



(21)申請案號：108120810

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 17 日

(51)Int. Cl. : C30B15/00 (2006.01)

C30B15/20 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2018/10/29 中國大陸

201811272682.6

(71)申請人：大陸商上海新昇半導體科技有限公司 (中國大陸) ZING SEMICONDUCTOR CORPORATION (CN)

中國大陸

(72)發明人：鄧先亮 DENG, XIANLIANG (CN)

(74)代理人：馬靜如

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 22 頁

(54)名稱

一種晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體

(57)摘要

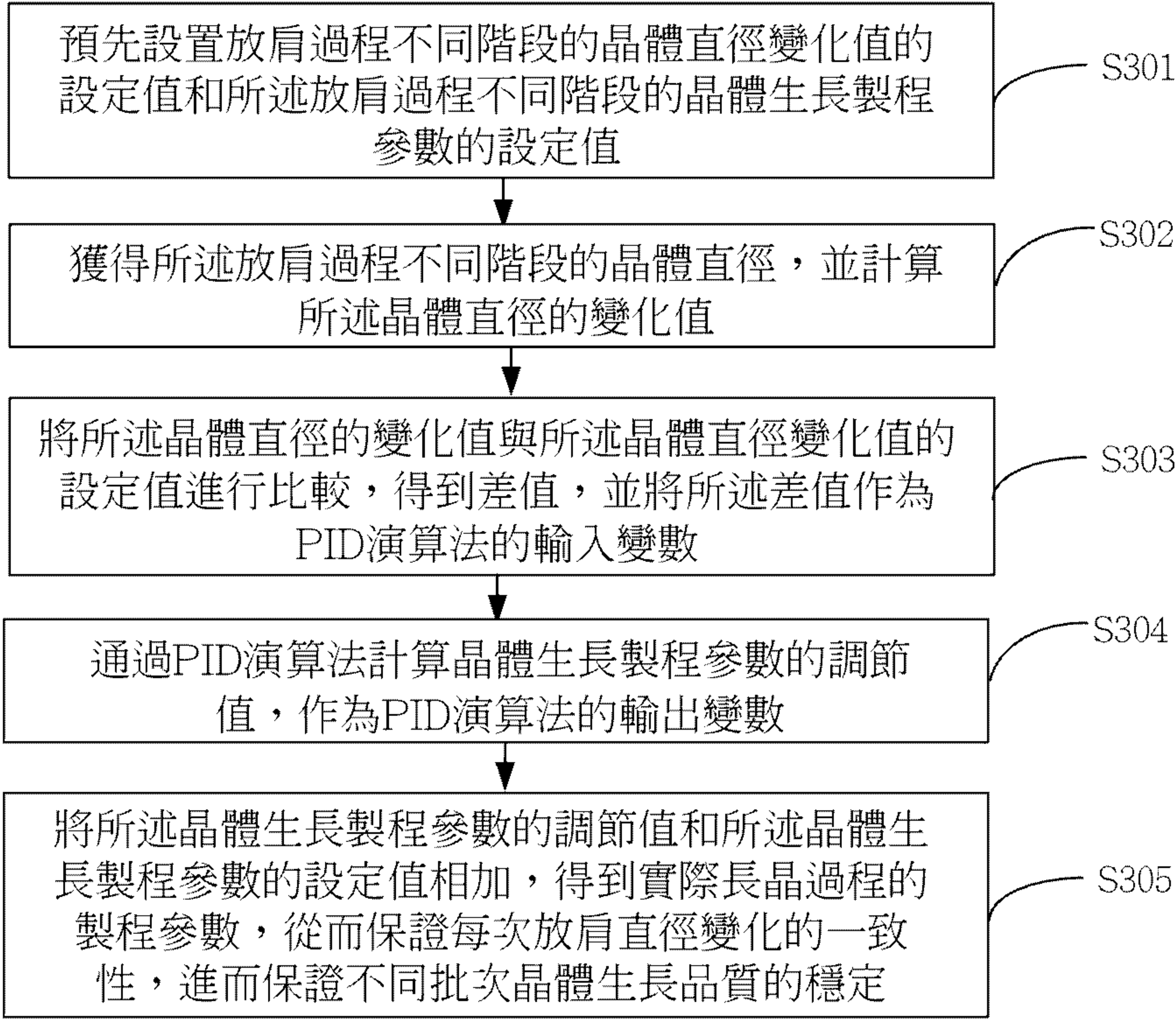
本發明提供一種用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，所述方法包括：預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和晶體生長製程參數的設定值；獲得放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算變化值；將晶體直徑的變化值與設定值進行比較，得到差值，作為 PID 演算法的輸入變數；通過 PID 演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為 PID 演算法的輸出變數；將晶體生長製程參數的調節值和設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數。採用本發明的方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，採用 PID 演算法對放肩過程的直徑變化進行控制調節，克服熱場微小變化對放肩過程的影響，保證晶體直徑的變化值一致，提高放肩製程的可重複性和製程的穩定性。

This invention provides control method, device and system for growing crystal and computer storage medium. The method comprises: presetting the setting value of the crystal diameter variation value and the setting value of the crystal growth process parameter at different stages of the shoulder process; obtaining the crystal diameter at different stages of the shoulder process and calculating the variation value; comparing the variation value of the crystal diameter with the setting value to obtain the difference as the input variable of PID algorithm; calculating the adjustment value of crystal growth process parameters by PID algorithm as the output variable of PID algorithm; adding the adjustment value of the crystal growth process parameters and the setting value to obtain the process parameters of the actual crystal growth process. The control method, device and system for growing crystal and computer storage medium control the diameter variety during the shoulder process by PID algorithm to overcome the influence of small changes in the thermal field on the shoulder process, ensuring the same variety in crystal diameter, and improving the repeatability of the shoulder process and the stability of the process.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S301~S305:用於放肩過程的晶體生長控制方法的主要製程流程步驟



第3圖



202016366

【發明摘要】

【中文發明名稱】 一種晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體

【英文發明名稱】 CONTROL METHOD, DEVICE AND SYSTEM FOR
GROWING CRYSTAL AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

【中文】

本發明提供一種用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，所述方法包括：預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和晶體生長製程參數的設定值；獲得放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算變化值；將晶體直徑的變化值與設定值進行比較，得到差值，作為PID演算法的輸入變數；通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為PID演算法的輸出變數；將晶體生長製程參數的調節值和設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數。採用本發明的方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，採用PID演算法對放肩過程的直徑變化進行控制調節，克服熱場微小變化對放肩過程的影響，保證晶體直徑的變化值一致，提高放肩製程的可重複性和製程的穩定性。

【英文】

This invention provides control method, device and system for growing crystal and computer storage medium. The method comprises: presetting the setting value of the crystal diameter variation value and the setting value of the crystal growth process parameter at different stages of the shoulder process; obtaining the crystal diameter at different stages of the shoulder process and calculating the variation value; comparing the

variation value of the crystal diameter with the setting value to obtain the difference as the input variable of PID algorithm; calculating the adjustment value of crystal growth process parameters by PID algorithm as the output variable of PID algorithm; adding the adjustment value of the crystal growth process parameters and the setting value to obtain the process parameters of the actual crystal growth process. The control method, device and system for growing crystal and computer storage medium control the diameter variety during the shoulder process by PID algorithm to overcome the influence of small changes in the thermal field on the shoulder process, ensuring the same variety in crystal diameter, and improving the repeatability of the shoulder process and the stability of the process.

