202402711

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202402711 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：112120176 (22)申請日： 中華民國 112 (2023) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl.： *C04B35/52 (2006.01)* *C04B41/50 (2006.01)*
C04B41/87 (2006.01) *C30B15/00 (2006.01)*
C03B15/10 (2006.01) *C30B29/06 (2006.01)*

(30)優先權：2022/06/01 美國 63/347,897

(71)申請人：環球晶圓股份有限公司 (中華民國) GLOBALWAFERS CO., LTD. (TW)
新竹市工業東二路 8 號

(72)發明人：菲利浦 理查 J PHILLIPS, RICHARD J. (US)；路特 威廉 LUTER, WILLIAM (US)；哈德森 卡瑞喜瑪 瑪莉 HUDSON, CARISSIMA MARIE (US)；萊歐 傑伍 RYU, JAEWOO (US)

(74)代理人：陳長文；洪榮宗

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：3 共 35 頁

(54)名稱

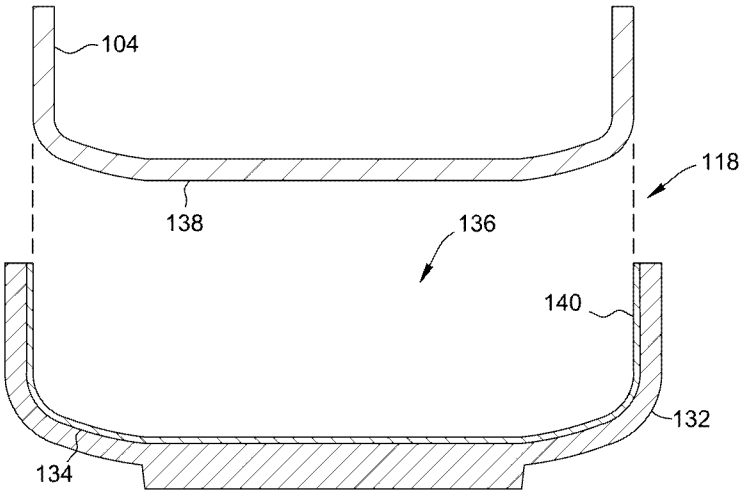
形成低碳汙染之單晶矽錠之方法及用於該方法之晶座

(57)摘要

一種用於在一晶體生長程序期間支撐一石英坩堝之石墨晶座包含具有一內表面及沈積至該內表面上之一塗層之一主體。該主體之該內表面界定一空腔，且該空腔具有與該坩堝之一外部大小及形狀互補的一大小及形狀。該塗層包含氮化硼及一燒結添加劑。該燒結添加劑經組態以促進該氮化硼之緻密化。

A graphite susceptor for supporting a quartz crucible during a crystal growth process includes a body having an interior surface and a coating deposited onto the interior surface. The interior surface of the body defines a cavity, and the cavity has a size and shape complementary to an outer size and shape of the crucible. The coating includes boron nitride and a sintering additive. The sintering additive is configured to promote densification of the boron nitride.

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

104:坩堝/石英坩堝/坩堝總成/經軟化坩堝

118:晶座/石墨晶座

132:主體

134:內表面

136:空腔

138:外表面

140:保護塗層/塗層/交錯塗層/最終塗層

【發明摘要】

【中文發明名稱】

形成低碳汙染之單晶矽錠之方法及用於該方法之晶座

【英文發明名稱】

METHODS FOR FORMING SINGLE CRYSTAL SILICON INGOTS WITH REDUCED CARBON CONTAMINATION AND SUSCEPTORS FOR USE IN SUCH METHODS

【中文】

一種用於在一晶體生長程序期間支撐一石英坩堝之石墨晶座包含具有一內表面及沈積至該內表面上之一塗層之一主體。該主體之該內表面界定一空腔，且該空腔具有與該坩堝之一外部大小及形狀互補的一大小及形狀。該塗層包含氮化硼及一燒結添加劑。該燒結添加劑經組態以促進該氮化硼之緻密化。

【英文】

A graphite susceptor for supporting a quartz crucible during a crystal growth process includes a body having an interior surface and a coating deposited onto the interior surface. The interior surface of the body defines a cavity, and the cavity has a size and shape complementary to an outer size and shape of the crucible. The coating includes boron nitride and a sintering additive. The sintering additive is configured to promote densification of the boron nitride.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

104: 坩堝/石英坩堝/坩堝總成/經軟化坩堝

118: 晶座/石墨晶座

132: 主體

134: 內表面

136: 空腔

138: 外表面

140: 保護塗層/塗層/交錯塗層/最終塗層

【發明說明書】

【中文發明名稱】

形成低碳汙染之單晶矽錠之方法及用於該方法之晶座

【英文發明名稱】

METHODS FOR FORMING SINGLE CRYSTAL SILICON INGOTS WITH REDUCED CARBON CONTAMINATION AND SUSCEPTORS FOR USE IN SUCH METHODS

【技術領域】

【0001】本揭露之領域係關於在一丘克拉斯基(Czochralski)程序中形成低碳汙染之單晶矽錠之方法。在本文中所揭露之實施例中，一保護塗層用以減少或防止在該程序期間使用之一石墨晶座與一石英坩堝之間的一反應。在某些實施例中，該塗層包含氮化硼及促進氮化硼緻密化以有助於防止或最小化矽錠與硼及/或氮之交叉汙染之一燒結添加劑。

【先前技術】

【0002】單晶矽係用於製作諸如半導體器件及太陽能電池等許多電子組件之大多數程序之起始材料，其常常藉由分批丘克拉斯基(CZ)法或連續丘克拉斯基(CCZ)法來製備。在此等方法中，將呈固體原料材料形式之一多晶原材料(諸如多晶矽(polycrystalline silicon或polysilicon))裝進一石英坩堝並熔化，使單個種晶與熔融矽或熔體接觸，且藉由緩慢萃取生長一單晶矽錠。

【0003】多晶矽亦可使用一定向凝固程序直接鑄造成錠。自多晶矽錠切下之晶圓常常用於電子行業中及用來生產太陽能之光伏打電池中。一般而言，多晶矽係用於光伏打電池之較佳矽源，而非單晶矽，由於與典型

的單晶矽生產相比，多晶矽由於通量率更高、勞力密集操作更少且供應成本更少而成本更低。在一定向凝固程序中，生矽在一石英坩堝中熔化且在一單獨坩堝中或同一坩堝中定向地凝固。控制錠之凝固，使得熔融矽單向地凝固在鑄件之凝固前沿處。以此一方式所生產之多晶矽係晶體顆粒之一結塊，由於在坩堝壁處具有高密度之不均質成核位點，因此顆粒之定向相對於彼此係隨機的。一旦多晶矽錠形成，則該錠可被切割成方塊，且進一步被切割成晶圓。

【0004】在此等方法中，石英坩堝在熔化固體原料材料所需之高溫度下尺寸不穩定。為了防止在晶體生長程序期間坩堝之翹曲或變形，坩堝由適當地由諸如石墨等含碳材料形成之一晶座支撐。石墨在熔化矽原料材料所需的溫度下尺寸穩定。

【0005】在晶體生長程序期間，來自石墨晶座之碳與來自石英坩堝之二氧化矽可彼此反應，以產生呈一氣態形式之氧化碳產物及氧化矽產物，諸如藉由以下反應：

$SiO_2 + C \rightarrow SiO(g) + CO(g)$；及

$SiO_2 + 3C \rightarrow SiC + 2CO(g)$。

【0006】此等及其他氣態產物(例如，CO_2)由流動在晶座及坩堝周圍之惰性氣體帶走，且可掃掠進矽熔體，藉此使碳汙染熔體。當惰性氣體流帶走了該等氣態反應產物時，新的碳及二氧化矽表面暴露出來，藉此促進坩堝與晶座之間的連續反應，且致使熔體被進一步汙染。自該熔體生長之矽晶錠及自此等錠切下之晶圓可具有一相對高的碳濃度。

