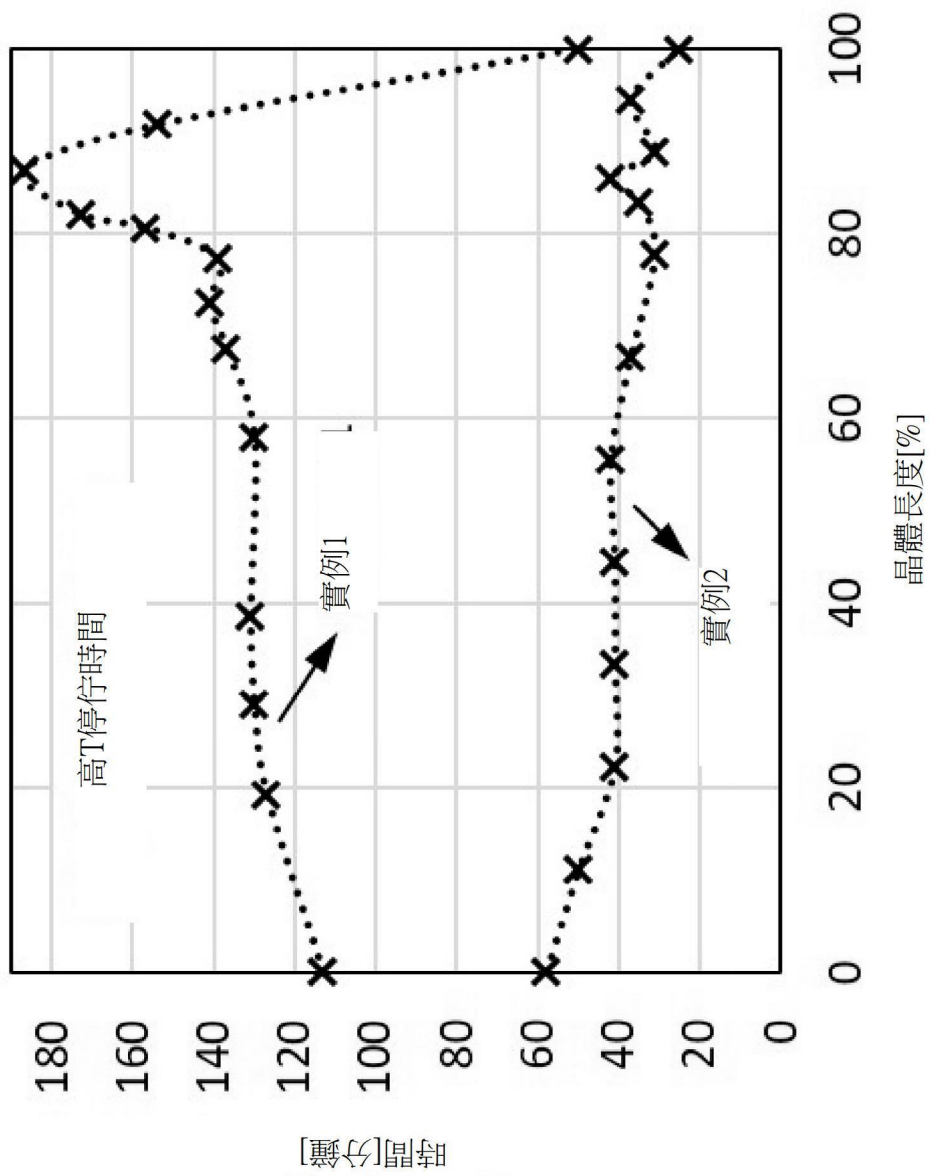
實例2-在1150°C至950°C範圍內之快速冷卻



【圖5】



【圖6】



【圖7】