【指定代表圖】 圖3

【代表圖之符號簡單說明】

S301~S305 用於放肩過程的晶體生長控制方法的主要製程流程步驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 一種晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體

【英文發明名稱】 CONTROL METHOD, DEVICE AND SYSTEM FOR
GROWING CRYSTAL AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

【技術領域】

【0001】 本發明涉及晶體生長領域，具體而言涉及一種晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，尤其涉及一種用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體。

【先前技術】

【0002】 單晶矽作為一種半導體材料，一般用於製造積體電路和其他電子元件。在備製矽單晶過程中，主要是通過將直徑較小的籽晶浸入矽熔體中，通過引晶生長出一段直徑較細的細晶來排出位錯以達到生長零位錯晶體的目的。之後會通過放肩過程，使得晶體由細晶長大到目標直徑，再通過等徑生長獲得所需要尺寸的晶體。

【0003】 放肩過程是長晶過程中較為關鍵的製程，是獲得目標直徑晶體的基礎。目前，採用的主要方法是採用降拉晶速度與降溫度相結合的方法使晶體直徑不斷增大以達到目標直徑。在放肩過程中主要是通過放肩開始時間或者放肩長度來決定拉晶速度和溫度的變化，所以在放肩製程中需要匹配好不同階段的拉晶速度和溫度。但是在實際長晶過程中由於熱場使用時間、引晶溫度、加熱器壽命等在每次長晶的時候會存在一些差別，所以如果無法及時調整溫度

和拉晶速度設定會導致放肩過程失去晶體結構。另外，不同長晶條件的變化也會導致放肩製程的不同，導致放肩成為長晶製程開發過程中最為困難的一部分，需要進行很多次的嘗試才能找到合適的溫度和拉晶速度設定。同時也是長晶過程最難控制的一部分，要使每次放肩都達到一致非常困難。

【0004】 本發明提供一種用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，以解決上述技術問題。

【發明內容】

【0005】 在發明內容部分中引入了一系列簡化形式的概念，這將在具體實施方式部分中進一步詳細說明。本發明的發明內容部分並不意味著要試圖限定出所要求保護的技術方案的關鍵特徵和必要技術特徵，更不意味著試圖確定所要求保護的技術方案的保護範圍。

【0006】 本發明提供一種用於放肩過程的晶體生長控制方法，所述方法包括：預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值；獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值；將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值，並將所述差值作為PID演算法（比例-積分-微分演算法）的輸入變數；通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為PID演算法的輸出變數；將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數，從而保證每次放肩直徑變化的一致性，進而保證不同批次晶體生長品質的穩定。

【0007】 進一步，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。

【0008】 進一步，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間。

【0009】 進一步，所述放肩過程不同階段包括不同晶體長度處。

【0010】 進一步，所述放肩過程不同階段的晶體直徑通過直徑測量裝置獲得。

【0011】 本發明還提供一種用於放肩過程的晶體生長控制裝置，所述裝置包括：預先設置模組，用於預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值；直徑測量裝置，用於獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值；比較模組，用於將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值；PID控制模組，用於將所述差值作為所述PID控制模組的輸入變數，並通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為所述PID控制模組的輸出變數；製程參數設置模組，將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數。

【0012】 進一步，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。

【0013】 進一步，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間或不同晶體長度處。

【0014】 本發明還提供一種用於放肩過程的晶體生長控制系統，包括記憶體、處理器及儲存在所述記憶體上且在所述處理器上運行的電腦程式，所述處理器執行所述電腦程式時實現上述方法的步驟。

【0015】 本發明還提供一種電腦儲存媒體，其上儲存有電腦程式，其特徵在於，所述電腦程式被電腦執行時實現上述方法的步驟。

【0016】 綜上所述，根據本發明的用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，採用PID演算法對放肩過程的直徑變化進行控制調節，通過微調晶體生長製程參數控制放肩過程的晶體直徑變化，克服熱場微小變化對放肩過程的影響，使得每次生長出的晶體形狀和晶肩形狀的重複性高，保證放肩過程晶體直徑的變化值一致，提高放肩製程的可重複性和製程的穩定性，為整個長晶製程的穩定性和重複性建立基礎，使每次生長出的晶體品質保持一致。

【圖式簡單說明】

【0017】 本發明的下列附圖在此作為本發明的一部分用於理解本發明。附圖中顯示本發明的實施例及其描述，用來解釋本發明的原理。

【0018】 附圖中：

圖1顯示本發明實施例所提供的晶體生長控制方法所使用的長晶爐的示意圖；

圖2顯示本發明實施例所提供的晶體生長控制方法所獲得的單晶矽晶棒的示意圖；

圖3顯示根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法的主要製程流程示意圖；

圖4顯示根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法的示意圖；

圖5顯示本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制裝置的示意性方塊圖；

圖6顯示本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制系統的示意性方塊圖。

【實施方式】

【0019】 以下透過特定的具體實例說明本發明的實施方式，本領域技術人員可由本說明書所揭露的內容輕易地瞭解本發明的其他優點與功效。本發明還可以透過另外不同的具體實施方式加以實施或應用，本說明書中的各項細節也可以基於不同觀點與應用，在沒有悖離本發明的精神下進行各種修飾或改變。

【0020】 在下文的描述中，給出了大量具體的細節以便提供對本發明更為徹底的理解。然而，對於本領域技術人員而言顯而易見的是，本發明可以無需一個或多個這些細節而得以實施。在其他的例子中，為了避免與本發明發生混淆，對於本領域公知的一些技術特徵未進行描述。

【0021】 為了徹底理解本發明，將在下列的描述中提出詳細的步驟，以便闡釋本發明提出的用於放肩過程的晶體生長控制方法。顯然，本發明的施行並不限定於半導體領域的技術人員所熟習的特殊細節。本發明的較佳實施例詳細描述如下，然而除了這些詳細描述外，本發明還可以具有其他實施方式。

【0022】 應當理解的是，當在本說明書中使用術語“包含”和/或“包括”時，其指明存在所述特徵、整體、步驟、操作、元件和/或元件，但不排除存在或附加一個或多個其他特徵、整體、步驟、操作、元件、元件和/或它們的組合。