【0007】眾所周知，碳汙染會導致半導體器件發生電流洩漏，且因此造成半導體器件效能較差。因此，在CZ及CCZ晶體生長程序期間，最

小化熔體之碳汙染並消除潛在碳源係合意的。

【0008】坩堝與反應器之間的連續反應亦導致對坩堝及晶座之侵蝕。通常，一坩堝用於單個生長程序，而晶座可用於多次運行。然而，由於對晶座之侵蝕連續循環，因此晶座快速地劣化，此縮短晶座之使用壽命。因此，在CZ及CCZ晶體生長程序以及定向凝固程序兩者中，最小化坩堝與晶座之間的反應以提供一較持久晶座係合意的。

【0009】眾所周知之用於試圖解決及/或減少在一晶體生長程序期間熔體之碳汙染的系統及方法，不足以達到用於先進半導體器件之當前及未來碳要求及/或不足以防止矽晶與用以防止坩堝與晶座之間的一反應之材料之交叉汙染。

【0010】需要一種用於製備矽晶錠之方法，該方法有助於減少矽晶中之碳含量且有助於防止矽晶與惰性塗層材料之交叉汙染。

【0011】此章節意欲向讀者介紹可與下文將闡述及/或主張之本揭露之各種態樣相關的技術之各種態樣。據信此討論有助於為讀者提供先前技術資訊以促進對本揭露之各種態樣之一更好理解。因此，應理解，應以此觀點來閱讀此等敘述，而非作為對先前技術之認可。

【發明內容】

【0012】在一項態樣中，一種用於自一矽熔體生產一單晶矽錠之方法，其包含提供具有界定一空腔之一內表面之一石墨晶座及將一塗層沈積至該晶座之該內表面上。該塗層包含氮化硼及一燒結添加劑。該燒結添加劑促進該氮化硼之緻密化。該方法亦包含將一石英坩堝定位於該晶座之該空腔中。該坩堝具有接觸該塗層之一外表面。該方法進一步包含將多晶矽添加至該坩堝，加熱該多晶矽以致使在該坩堝中形成一矽熔體，及自該矽

熔體拉拔出一單晶矽錠。

【0013】在另一態樣中，一種用於在一晶體生長程序期間支撐一石英坩堝之石墨晶座，其包含具有一內表面及沈積至該內表面上之一塗層之一主體。該內表面界定一空腔。該空腔具有與該坩堝之一外部大小及形狀互補的一大小及形狀。該塗層包含氮化硼及一燒結添加劑。該燒結添加劑經組態以促進該氮化硼之緻密化。

【0014】在另一態樣中，一種用於在一石墨晶座之一內表面與一石英坩堝之一外表面之間形成一塗層之方法，其包含提供氮化硼與一燒結添加劑之一微粒混合物，將該氮化硼與該燒結添加劑之該微粒混合物沈積至該晶座之該內表面上，及燒結該經沈積微粒混合物以藉此形成該塗層。燒結該經沈積微粒混合物包含使用該燒結添加劑來促進該氮化硼之緻密化。

【0015】存在關於上文所提及態樣所注意之特徵之各種改進形式。其他特徵亦可併入於本揭露之上文所提及態樣中。此等改進形式及額外特徵可個別地或以任一組合形式存在。例如，下文所討論與所圖解說明實施例中之任一者相關之各種特徵可單獨地或以任一組合形式併入於本揭露之上文所闡述態樣中之任一者中。

【圖式簡單說明】

【0016】圖1係用於形成一單晶矽錠之一拉拔裝置之一示意剖面側視圖；

【0017】圖2係用於圖1中所展示之拉拔裝置中之一坩堝及一晶座之一分解剖面圖，該晶座具有根據本揭露之實施例之一保護塗層；以及

【0018】圖3A及圖3B係用於製備圖2中所展示之保護塗層之一惰性材料與一燒結添加劑之微粒混合物之示意性圖解說明。

【0019】遍及該等圖式，對應元件字符指示對應部件。

【實施方式】

【0020】本申請案主張2022年6月1日提出申請之第63/347,897號美國臨時專利申請案之優先權，該美國臨時專利申請案之揭露內容以其全文引用的方式併入本文中。

【0021】參考圖1，示意性地展示了一拉錠裝置或拉錠器且大體上指示為100。拉錠器100用以生產半導體或太陽級材料之單晶體(亦即，單晶)錠，諸如，舉例而言，單晶矽錠。在某些實施例中，藉由所謂的丘克拉斯基(CZ)程序來生長錠，在該程序中自拉晶器100之一坩堝104內所盛納之一矽熔體102中提取出錠。在某些實施例中，藉由一分批CZ程序來生長錠，在該程序中將足以生長一個錠之量的多晶矽裝進坩堝104，使得在生長出一個錠之後坩堝104基本上耗盡矽熔體102。在其他實施例中，藉由一連續CZ (CCZ)程序來生長錠，在該程序中將多晶矽持續地或週期性地添加至坩堝104以在生長程序期間補足矽熔體102。CCZ程序有助於生長自單個熔體102中拉拔出之多個錠。然而，本文中所闡述標的物之實施例不限制於一特定晶體生長程序。舉例而言，在其他實施例中，可使用針對太陽施用程序之一定向凝固程序來生長一多晶矽錠。

【0022】拉錠器100包含一殼體106，該殼體界定一晶體生長室108及具有比生長室108小之一橫向尺寸之一拉拔室110。生長室108具有自生長室108轉變至經縮窄拉拔室110之一大體上圓頂形上壁112。拉錠器100包含可在晶體生長期間用以將一程序氣體引入拉錠器100且自該拉錠器移除之一入口埠114及一出口埠116。

【0023】拉錠器100內之坩堝104含有從中抽取一矽錠之矽熔體

102。坩堝104可由石英或熔融二氧化矽製成，其具有一高熔點及高熱穩定性且大體上不與熔體102中之熔融矽反應。應理解，在不背離本揭露之範疇之情況下，坩堝104可由除石英之外的其他材料製成。舉例而言，石英坩堝104可由包含二氧化矽及一額外材料(例如，氮化矽或碳化矽)之一複合材料製成。

【0024】矽熔體102藉由熔化被裝進坩堝104之多晶矽而獲得。在連續系統中，一進料系統(未展示)用於將固體原料材料送至坩堝總成104及/或熔體102中。坩堝104定位於一晶座118內且由該晶座支撐，該晶座繼而由一可旋轉軸120支撐。晶座118及可旋轉軸120有助於坩堝104繞拉錠器100之一中央縱向軸線X旋轉。

【0025】一加熱系統122 (例如，一或多個電阻加熱器)環繞晶座118及坩堝104且藉由透過晶座118及坩堝104傳導來供應熱量，從而熔化矽裝料以生產熔體102及/或將熔體102維持在一熔融狀態中。加熱器122亦可延伸至晶座118及坩堝104下方。加熱系統122由一控制系統(未展示)控制，使得在整個拉拔程序中精確地控制熔體102之溫度。舉例而言，控制器可控制經提供至加熱系統122之電流以控制由加熱系統122供應之熱能的量。控制器可控制加熱系統122使得熔體102之溫度被維持在大約矽之熔化溫度(例如，大約1412°C)以上。舉例而言，熔體102可被加熱至至少大約1425°C、至少大約1450°C或甚至至少大約1500°C之一溫度。環繞加熱系統122之絕緣材料(未展示)可減少透過殼體106損失之熱量。拉錠器100亦可包含處於熔體102之表面上方之一熱屏蔽總成(未展示)，用於屏蔽錠免受坩堝104之熱量以增加在固體-熔體介面處之軸向溫度梯度。