【0023】圖1顯示本發明實施例所提供的晶體生長控制方法所使用的長晶爐的示意圖，如圖1所示，所述長晶爐用於採用直拉法生長矽單晶，包括爐體101，爐體101中設有加熱裝置和提拉裝置。加熱裝置包括石英坩堝102、石墨坩堝103、加熱器104。其中，石英坩堝102用於盛放矽料，例如多晶矽。矽料在其中被加熱為矽熔體105。石墨坩堝103包裹在石英坩堝102的外側，用於在加熱過程中對石英坩堝102提供支撐，加熱器104設置在石墨坩堝103的外側。石英坩堝102上方設置有熱屏106，所述熱屏106具有下伸的環繞矽單晶107生長區域的倒錐形屏狀物，可阻斷加熱器104和高溫矽熔體105對生長的單晶矽晶棒107的直接熱輻射，降低單晶矽晶棒107的溫度。同時，熱屏還能夠使下吹的保護氣集中直接噴到生長介面附近，進一步增強單晶矽晶棒107的散熱。爐體101側壁上還設有保溫材料，例如碳氈。

【0024】提拉裝置包括豎直設置的籽晶軸108和坩堝軸109，籽晶軸108設置在石英坩堝102的上方，坩堝軸109設置在石墨坩堝103的底部，籽晶軸108的底部通過夾具安裝有籽晶，其頂部連接籽晶軸驅動裝置，使其能夠一邊旋轉一邊向上緩慢提拉。坩堝軸109的底部設有坩堝軸驅動裝置，使坩堝軸109能夠帶動坩堝進行旋轉。

【0025】在進行單晶生長時，首先在石英坩堝102中投放矽料，接著關閉長晶爐並抽真空，在長晶爐中充入保護氣體。示例性地，所述保護氣體為氮氣，其純度為97%以上，壓力為0.05Mpa，流量為70L/min。然後，打開加熱器104，加熱至熔化溫度1420℃以上，使矽料在20min內全部熔化為矽熔體105。

【0026】接著，將籽晶浸入矽熔體105中，通過籽晶軸108帶動籽晶旋轉並緩慢提拉，以使矽原子沿籽晶生長為單晶矽晶棒107。所述籽晶是由一定晶向的矽單晶切割或鑽取而成，常用的晶向為<100>、<111>、<110>、<511>

等，所述籽晶一般為圓柱體或長方體。單晶矽晶棒107的長晶過程依次包括引晶、放肩、轉肩、等徑及收尾幾個階段。

【0027】 具體地，首先進行引晶階段。即當矽熔體105穩定到一定溫度後，將籽晶浸入矽熔體中，將籽晶以一定的拉速進行提升，使矽原子沿籽晶生長為一定直徑的細頸，直至細頸達到預定長度。所述引晶過程的主要作用是為了消除因熱衝擊而導致單晶矽形成的位錯缺陷，利用結晶前沿的過冷度驅動矽原子按順序排列在固液介面的矽固體上，形成單晶矽。示例性地，所述拉速為1.5mm/min-2.5mm/min，細頸長度為晶棒直徑的1.2-1.4倍，細頸直徑為5-7mm。

【0028】 然後，進入放肩階段，當細頸達到預定長度之後，減慢所述籽晶向上提拉的速度，同時略降低矽熔體的溫度，進行降溫是為了促進所述單晶矽的橫向生長，即使所述單晶矽的直徑加大，該過程稱為放肩階段，如圖2所示，該階段所形成的錐形晶棒為晶棒的放肩段。

【0029】 接著，進入轉肩階段。當單晶矽的直徑增大至目標直徑時，通過提高加熱器104的加熱功率，增加矽熔體的溫度，同時調整所述籽晶向上提拉的速度、旋轉的速度以及石英坩堝的旋轉速度等，抑制所述單晶矽的橫向生長，促進其縱向生長，使所述單晶矽近乎等直徑生長。

【0030】 然後，進入等徑階段。當單晶矽晶棒直徑達到預定值以後，進入等徑階段，如圖2所示，該階段所形成的圓柱形晶棒為晶棒的等徑段。具體地，調整坩堝溫度、拉晶速度、坩堝轉速和晶體轉速，穩定生長速率，使晶體直徑保持不變，一直到拉晶完畢。等徑過程是單晶矽生長的主要階段，長達數幾十小時甚至一百多小時的生長。

【0031】 最後，進入收尾階段。收尾時，加快提升速率，同時升高矽熔體105的溫度，使晶棒直徑逐漸變小，形成一個圓錐形，當錐尖足夠小時，它

最終會離開液面。將完成收尾的晶棒升至上爐室冷卻一段時間後取出，即完成一次生長週期。

【0032】在單晶矽長晶過程的幾個階段中，放肩階段是長晶過程中較為關鍵的製程過程，是獲得目標直徑晶體的基礎。目前，採用的主要方法是採用降拉晶速度與降溫度相結合的方法使晶體直徑不斷增大以達到目標直徑。在放肩過程中主要是通過放肩開始時間或者放肩長度來決定拉晶速度和溫度的變化，所以在放肩製程過程中需要匹配好不同階段的拉晶速度和溫度。但是在實際長晶過程中由於熱場使用時間、引晶溫度、加熱器壽命等在每次長晶的時候會存在一些差別，所以如果無法及時調整溫度和拉晶速度設定會導致放肩過程失去晶體結構。另外，不同長晶條件的變化也會導致放肩製程的不同，導致放肩成為長晶製程開發過程中最為困難的一部分，需要進行很多次的嘗試才能找到合適的溫度和拉晶速度設定。同時也是長晶過程最難控制的一部分，要使每次放肩都達到一致非常困難。

【0033】鑒於上述問題的存在，本發明提出了一種用於放肩過程的晶體生長控制方法，如圖3所示，其包括以下主要步驟：

在步驟S301中，預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值；

在步驟S302中，獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值；

在步驟S303中，將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值，並將所述差值作為PID演算法的輸入變數；

在步驟S304中，通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為PID演算法的輸出變數；

在步驟S305中，將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數，從而保證每次放肩直徑變化的一致性，進而保證不同批次晶體生長品質的穩定。

【0034】 示例性地，根據本發明實施例的晶體生長控制方法可以在具有記憶體和處理器的設備、裝置或者系統中實現。

【0035】 其中，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。

【0036】 進一步地，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間或不同晶體長度處。

【0037】 具體地，在步驟S301中，預先設置放肩過程的不同放肩時間或不同晶體長度處的晶體直徑變化值的設定值、拉晶速度的設定值和/或溫度的設定值。

【0038】 在步驟S302中，獲得所述放肩過程的不同放肩時間或不同晶體長度處的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值。

【0039】 在本發明中，通過直徑測量裝置獲得所述放肩過程的不同放肩時間或不同晶體長度處的晶體直徑。可利用CCD（Charge coupled Device，電荷耦合元件）相機採集長晶爐內單晶矽晶棒107與矽熔體105的三相交界處的圖像，然後利用電腦對圖像進行處理，得出單晶矽晶棒107的直徑並回饋回控制系統對長晶進行控制。具體地，晶體生長的過程中，在單晶矽晶棒107與矽熔體105的固液介面處由於潛熱的釋放而產生亮環。CCD相機獲取所述亮環的圖像信號，並將信號經過類比數位轉換後傳送至電腦系統，由電腦系統中的影像處理程式對單晶生長圖像進行處理，以獲取單晶矽晶棒107的測量直徑。作為示例，根據CCD相機獲取的圖像信號獲取單晶矽晶棒107的測量直徑的方法包括：影像處理程式提取固液介面處的亮環以獲取晶體輪廓；將晶體輪廓進行擬

合，獲得橢圓邊界；將橢圓邊界校正成圓形邊界；在圓形邊界上任取三個圖元點，分別將其座標值代入圓座標公式中、組成方程式並求解，即可計算得出圓心座標和晶體的直徑大小。

【0040】在步驟S303中，將所述晶體直徑的變化值與放肩過程的不同放肩時間或不同晶體長度處的晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值，並將所述差值作為PID演算法的輸入變數。

【0041】需要說明的是，所述晶體直徑的變化值及其設定值（所述晶體直徑變化值的設定值）是在放肩過程的相同階段的值，即在相同的放肩時間的值，或者是在相同晶體長度處的值。

【0042】在步驟S304中，通過PID演算法計算拉晶速度的調節值和/或溫度的調節值，作為PID演算法的輸出變數。

【0043】其中，所述PID演算法根據偏差的比例（P）、積分（I）、微分（D）進行控制。比例控制能迅速反映誤差，從而減小誤差，但比例控制不能消除穩態誤差，比例增益的加大會引起系統的不穩定；積分控制的作用是，只要系統存在誤差，積分控制作用就不斷地積累，輸出控制量以消除誤差，因此只要有足夠的時間，積分控制將能完全消除誤差，但是積分作用太強會使系統超越加大，甚至使系統出現振盪；微分控制可以減小超越量，克服振盪，使系統的穩定性提高，同時加快系統的動態回應速度，減小調整時間，從而改善系統的動態性能。

【0044】最後，在步驟S305中，將拉晶速度的調節值和拉晶速度的設定值相加，得到實際長晶過程的拉晶速度；將溫度的調節值和溫度的設定值相加，得到實際長晶過程的溫度。

【0045】圖4顯示本發明的用於放肩過程的晶體生長控制方法的示意圖，如圖4所示，PID演算法的輸入為晶體直徑的變化值與晶體直徑變化的設定值的

差值；PID演算法的輸出為拉晶速度的調節值和溫度的調節值，將拉晶速度的調節值與拉晶速度的設定值相加，得到實際拉晶速度，將溫度的調節值與溫度的設定值相加，得到實際溫度。

【0046】 根據本發明的用於放肩過程的晶體生長控制方法，將晶體直徑的變化值與晶體直徑變化值的設定值進行比較得到的差值作為PID演算法的輸入變數，通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為PID演算法的輸出變數，採用PID演算法對放肩過程的直徑變化進行控制調節，通過微調晶體生長製程參數控制放肩過程的晶體直徑變化，克服熱場微小變化對放肩過程的影響，使得每次生長出的晶體形狀和晶肩形狀的重複性高，保證放肩過程晶體直徑的變化值一致，提高放肩製程的可重複性和製程的穩定性，為整個長晶製程的穩定性和重複性建立基礎，使每次生長出的晶體品質保持一致。

【0047】 如圖5所示，根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制裝置500包括預先設置模組501、直徑測量裝置502、比較模組503、PID控制模組504和製程參數設置模組505。

【0048】 預先設置模組501，用於預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值。

【0049】 直徑測量裝置502，用於獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值。

【0050】 比較模組503，用於將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值。

【0051】 PID控制模組504，用於將所述差值作為所述PID控制模組的輸入變數，並通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為所述PID控制模組的輸出變數。

【0052】製程參數設置模組505，將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數。

【0053】其中，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。預先設置模組501預先設置放肩過程的不同放肩時間或不同晶體長度處的晶體直徑變化值的設定值、拉晶速度的設定值和/或溫度的設定值；PID控制模組504將所述比較模組503經過比較得到的所述差值作為所述PID控制模組的輸入變數，並通過PID演算法計算拉晶速度的調節值和/或溫度的調節值，作為所述PID控制模組的輸出變數；製程參數設置模組505將所述拉晶速度的調節值和所述拉晶速度的設定值相加，得到實際長晶過程的拉晶速度，將所述溫度的調節值和所述溫度的設定值相加，得到實際長晶過程的溫度。

【0054】進一步地，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間或不同晶體長度處。所述晶體直徑的變化值及其設定值（所述晶體直徑變化值的設定值）是在放肩過程的相同階段的值，即在相同的放肩時間的值，或者是在相同晶體長度處的值。

【0055】示例性地，所述直徑測量裝置502為CCD相機。利用CCD相機採集長晶爐內單晶矽晶棒107與矽熔體105的三相交界處的圖像，然後利用電腦對圖像進行處理，得出單晶矽晶棒107的直徑並回饋回控制系統對長晶進行控制。具體地，晶體生長的過程中，在單晶矽晶棒107與矽熔體105的固液介面處由於潛熱的釋放而產生亮環。CCD相機獲取所述亮環的圖像信號，並將信號經過類比數為轉換後傳送至電腦系統，由電腦系統中的影像處理程式對單晶生長圖像進行處理，以獲取單晶矽晶棒107的測量直徑。作為示例，根據CCD相機獲取的圖像信號獲取單晶矽晶棒107的測量直徑的方法包括：影像處理程式提取固液介面處的亮環以獲取晶體輪廓；將晶體輪廓進行擬合，獲得橢圓邊界；將橢圓邊界校正成圓形邊界；在圓形邊界上任取三個圖元點，分別將其座標值

代入圓座標公式中、組成方程式並求解，即可計算得出圓心座標和晶體的直徑大小

【0056】 圖6顯示根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制系統600的示意性方塊圖。晶體生長控制系統600包括記憶體610以及處理器620。

【0057】 所述記憶體610儲存用於實現根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法中的相應步驟的程式碼。

【0058】 所述處理器620用於運行所述記憶體610中儲存的程式碼，以執行根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法的相應步驟，並且用於實現根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制裝置中的預先設置模組501、直徑測量裝置502、比較模組503、PID控制模組504和製程參數設置模組505。

【0059】 在一個實施例中，在所述程式碼被所述處理器620運行時執行上述的用於放肩過程的晶體生長控制方法。

【0060】 此外，根據本發明實施例，還提供了一種儲存媒體，在所述儲存媒體上儲存了程式指令，在所述程式指令被電腦或處理器運行時用於執行本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法的相應步驟，並且用於實現根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制裝置中的相應模組。所述儲存媒體例如可以包括平板電腦的儲存部件、個人電腦的硬碟、唯讀記憶體