【0026】一拉拔機構(未展示)被附接至自該機構向下延伸之一拉拔

線124。該機構能夠升高及降低拉拔線124以及旋轉拉拔線124。取決於拉拔器之類型，拉錠器100可具有一拉拔軸，而非一線。拉拔線124終止於一拉拔總成126中，該拉拔總成包含一種晶夾頭128，其固持用以生長矽錠之一種晶130。在生長錠時，該拉拔機構降低種晶130直至其接觸矽熔體102之表面。一旦種晶130開始熔化，則該拉拔機構緩慢地將種晶升高穿過生長室108及拉拔室110以生長單晶錠。拉拔機構旋轉種晶130之速度及拉拔機構升高種晶之速度(亦即，拉拔速率v)由控制系統控制。隨著種晶130自熔體102緩慢升高，來自熔體102之矽原子自身與種晶130對準並附著至該種晶以形成一晶錠。

【0027】一程序氣體(例如，氬)透過入口埠114被引入至生長室108及拉拔室110中且透過出口埠116提取。程序氣體在殼體內形成一大氣壓且熔體與大氣壓形成一熔體-氣體介面。出口埠116與拉錠器之一排氣系統(未展示)流體流通。

【0028】在操作期間，使矽裝料熔化及/或維持熔體102所需之溫度亦可致使石英坩堝104軟化。可由具有一高熱穩定性之石墨或者其他含石墨烯或含碳材料製成之晶座118提供用於支撐經軟化坩堝104之一剛性外部結構。在拉拔程序溫度下，坩堝104與晶座118之間的接觸可使得來自石英坩堝104之二氧化矽能夠與來自晶座118之碳反應。該等反應致使二氧化矽分解成氧化矽(SiO)氣體且致使碳氧化形成氣態含碳反應產物(諸如，舉例而言，一氧化碳(CO)及二氧化碳(CO_2))。因此，石墨晶座118可被侵蝕，此可在晶座118中形成空隙或空腔。由此侵蝕造成之結構性降解可縮短晶座118之使用壽命且可需要替換晶座118。另外，穿過拉錠器100流動之程序氣體可攜載氣態含碳反應產物離開坩堝104及晶座118且進入

熔體102中。此暴露新鮮的碳及二氧化矽表面，造成連續形成氣態含碳反應產物且侵蝕晶座118。攜載進入熔體102中之碳種可藉由對流行進至生長錠之固體-熔體介面。因此，自熔體102拉拔出之錠可被碳汙染。錠之碳汙染可造成自錠切下之晶圓在最終用途結構或器件中具有較差效能。

【0029】現在參考圖2，展示了晶座118及坩堝104之一分解剖面圖。晶座118包含一主體132，該主體包含界定經定大小以接納石英坩堝104之一空腔136之一內表面134。當坩堝104定位於空腔136內時，坩堝104具有朝向晶座118之內表面134定向之一外表面138。坩堝104之外表面138具有對應於由晶座118之內表面134界定之空腔136之形狀的一形狀，使得在一拉拔程序期間坩堝104裝配至晶座118之內表面134中且由其支撐。

【0030】晶座118之內表面134塗佈有一保護塗層140。塗層140可完全覆蓋或實質上覆蓋內表面134，或者可覆蓋內表面134之至少一部分。在錠生長期間，坩堝104接觸塗層140。塗層140適當地覆蓋內表面134之一充足部分，以抑制或防止石英坩堝104之外表面138與石墨晶座118之內表面之間的接觸。在某些實施例中，塗層140可另外或替代地覆蓋除內表面134之外的區域，以使得塗層140能夠抑制或防止石墨晶座118與石英坩堝104之間的接觸且以其他方式發揮如本文中所闡述之功能。舉例而言，除了或替代覆蓋晶座118之內表面134之外，塗層140可覆蓋坩堝104之外表面138之至少一部分。

【0031】塗層140適當地由一材料形成，該材料在拉拔程序條件下(例如，在拉拔溫度下)對晶座118之碳及坩堝104之二氧化矽兩者呈化學惰性。在此方面，塗層140提供限制、抑制或防止石墨晶座118與石英坩堝

104之間的直接接觸之一化學惰性屏障，且在拉錠器100內所產生之處理條件下限制、抑制或防止晶座118之碳與坩堝104之二氧化矽之間的一反應。

【0032】用以形成塗層140之惰性材料可係氮化硼(BN)、氮化矽(Si_3N_4)或其一組合。氮化硼可尤其適合作為惰性材料，由於其具有高的熱穩定性及化學穩定性且甚至在高溫度下亦抗氧化。在一拉拔程序期間，氮化矽可傾向於在高溫度下利用多種化學計量法形成Si-O-N化合物。隨著溫度增加(例如，高於1550°C)，Si-O-N鍵可傾向於昇華成使塗層140降級之其他氣相。氮化硼(BN)由於硼原子與氮原子之間的共價鍵之強度而不具有形成氧化產物之一類似趨勢，且可具有比氮化矽更高更高的一功能性溫度上限。

【0033】塗層140可施用為包含懸浮在一液體溶液中之惰性材料粒子之一塗層組合物。適當地，當該塗層組合物施用至晶座118之內表面134時，該塗層組合物包含按有助於惰性材料粒子之間的充分重疊之量而懸浮在液體溶液中之惰性材料(例如，氮化硼)粒子。舉例而言，該塗層組合物可包含按重量計至少大約5%惰性材料粒子。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計至少大約15%、或甚至按重量計至少大約30%惰性材料粒子。在各種實施例中，塗層組合物可包含按重量計自大約5%至大約50%惰性材料粒子、按重量計自大約15%至大約50%、按重量計自大約10%至大約40%、按重量計自大約20%至大約40%，或按重量計自大約30%至大約40%惰性材料粒子。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計大約37.5%惰性材料粒子。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計大約25%惰性材料粒子。出於本揭露之目的，且除非以其他方式具體闡述，否

則「塗層組合物」或僅「組合物」之所包含組分之百分比係指最初施用至晶座118之內表面134之材料(例如，懸浮在液體溶液中之惰性材料粒子)，而非在額外處理步驟(例如，介質汽化、加熱或燒結等等)之後形成之塗層140自身。除非以其他方式具體闡述，否則按重量計一組分之百分比(%)意指基於組合物之總重量，該組分在該組合物中之量。

【0034】在不受一特定理論約束之情況下，據信，惰性材料粒子之大小可影響塗層組合物之流變性且影響施用之簡易性。在某些實施例中，惰性材料粒子之平均標稱直徑可小於大約100 μm。在其他實施例中，惰性材料粒子之平均標稱直徑可小於大約50 μm、小於大約25 μm或甚至小於大約10 μm。利用較小粒子大小大體上導致塗層組合物具有經改良流動性。當惰性材料粒子為氮化硼時，氮化硼粒子具有一d_{50} (中位數值)為大約0.5 um及一d_{90}為大約0.8 um (亦即，90%的粒子具有小於大約0.8 um之一粒子大小)之一粒子大小分佈。惰性材料粒子亦可闡述為粉末，或闡述為奈米大小粒子。

【0035】當施用為具有經懸浮惰性材料粒子之一液體溶液形式時，該塗層組合物包含額外組分，諸如一介質、黏合劑、分散劑、穩定劑及諸如此類。選擇該等組分使得配方不會使石英或SiO反玻璃化。現在將闡述考慮在塗層組合物中使用之組分。

【0036】該組合物可包含一介質，在該介質中惰性材料(例如，氮化硼)實質上保持呈微粒形式。大體而言，應理解，惰性材料及添加劑(諸如一黏合劑、分散劑、穩定劑及諸如此類)中之一或多者可不溶解、部分溶解或完全溶解於介質中且術語「介質」、「稀釋劑」及「溶劑」可互換使用且不意指將本揭露之實施例限制於其中一或多個組分會或不會溶解於介

質中之組合物中。

【0037】介質可包含一有機化合物或可係水性的。然而，應注意，在一水性溶液中存在水可導致可在較高處理溫度下與石墨晶座118反應之熟化塗層中有更多氧氣。因此，雖然可在不背離本揭露之情況下利用水性溶液，但在某些實施例中使用一非水性的介質可係較佳的。較佳地，介質在任何乾燥步驟期間容易汽化。在其中一水性介質用於一液體溶液之實例中，可根據存在額外組分(例如，下文進一步闡述之黏合劑、分散劑及/或穩定劑)的量調整組合物以便達成液體塗層組合物之一所要液體黏度。

【0038】介質可包含一C1至C10乙醇且可係異丙醇或乙醇。選擇介質量以獲得液體塗層組合物之一適當液體黏度。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計至少大約10%介質。在其他實施例中，組合物可包含按重量計至少大約30%、至少大約50%或甚至至少大約70%介質。在各種其他實施例中，組合物包含按重量計自大約10%至大約80%介質、自大約30%至大約70%、自大約40%至大約60%，或甚至按重量計自大約45%至大約55%介質。在某些實施例中，組合物可包含按重量計大約49.5%介質。組合物可包含多於一種介質，其中組合物中之介質總重量分率如上文所闡述。應瞭解，組合物可包含以便獲得液體塗層組合物之一適當液體黏度之其他介質量。介質量可取決於例如所使用之介質類型(例如，有機的或水性的)而改變。另外，液體塗層組合物之一適當液體黏度可取決於用以施用液體塗層組合物之技術而改變。舉例而言，如下文所闡述，與塗刷技術相比，氣溶膠噴灑技術可需要液體塗層組合物之一更低液體黏度。

【0039】塗層組合物亦可包含一或多種黏合劑，其用作在施用後將組合物之組分(且更特定而言，惰性材料(例如，氮化硼)粒子)黏合至晶座

118之內表面134且彼此黏合。大體而言，在整個施用及乾燥中，黏合劑更改塗層組合物之流變性並維持介質中之粒子分佈。在某些實施例中，黏合劑溶解於介質中。在某些實施例中，黏合劑係聚乙烯丁醛，諸如BUTVAR® B-76 (購自伊士曼(Eastman))。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計至少大約0.5%、至少大約2%、至少大約5%或至少大約10%、或者甚至至少大約15%黏合劑。在各種實施例中，組合物包含按重量計自大約0.5%至大約20%黏合劑、自大約0.5%至大約10%、自大約0.5%至大約8%，或按重量計自大約2%至大約8%黏合劑。在某些實施例中，塗層組合物包含大約5.6重量%黏合劑。在某些實施例中，組合物不包含一黏合劑。組合物可包含多於一種黏合劑，其中組合物中之黏合劑之總重量分率如上文所闡述。

【0040】塗層組合物亦可包含一或多種分散劑。大體而言，分散劑用作在將塗層組合物施用至晶座118之內表面134之前防止惰性材料粒子沉落。適合的分散劑大體上不會對塗層組合物增添金屬雜質且在一熱循環期間純淨燃燒及分解。可選擇(上文所闡述之)穩定劑及分散劑之組合物，使得在無裂縫或有最少裂縫之情況下，實現對用以形成塗層140之塗層組合物進行乾燥。在某些實施例中，分散劑係一非水性聚合體分散劑，諸如SOLSPERSE® 20000 (購自路博潤公司(Lubrizol Corp))。塗層組合物可包含按重量計至少大約0.05%分散劑，且在其他實施例中，至少大約0.1%、至少大約0.5%、至少大約1%或甚至按重量計至少大約5%分散劑。在各種其他實施例中，組合物包含按重量計自大約0.05%至大約10%分散劑、自大約0.05%至大約5%或按重量計自大約0.5%至大約2.5%分散劑。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計大約1.8%分散劑。在某

些實施例中，組合物不包含一分散劑。組合物可包含多於一種分散劑，其中組合物中之分散劑總量如上文所闡述。

【0041】塗層組合物亦可包含一穩定劑。適合的穩定劑大體上不會對塗層組合物增添金屬雜質且在一熱循環期間純淨燃燒及分解。可選擇(上文所闡述之)穩定劑及分散劑之組合，使得在無裂縫或有最少裂縫之情況下，實現對用以形成塗層140之塗層組合物進行乾燥。舉例而言，穩定劑可係聚乙二醇，諸如CARBOWAX®聚乙二醇400 (購自陶氏化學公司(Dow Chemical Co.))。塗層組合物可按重量計包含至少大約0.5%、至少大約2%、至少大約5%、至少大約10%或甚至至少大約15%穩定劑。在各種實施例中，組合物包含按重量計自大約0.5%至大約20%穩定劑、自大約0.5%至大約10%、自大約0.5%至大約8%或自大約2%至大約8%穩定劑。在某些實施例中，塗層組合物包含按重量計大約5.6%穩定劑。在某些實施例中，組合物不包含一穩定劑。組合物可包含多於一種穩定劑，其中組合物中之穩定劑總量如上文所闡述。

【0042】用於施用具有懸浮在一液體溶液中之惰性材料粒子之塗層組合物之技術之非限制性實例包含塗刷或氣溶膠噴灑。在塗刷施用中，可利用一刷具(例如，一泡沫刷具)將塗層組合物刷塗至晶座118之內表面134上。在氣溶膠噴灑施用中，可使用一加壓噴灑槍將塗層組合物施用至晶座118之內表面134上。大體而言，相比藉由塗刷技術施用，塗層組合物在藉由氣溶膠噴灑施用時具有一更低液體黏度，使得能夠有效噴灑塗層組合物。在此方面，相比藉由塗刷施用，塗層組合物在藉由氣溶膠噴灑施用時可包含更少量的惰性材料粒子。舉例而言，可塗刷塗層組合物可包含按重量計大於30%惰性材料粒子，諸如按重量計自大約30%至大約50%惰性材

料粒子，而可噴灑塗層組合物可包含按重量計小於30%惰性材料粒子，諸如按重量計自大約5%至大約30%惰性材料粒子。類似地，相比藉由塗刷施用，塗層組合物在藉由氣溶膠噴灑施用時可具有更大量的介質。舉例而言，可塗刷塗層組合物可包含按重量計大於70%介質，諸如按重量計自大約70%至大約80%介質，而可噴灑塗層組合物可包含按重量計小於60%介質，諸如自大約40%至大約60%介質。

【0043】塗刷及/或噴灑施用可在一通風罩下、適當地在大氣壓力下及在低於塗層組合物之閃點之一溫度下執行。隨後，藉由空氣乾燥或一熱處理乾燥晶座118之內表面134上之塗層組合物，以移除介質。塗層組合物中之分散劑、黏合劑及/或穩定劑可按足以有助於減緩介質之表面蒸發之量包含在內，使得藉由蒸發自底層移除適量介質。否則，最外層之表面可在自薄膜塊體已蒸發適量介質之前過快地脫皮，此可導致於塗層140中形成針孔。在某些實施例中，可多次施用並隨後乾燥塗層組合物以移除介質從而達到一所要厚度。