（ROM）、可抹除可程式化唯讀記憶體（EPROM）、光碟唯讀記憶體（CD-ROM）、USB記憶體、或者上述儲存媒體的任意組合。所述電腦可讀儲存媒體可以是一個或多個電腦可讀儲存媒體的任意組合，例如一個電腦可讀儲存媒體包含用於隨機地生成動作指令序列的電腦可讀的程式碼，另一個電腦可讀儲存媒體包含用於進行用於放肩過程的晶體生長控制的電腦可讀的程式碼。

【0061】 在一個實施例中，所述電腦程式指令在被電腦運行時可以實現根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制裝置的各個功能模組，並且/或者可以執行根據本發明實施例的用於放肩過程的晶體生長控制方法。

【0062】 在一個實施例中，所述電腦程式指令在被電腦運行時執行以上用於放肩過程的晶體生長控制方法。

【0063】 綜上所述，根據本發明的用於放肩過程的晶體生長控制方法、裝置、系統及電腦儲存媒體，採用PID演算法對放肩過程的直徑變化進行控制調節，通過微調晶體生長製程參數控制放肩過程的晶體直徑變化，克服熱場微小變化對放肩過程的影響，使得每次生長出的晶體形狀和晶肩形狀的重複性高，保證放肩過程晶體直徑的變化值一致，提高放肩製程的可重複性和製程的穩定性，為整個長晶製程的穩定性和重複性建立基礎，使每次生長出的晶體品質保持一致。

【0064】 本發明已經通過上述實施例進行了說明，但應當理解的是，上述實施例只是用於舉例和說明的目的，而非意在將本發明限制於所描述的實施例範圍內。此外本領域技術人員可以理解的是，本發明並不局限於上述實施例，根據本發明的教導還可以做出更多種的變型和修改，這些變型和修改均落在本發明所要求保護的範圍以內。本發明的保護範圍由附屬的申請專利範圍及其等效範圍所界定。

【符號說明】

- 【0065】
- 101

爐體
- 102

石英坩堝

103	石墨坩堝
104	加熱器
105	矽熔體
106	熱屏
107	單晶矽晶棒
108	籽晶軸
109	坩堝軸
S301~S305	用於放肩過程的晶體生長控制方法的主要製程流程步驟
500	晶體生長控制裝置
501	預先設置模組
502	直徑測量裝置
503	比較模組
504	PID 控制模組
505	製程參數設置模組
600	晶體生長控制系統
610	記憶體
620	處理器

【生物材料寄存】

【0066】 無

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用於放肩過程的晶體生長控制方法，包括以下步驟：

預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值；

獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值；

將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值，並將所述差值作為PID演算法的輸入變數；

通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為PID演算法的輸出變數；

將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數，從而保證每次放肩直徑變化的一致性，進而保證不同批次晶體生長品質的穩定。

【第2項】根據請求項第1項所述的方法，其中，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。

【第3項】根據請求項第1項所述的方法，其中，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間。

【第4項】根據請求項第1項所述的方法，其中，所述放肩過程不同階段包括不同晶體長度處。

【第5項】根據請求項第1項所述的方法，其中，所述放肩過程不同階段的晶體直徑通過直徑測量裝置獲得。

【第6項】一種用於放肩過程的晶體生長控制裝置，所述裝置包括：

預先設置模組，用於預先設置放肩過程不同階段的晶體直徑變化值的設定值和所述放肩過程不同階段的晶體生長製程參數的設定值；

第 1 頁，共 2 頁(發明申請專利範圍)

直徑測量裝置，用於獲得所述放肩過程不同階段的晶體直徑，並計算所述晶體直徑的變化值；

比較模組，用於將所述晶體直徑的變化值與所述晶體直徑變化值的設定值進行比較，得到差值；

PID控制模組，用於將所述差值作為所述PID控制模組的輸入變數，並通過PID演算法計算晶體生長製程參數的調節值，作為所述PID控制模組的輸出變數；

製程參數設置模組，將所述晶體生長製程參數的調節值和所述晶體生長製程參數的設定值相加，得到實際長晶過程的製程參數。

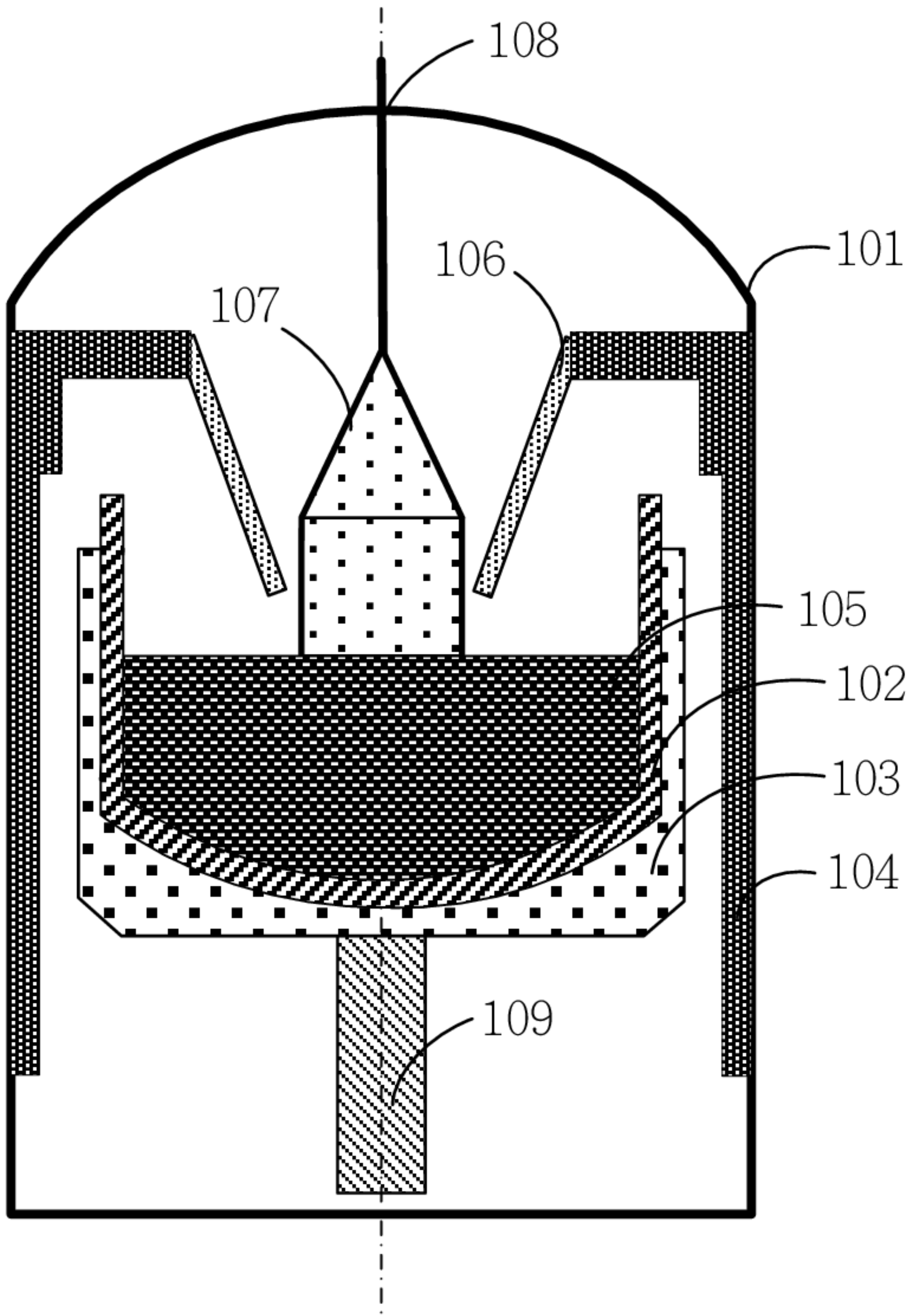
【第7項】 根據請求項第6項所述的晶體生長控制裝置，其中，所述放肩過程的晶體生長製程參數包括拉晶速度和/或溫度。