【0044】一旦已達成所要厚度，則可將晶座118加熱至充分分解、汽相化及/或排出其餘液體組分(例如，黏合劑、分散劑、穩定劑、任何其餘介質及諸如此類)之一溫度。大體而言，加熱可藉由對具有施用至內表面134上之塗層組合物之晶座118進行加熱直至達成所要溫度來達成。移除黏合劑、分散劑、穩定劑、其餘介質及諸如此類以形成塗層140。直至塗層140含有按重量計小於5%殘餘碳或者按重量計小於大約3%或小於大約1%殘餘碳，可移除完此等組分。在某些實施例中，將晶座118加熱至至少大約150°C、至少大約200°C、至少大約300°C、至少大約400°C或甚至至少大約750°C以移除任何黏合劑、穩定劑、分散劑及其餘介質化合物。在

各種其他實施例中，可將晶座118加熱至自大約100°C至750°C，或自400°C至750°C。可將晶座118加熱至少大約1小時，且在其他實施例中，至少大約2小時、至少大約3小時或自大約1小時至大約5小時。在某些實施例中，用至少大約2小時將晶座118加熱至至少大約300°C。大氣壓可係在自大約60托(0.08 atm)至大約1大氣壓或者自大約150托(0.20 atm)至大約1大氣壓之一壓力(真空)下。在其他實施例中，使用高於大氣壓之壓力，諸如，舉例而言，至少1大氣壓、至少2大氣壓或甚至至少5大氣壓之壓力。

【0045】可在存在一惰性氣體(諸如，舉例而言，氮、氦或氬)時加熱晶座118。在加熱期間，環境空氣亦可用作大氣壓但較為不佳，由於其可將氧氣引入至塗層140中。此外，如熟習此項技術者所瞭解，可控制爐之建構材料以及氣體流以避免塗層140氧化。

【0046】藉此，塗層140包含自塗層組合物(例如，下文進一步詳細地闡述之惰性材料粒子及燒結添加劑)剩餘之微粒材料。亦可執行一燒結步驟以緻密化及強化塗層140。此可另外且後續執行上文所闡述之加熱以自塗層組合物移除液體組分，或可作為移除用以形成塗層140之液體組分並燒結塗層140兩者之單個步驟執行。在特定實施例中，在熔毀一矽裝料期間執行燒結以最小化處理時間。為達成燒結，可將晶座118加熱至自大約900°C至大約1600°C之一溫度。在某些實施例中，將晶座118加熱至至少大約1000°C、至少大約1100°C、至少大約1400°C或甚至至少大約1500°C之一溫度。塗層140可在溫度下燒結自至少大約1小時至數天之一持續時間。在某些實施例中，塗層140被燒結至少大約6小時。可在存在一惰性氣體(諸如，舉例而言，氮、氦或氬)時燒結塗層140。大氣壓可係

自大約60托(0.08 atm)至大約1大氣壓或自大約150托(0.20 atm)至大約1大氣壓之一壓力(真空)。在其他實施例中，使用高於大氣壓之壓力，諸如，舉例而言，至少1大氣壓、至少2大氣壓或甚至至少5大氣壓之壓力。

【0047】塗層140亦可藉由其他施用技術形成，諸如，舉例而言，化學汽相沈積或電漿噴塗技術。在電漿噴塗施用中，透過於其中粒子與電漿氣體(例如，氬氣、氦氣、氮氣、氫氣或其一組合)混合之一或多個粉末進料器將惰性材料粒子及額外粉末添加劑或微粒添加劑(例如，下文進一步詳細地闡述之燒結添加劑)送至一熱電漿射流(例如，一DC電漿炬)中。粒子具有一適當大小分佈(例如，大約5μm至100μm之大小)有助於透過電漿射流進行適量混合及移動。粒子以一高速度(例如，50 m/s-3000 m/s)加速且被快速加熱至一高溫度(例如，自大約2000°C至大約3000°C)並且朝向晶座118之內表面134被引導。經軟化或熔融粒子衝擊內表面134藉此在晶座118與坩堝104之間沈積具有一所要厚度之塗層140。相比其他沈積技術(例如，塗刷或噴灑施用)，電漿噴塗技術可具有數個優點。舉例而言，電漿噴塗可有助於在生產量及簡易操作方面具有高效率。電漿噴塗亦可有助於減少處理時間，由於可消除用以形成塗層140之一單獨加熱及/或燒結步驟之需要。此外，可控制電漿噴塗之處理條件以有助於調整塗層性質。此外，藉由電漿噴塗沈積之塗層140可適當地係一準永久交錯塗層140，從而在數個使用晶座118之拉拔程序之後減少重新施用塗層140之需要，此可係塗層140自可塗刷塗層組合物或可噴灑塗層組合物形成之情形。

【0048】當塗層140形成時，包含於塗層140中之粒子(例如，惰性材料粒子及額外粒子，諸如下文進一步詳細地闡述之一燒結添加劑)形成交錯於石墨晶座118與石英坩堝104之間的一薄膜。交錯塗層140表現為一經

燒結單體部件且在石墨晶座118與石英坩堝104之間展現出極佳的化學惰性。然而，已觀察到，基本上由惰性材料粒子(例如，氮化硼)形成之一交錯塗層140具有最小強度。藉此，塗層140之惰性材料粒子具有彼此破裂及分離之可能性。舉例而言，在一拉拔程序期間，可藉由流動穿過拉錠器100進入至矽熔體102中之程序氣體攜載鬆散的惰性材料粒子。惰性材料粒子可然後行進至生長錠之固體-熔化介面。因此，自熔體102拉拔出之錠可被惰性材料粒子汙染，此負面地影響錠及自錠切下之晶圓之電阻率。舉例而言，來自鬆散的氮化硼粒子之硼原子或氮原子可作為非期望摻雜物被引入至熔體102中且可導致錠電阻率之波動。此外，在稍後的拉拔程序中問題加劇，由於隨著時間鬆散的粉末繼續自塗層140破裂。鬆散的粉末聚集在晶座118與坩堝104之間的區域，該區域在停止拉拔程序時不能充分清潔，導致處理延遲且增加製造時間及成本。為了使塗層140更具功能性且利用碳與二氧化矽表面之間降低的反應性，提供具有更大強度之一交錯塗層140係所要的。

【0049】為此目的，已發現，燒結添加劑可與惰性材料粒子混合以有助於改良塗層140之耐久性且有助於最小化惰性材料粒子自塗層140破裂之可能性並且致使經由交叉汙染在使用拉拔器100所生長的錠中具有有害性質。

【0050】因此，在本揭露之實施例中，塗層140由惰性材料粒子(例如，氮化硼)與促進塗層140中之惰性材料粒子緻密化之一燒結添加劑之一混合物形成，且大體上改良惰性材料粒子與晶座118之內表面134及彼此之附著性。特定而言，燒結添加劑在燒結溫度(例如，自大約900°C至大約1600°C)下藉由形成一粒間液相來有助於惰性材料之擴散及黏合，藉此促

進經燒結塗層140中之惰性材料之緻密化。舉例而言，添加劑包含氧化矽(二氧化矽、SiO_2)、碳化矽(SiC)、硼酸(氫硼酸鹽、H_3BO_3)、氧化鋁(三氧化二鋁、Al_2O_3)、氧化釔(三氧化二釔、Y_2O_3)、氧化鋯(ZrO_2)、氮化鋁(AlN)及氧化鑭(三氧化二鑭、(La2O3))中之一或多者。