【第8項】 根據請求項第6項所述的晶體生長控制裝置，其中，所述放肩過程不同階段包括不同放肩時間或不同晶體長度處。

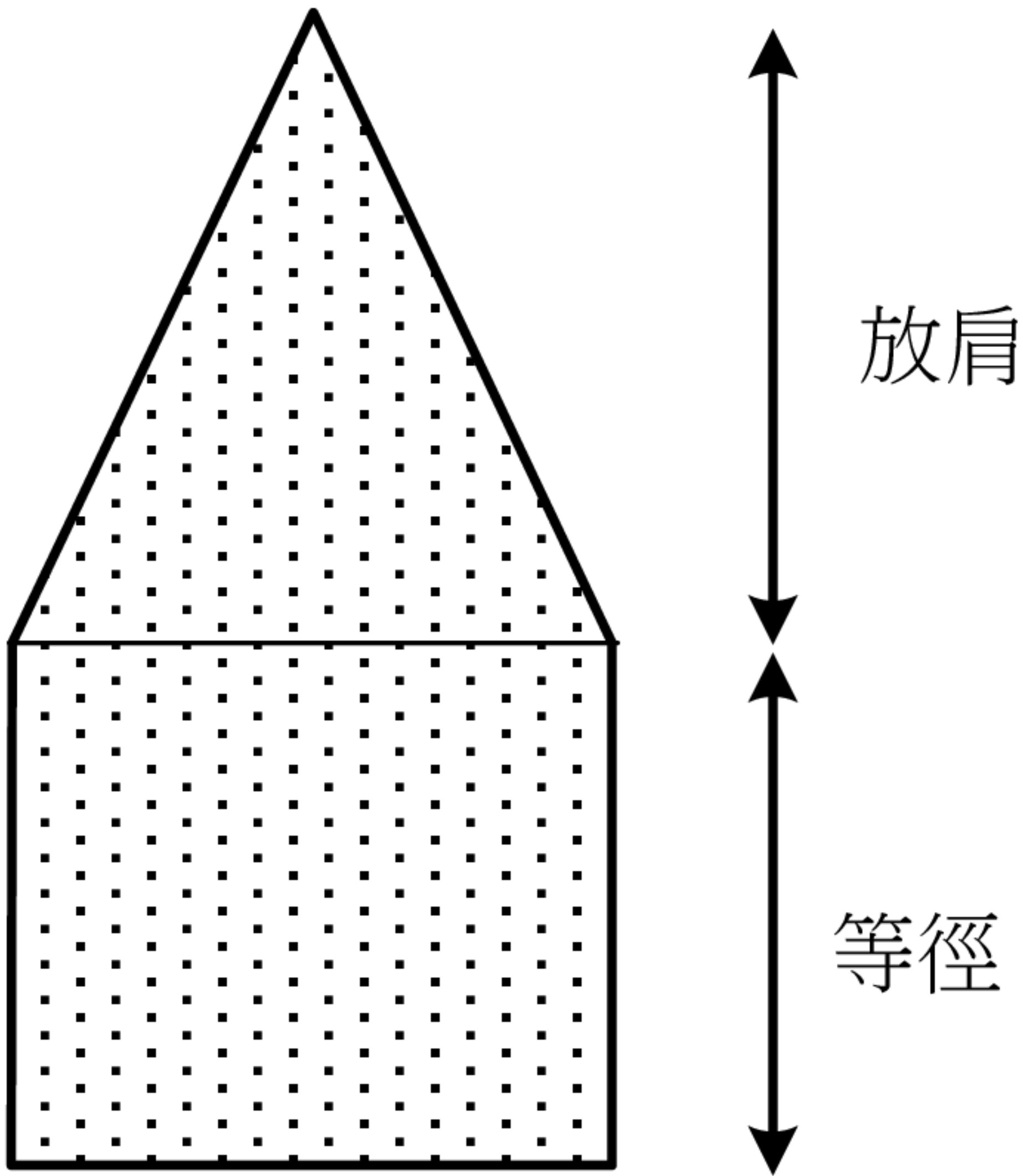
【第9項】 一種用於放肩過程的晶體生長控制系統，包括記憶體、處理器及儲存在所述記憶體上且在所述處理器上運行的電腦程式，所述處理器執行所述電腦程式時實現請求項第1至5項中任一項所述方法的步驟。