【0051】燒結添加劑按適合於達成塗層140之目標緻密化性質之量包含在內。在此方面，包含於塗層140中之燒結添加劑之量可大大改變，使得塗層140能夠具有一廣泛範圍之可達成強度性質。在一拉拔程序期間，可藉由矽熔體中之惰性材料(例如，氮化硼)之可接受的交叉汙染量來判定目標緻密化性質，此繼而可取決於錠及自此等錠切下之晶圓之一目標電阻率。

【0052】在某些實例中，錠可具有一高目標電阻率。高電阻率錠可具有至少大約5000歐姆-釐米、至少大約7500歐姆-釐米、至少大約10,000歐姆-釐米或甚至至少大約100,000歐姆-釐米之一目標電阻率。在此等實例中，由於被引入至熔體中之非想要摻雜物可對電阻率波動具有一相對較大影響，因此交叉汙染被適當地最小化。因此，在此等實例中，當燒結塗層140時，燒結添加劑可按足以形成具有惰性材料(例如，氮化硼)之至少一適度黏合薄膜之量包含在內。

【0053】在某些實例中，錠可具有一相對較低目標電阻率。舉例而言，錠可具有小於大約5000歐姆-釐米、諸如小於大約1000歐姆-釐米或甚至小於大約500歐姆-釐米之一目標電阻率。在此等實例中，在矽熔體中惰性材料(例如，氮化硼)之一相對較高交叉汙染量可係可接受的。因此，在此等實例中，當燒結塗層140時，燒結添加劑可按足以提供一鬆散的潤滑系統以緻密化氮化硼之量包含在內。

【0054】此外，包含於塗層140中之燒結添加劑之量必須使得塗層140保留由惰性材料(例如，氮化硼)提供之惰性性質。

【0055】因此，塗層140中之燒結添加劑對惰性材料(例如，氮化硼)之質量比可自至少大約1:100至高達大約1:1。通常，燒結添加劑不以會超過燒結添加劑對惰性材料大約1:1之一質量比之量來添加。在某些實施例中，燒結添加劑對惰性材料之質量比係大約1:50、大約1:40、大約1:30、大約1:20、大約1:15、大約1:10、大約1:9、大約1:8、大約1:7、大約1:6、大約1:5、大約1:4、大約1:3、大約1:2或大約1:1。如上文所討論，質量比可經選擇為適合於達成塗層140之目標緻密化性質之任何量。在塗層140之塗刷或噴灑施用中，液體塗層組合物可包含按重量計至少大約0.01%燒結添加劑至達按重量計大約30%燒結添加劑。在各種實施例中，藉由塗刷或噴灑施用施用之液體塗層組合物可包含按重量計自大約1%至大約25%燒結添加劑、按重量計自大約5%至大約20%，或按重量計自大約10%至大約15%燒結添加劑。在塗層140之電漿噴塗施用中，燒結添加劑可按如上文所闡述之具有惰性材料粒子之一質量比包含在內。適當地，當藉由電漿噴塗施用塗層140時，質量比為燒結添加劑與惰性材料自大約1:20至大約1:1、自大約1:15至大約1:1，或自大約1:10至大約1:1。在一項實例中，當藉由電漿噴塗施用塗層140時，質量比為燒結添加劑與惰性材料大約1:4。當藉由電漿噴塗施用塗層140時，燒結添加劑可按相對於惰性材料粒子之一重量、按重量計至少大約0.01%至高達大約50%之量包含在內。在各種實施例中，當藉由電漿噴塗施用塗層140時，燒結添加劑按相對於惰性材料粒子之重量、按重量計自大約1%至大約50%、按重量計自大約10%至大約40%或按重量計自大約20%至大約30%之量包含在內。在

一項實例中，當藉由電漿噴塗施用塗層140時，燒結添加劑按相對於惰性材料粒子之重量、按重量計大約25%之量包含在內。

【0056】如上文所討論，可使用熱塗層程序(例如，電漿噴塗)或濕式塗層程序(例如，液體塗層組合物之塗刷或氣溶膠噴灑)來施用燒結添加劑。適當地，燒結添加劑按足以使得惰性材料粒子(例如，氮化硼)能夠黏在一起以形成一緻密硬化塗層140之量包含在內。在此方面，相比完全或實質上完全由惰性材料(例如，氮化硼)形成之一塗層140，包含燒結添加劑以得到更為鬆散的塗層140。因此，燒結添加劑有助於塗層140與氮化硼脫落之粒子並因此交叉汙染熔體102之一較低可能性。此外，燒結添加劑按適合於避免使如本文中所闡述之塗層140之熱耐久性及惰性功能性降級之量包含在內。亦即，相比由惰性材料(例如，氮化硼)完全或實質上完全形成之一塗層140之熱耐久性，過量的燒結添加劑可導致塗層140之熱持久性明顯地下降。在一項實例中，藉由電漿噴塗施用塗層140，且由作為惰性材料之氮化硼之一微粒混合物形成塗層140，並且自碳化矽(SiC)、氧化釔(三氧化二釔、Y_2O_3)、氮化鋁(AlN)、氧化鑭(三氧化二鑭(La2O3)及此等材料中之兩者或更多者之混合物中選擇一燒結添加劑，其中燒結添加劑對氮化硼之質量比係大約1:4 (亦即，燒結添加劑按相對於氮化硼之重量、按重量計大約25%之量包含在內)。

【0057】可執行如上文所闡述之燒結塗層140(或用以形成塗層140之塗層組合物)，該塗層包含惰性材料粒子(例如，氮化硼)及用以緻密化並強化塗層140之燒結添加劑。然而，一燒結步驟不限制於任何特定燒結程序，且無論塗層140是自施用為一液體溶液之一塗層組合物形成還是藉由電漿噴塗形成，可利用一燒結步驟。無論燒結添加劑是燒結於真空中、一

惰性氣體大氣壓中還是空氣中，該等燒結添加劑能夠適當地發揮如本文中所闡述之功能。在空氣中燒結之情形下，由於燒結添加劑在燒結期間最不易在空氣中反應，因此適當地使用包含氧化物(例如，二氧化矽、硼酸、氧化鋁、氧化釔、氧化鋯及氧化鑭)之彼等燒結添加劑。此外，應瞭解，數個機制可能對燒結起作用。舉例而言，機制(諸如在晶粒界之間形成玻璃相)可取決於玻璃系統之黏度而在低至900°C下被啟動，但更通常地，該機制將取決於在經升高溫度下之一所要程序持續時間而在1200°C至1800°C範圍中被啟動。另一機制涉及燒結添加劑之蒸發及冷凝，其中藉由蒸發燒結添加劑來發生輸送及後續的緻密化，其中該燒結添加劑被蒸汽輸送，然後隨著後續緻密化及強度發展在一汽相冷凝模式中成分被冷凝。另一機制係亦隨著強度發展，燒結添加劑內之固體擴散。在一給定溫度或壓力下，強度或物理性質發展之程度亦將取決於亦作為一因素之持續時間。

【0058】參考圖3A及圖3B，展示了燒結添加劑與惰性材料粒子(例如，氮化硼)之混合物之實例性分佈300A及300B。特定而言，此等展示兩種用以獲得惰性材料粒子與燒結添加劑之混合物以有助於改良經燒結塗層140之強度之實例性方法。

【0059】在圖3A中，一分離的微粒混合物300A包含直接與惰性材料粒子304A混合之燒結添加劑粒子302A。分離的微粒混合物300A可作為惰性材料之單獨粒子304A及燒結添加劑之粒子302A被送至具有用以形成塗層140 (圖2)之電漿噴塗粒子之一熱電漿射流。另外，分離的微粒混合物300A可作為惰性材料之單獨粒子304A及燒結添加劑之粒子302A添加至一塗層組合物，藉此粒子302A及304A懸浮在包含例如一介質、分散劑、黏