【第10項】 一種電腦儲存媒體，其上儲存有電腦程式，所述電腦程式被電腦執行時實現請求項第1至5項中任一項所述方法的步驟。

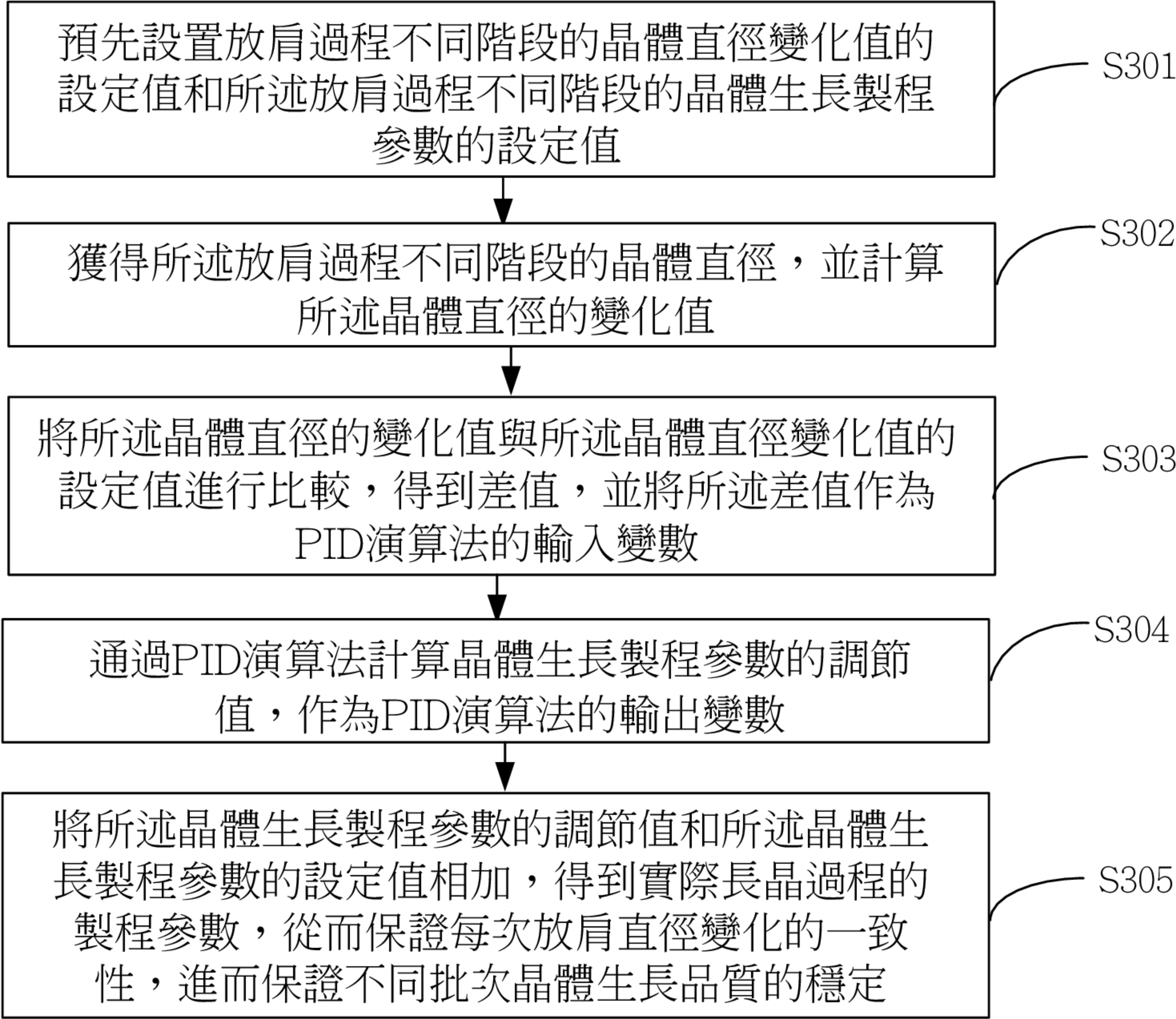
【發明圖式】



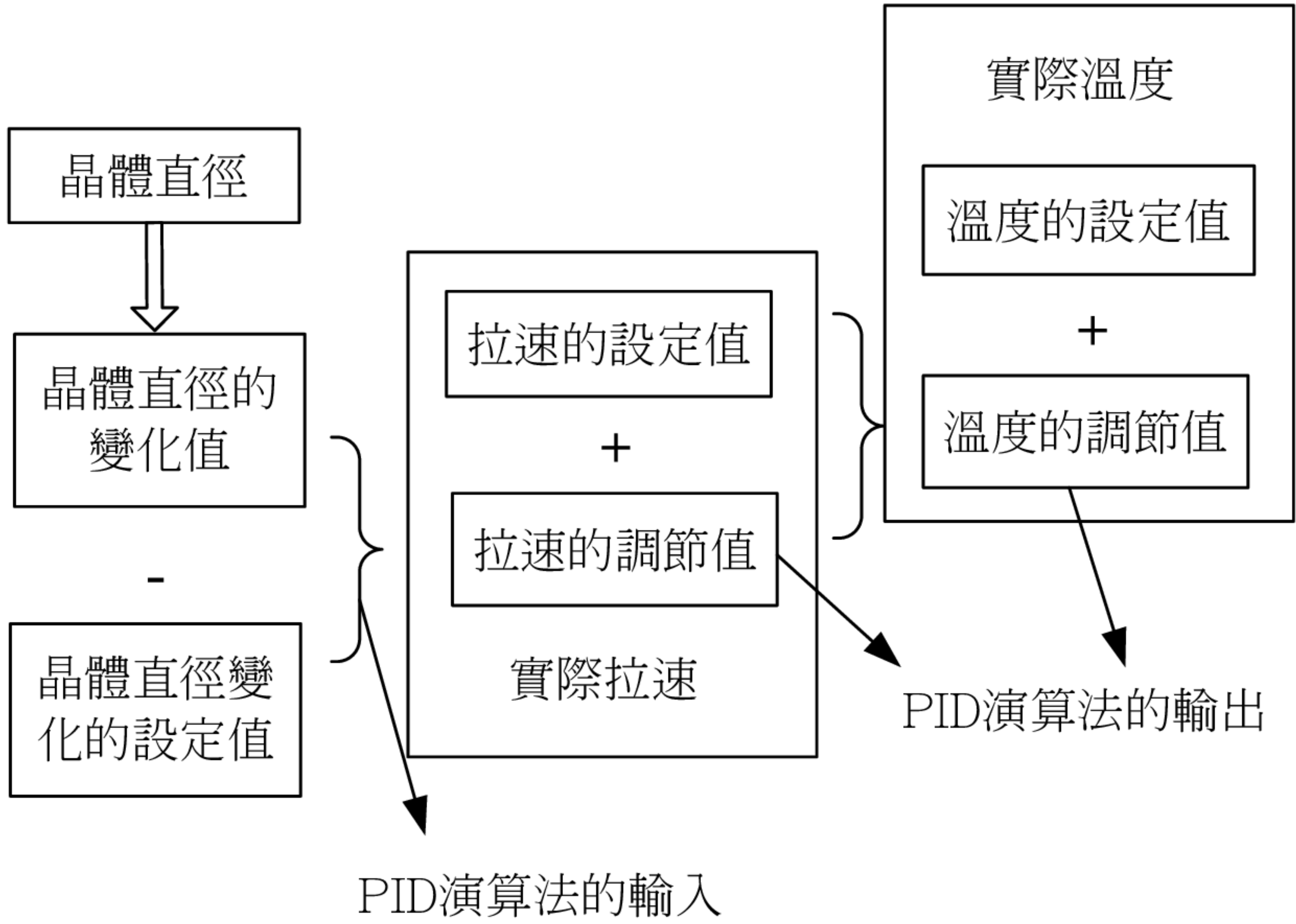