合劑、穩定劑及諸如此類之一液體溶液中。

【0060】在圖3B中，一經塗佈微粒混合物300B包含塗佈有燒結添加劑302B之惰性材料粒子304B。為形成經塗佈微粒混合物300B，將燒結添加劑302B添加至一水性溶液，且利用含有燒結添加劑302B之溶液洗滌惰性材料之粒子304B。洗滌之後，塗佈惰性材料粒子304B，將漿料乾燥以移除水性介質(例如，水)，藉此生產經塗佈微粒混合物300B。經塗佈微粒混合物300B可隨後被送至用於電漿噴塗用以形成塗層140(圖2)之經塗佈微粒混合物300B之一熱電漿射流。另外，可將經塗佈微粒混合物300B添加至一塗層組合物，藉此經塗佈微粒混合物300B懸浮在包含例如一介質、分散劑、黏合劑、穩定劑及諸如此類之一液體溶液中。

【0061】根據本揭露，兩種方法可有助於惰性材料粒子與燒結添加劑之混合物具有一較寬廣範圍的功能性。經選擇方法取決於意欲使用之從中獲得充分經燒結強度之燒結添加劑之質量。如此，經選擇方法將取決於塗層140之目標緻密化性質、塗層140之目標惰性及/或交叉汙染之一容忍位準。經塗佈微粒混合物300B (圖3B中所展示)之一個優點係：混合物300B提供燒結添加劑302B與將與燒結添加劑302B接觸之另一晶粒的一較高點接觸。因此，為了獲得塗層140之機械強度，可需要較少燒結添加劑302B。然而，為了獲得此一分佈以及控制得到塗層140之所要機械性質之塗佈有燒結添加劑302B之惰性材料粒子304B之粒子大小，微粒混合物300B自身之上前方處理將需要某些額外程序步驟。相反，分離的微粒混合物300A (圖3A中所展示)更多的係一機械混合物，其使用燒結添加劑粒子302A及惰性材料粒子304A之入射粒子大小分佈。粒子與粒子之接觸(其中燒結添加劑粒子302A跨越一晶粒彼此接觸)具有一較低發生率，因此可

需要燒結添加劑粒子302A之一較高重量負載。可基於最終塗層140中所要之因素(諸如所要薄膜塗層密度、抗刮性、耐久性等等)選擇粒子之實際形態及分佈。

【0062】使用所揭露塗層之優點包含減少或防止形成氣態產物，諸如由來自石墨晶座之碳(C)與來自石英坩堝之二氧化矽(SiO_2)之間發生反應($C_{(s)}+ SiO_{2(s)} \rightarrow CO_{(g)} + SiO_{(g)}$)而產生之氧化碳(CO)及氧化矽(SiO)。額外優點包含促進用以形成塗層之惰性材料緻密化，藉此增加塗層之強度且減少一矽熔體與惰性塗層材料之交叉汙染。此外，該等塗層利用有助於一較廣泛範圍之功能性之材料，該較廣泛範圍之功能性可藉由一拉拔程序所生長之錠之目標規格進行定製。此外，該等塗層可適當地施用為準永久薄膜，促進減少在拉拔程序之間需要施用塗層之頻率。

【0063】如本文中所使用，當聯合尺寸、濃度、溫度或其他物理或化學性質或特性之範圍使用時，術語「大約」、「實質上」、「基本上」及「約」意指覆蓋可存在於性質或特性之範圍之上限及/或下限中之變化，包含例如由舍入法、量測方法論或其他統計變化造成之變化。

【0064】在介紹本揭露或其實施例之元素時，冠詞「一(a、an)」、「該(the)」及「該(said)」欲意指存在該等元素中之一或多者。術語「包括」、「包含」及「具有」意欲具有包含性並且意指除了所列舉元素外可能亦具有額外元素。使用指示一特定定向(例如，「頂部」、「底部」、「側」等等)之術語係為方便說明且並不要求所闡述物項之任何特定定向。

【0065】由於可在不背離本揭露之範疇之情況下對上述建構及方法作出各種改變，因此意欲應將上文說明中所含有及(各)附圖中所展示之所

有事物解釋為說明性且不具有一限制意義。

【符號說明】

【0066】

100: 拉錠器/拉晶器/拉拔器

102: 矽熔體/熔體

104: 坩堝/石英坩堝/坩堝總成/經軟化坩堝

106: 殼體

108: 晶體生長室/生長室

110: 拉拔室/經縮窄拉拔室

112: 大體上圓頂形上壁

114: 入口埠

116: 出口埠

118: 晶座/石墨晶座

120: 可旋轉軸

122: 加熱系統/加熱器

124: 拉拔線

126: 拉拔總成

128: 種晶夾頭

130: 種晶

132: 主體

134: 內表面

136: 空腔

138: 外表面

140: 保護塗層/塗層/交錯塗層/最終塗層

300A: 實例性分佈/分離的微粒混合物

300B: 實例性分佈/經塗佈微粒混合物/混合物/微粒混合物

302A: 燒結添加劑粒子/粒子

302B: 燒結添加劑

304A: 惰性材料粒子/單獨粒子/粒子

304B: 惰性材料粒子/粒子

X: 中央縱向軸線

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於自一矽熔體生產一單晶矽錠之方法，其包括：

提供具有界定一空腔之一內表面之一石墨晶座；

將一塗層沈積至該晶座之該內表面上，該塗層包括氮化硼及一燒結添加劑，其中該燒結添加劑促進該氮化硼之緻密化；

將一石英坩堝定位於該晶座之該空腔中，該坩堝具有接觸該塗層之一外表面；

將多晶矽添加至該坩堝；

加熱該多晶矽以致使在該坩堝中形成一矽熔體；及

自該矽熔體拉拔出一單晶矽錠。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中沈積該塗層包含將該氮化硼及該燒結添加劑電漿噴塗至該晶座之該內表面上。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中該塗層中之該燒結添加劑對該氮化硼之一質量比係自1:20至1:1。

【請求項4】

如請求項1之方法，其中沈積該塗層包含將一塗層組合物施用至該晶座之該內表面上，該塗層組合物包括該氮化硼、該燒結添加劑、一有機介質，以及視情況一穩定劑、一黏合劑及一分散劑中之一或多者。

【請求項5】

如請求項4之方法，其進一步包括自施用至該晶座之該內表面上以藉

此形成該塗層之該塗層組合物中移除該有機介質及若存在，該穩定劑、該黏合劑及該分散劑中之該一或多者。

【請求項6】

如請求項5之方法，其進一步包括在移除該有機介質及若存在該穩定劑、該黏合劑及該分散劑中之該一或多者期間及/或之後燒結該塗層。

【請求項7】

如請求項4之方法，其中該塗層組合物包括按重量計自0.1%至50%的該氮化硼。

【請求項8】

如請求項4之方法，其中該塗層中之該燒結添加劑對該氮化硼之一質量比係自1:100至1:1。

【請求項9】

如請求項1之方法，其中該燒結添加劑包括二氧化矽、碳化矽、硼酸、氧化鋁、氧化釔、氧化鋯、氮化鋁、氧化鑭或其一組合。

【請求項10】

一種用於在一晶體生長程序期間支撐一石英坩堝之石墨晶座，該晶座包括：

一主體，其具有界定一空腔之一內表面，該空腔具有與該坩堝之一外部大小及形狀互補之一大小及形狀；及

一塗層，其沈積至該內表面上，該塗層包括氮化硼及一燒結添加劑，其中該燒結添加劑經組態以促進該氮化硼之緻密化。

【請求項11】

如請求項10之石墨晶座，其中該塗層中之該燒結添加劑對該氮化硼

之一質量比係自1:100至1:1。

【請求項12】

如請求項10之石墨晶座，其中該塗層中之該燒結添加劑對該氮化硼之一質量比係自1:20至1:1。

【請求項13】

如請求項10之石墨晶座，其中藉由電漿噴塗該氮化硼及該燒結添加劑將該塗層沈積至該晶座之該內表面上。

【請求項14】

如請求項13之石墨晶座，其中該塗層中之該燒結添加劑對該氮化硼之一質量比係自1:5至1:1。

【請求項15】

如請求項10之石墨晶座，其中藉由將包括該氮化硼、該燒結添加劑及一有機介質之一塗層組合物施用至該晶座之該內表面且隨後移除該介質來沈積該塗層。

【請求項16】

如請求項10之石墨晶座，其中該燒結添加劑包括二氧化矽、碳化矽、硼酸、氧化鋁、氧化釔、氧化鋯、氮化鋁、氧化鑭或其一組合。

【請求項17】

一種用於在一石墨晶座之一內表面與一石英坩堝之一外表面之間形成一塗層之方法，該方法包括：

提供氮化硼與一燒結添加劑之一微粒混合物；

將該氮化硼與該燒結添加劑之該微粒混合物沈積至該晶座之該內表面上；及

燒結該經沈積微粒混合物以藉此形成該塗層，其中燒結該經沈積微粒混合物包含使用該燒結添加劑來促進該氮化硼之緻密化。

【請求項18】

如請求項17之方法，其中燒結該經沈積微粒混合物發生在沈積該微粒混合物期間及/或之後。

【請求項19】

如請求項17之方法，其中該燒結添加劑包括二氧化矽、碳化矽、硼酸、氧化鋁、氧化釔、氧化鋯、氮化鋁、氧化鑭或其一組合。

【請求項20】

如請求項17之方法，其中提供該微粒混合物包含將該氮化硼與該燒結添加劑之單獨粒子混合以形成一分離的微粒混合物。

【請求項21】

如請求項20之方法，其中沈積該微粒混合物包含將該分離的微粒混合物電漿噴塗至該晶座之該內表面上。

【請求項22】

如請求項20之方法，其進一步包括：

提供包括懸浮在一有機介質以及視情況一穩定劑、一黏合劑及一分散劑中之一或多者中之該分離的微粒混合物之一塗層組合物；

藉由將該塗層組合物施用至該晶座之該內表面來沈積該分離的微粒混合物；及

在燒結該經沈積分離的微粒混合物期間及/或之後，移除該介質以及該穩定劑、該黏合劑及該分散劑中之該選用的一或多者。

【請求項23】

如請求項17之方法，其中提供該微粒混合物包含提供包括塗佈有該燒結添加劑之該氮化硼粒子之一經塗佈微粒混合物。

【請求項24】

如請求項23之方法，其中沈積該微粒混合物包含將該經塗佈微粒混合物電漿噴塗至該晶座之該內表面上。

【請求項25】

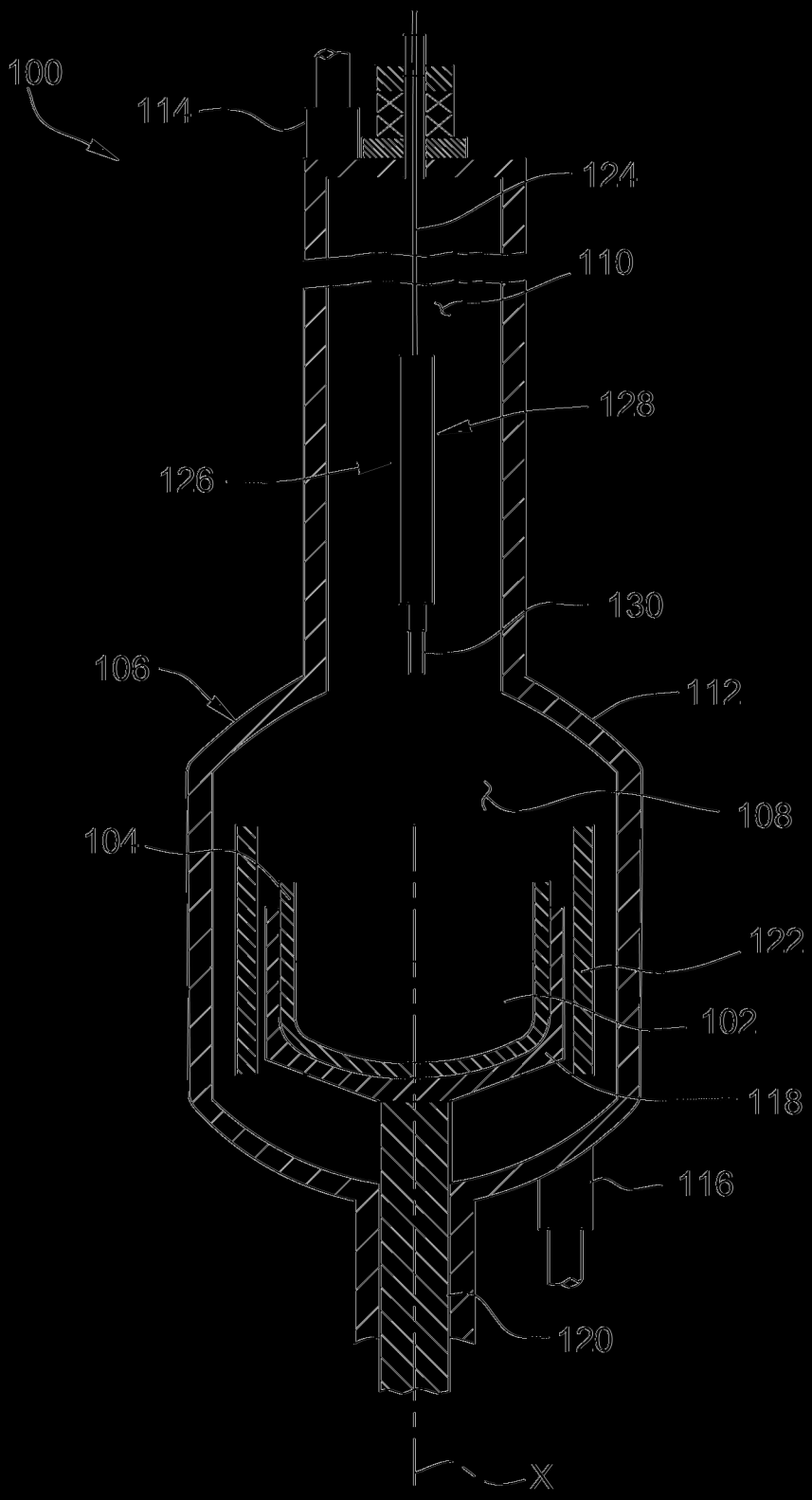
如請求項23之方法，其進一步包括：

提供包括懸浮在一有機介質以及視情況一穩定劑、一黏合劑及一分散劑中之一或多者中之該經塗佈微粒混合物之一塗層組合物；

藉由將該塗層組合物施用至該晶座之該內表面來沈積該經塗佈微粒混合物；及

在燒結該經沈積塗佈的微粒混合物期間及/或之後，移除該介質以及該穩定劑、該黏合劑及該分散劑中之該選用的一或多者。

【發明圖式】



（圖1）

圖 2

2024.02.711

圖3A

圖3B