第1圖



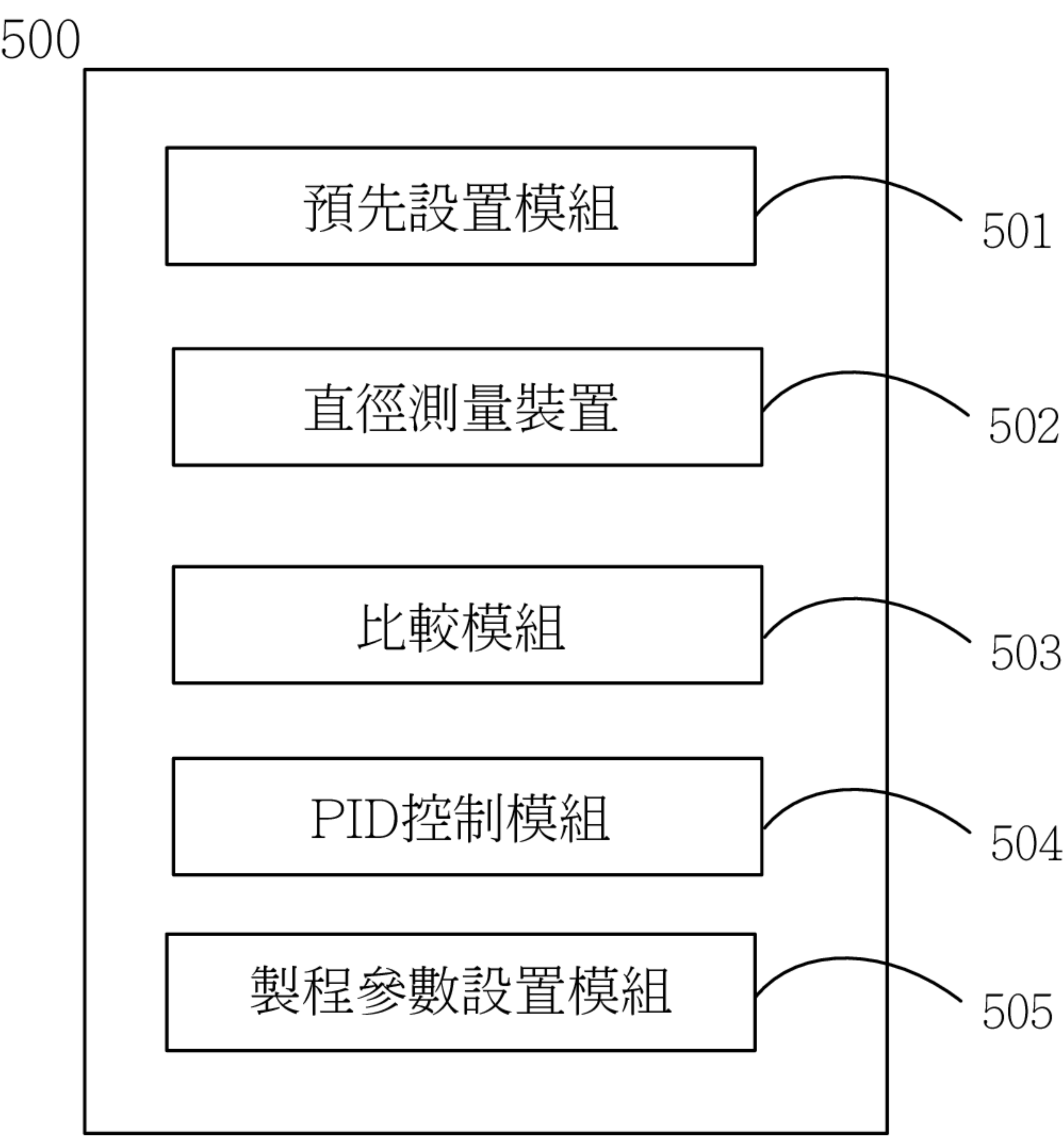
第2圖



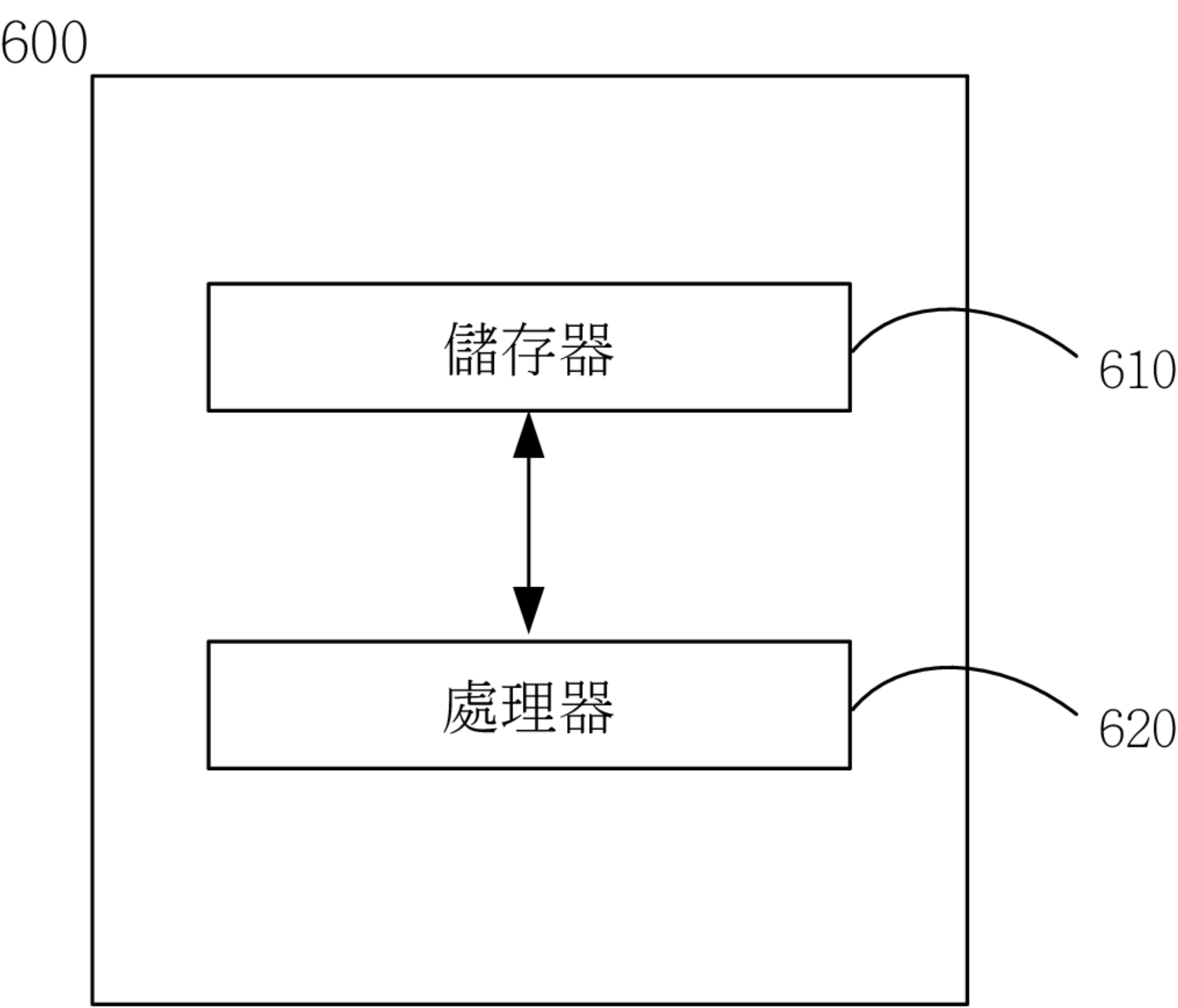
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