

申請日期	87. 7. 16
案 號	87111594
類 別	C30B15/12

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書 I223679

一、發明 名稱	中 文	控制矽晶體生長之方法及系統
	英 文	METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING GROWTH OF A SILICON CRYSTAL
二、發明 人	姓 名	瑪紹 加維迪
	國 籍	伊朗
	住、居所	美國米蘇里州契斯特菲爾德市佛克思普林大道819B號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商MEMC電子材料公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國米蘇里州聖彼得斯市珍珠大道501號
	代 表 人 姓 名	哈蘭尼. 福. 哈尼里

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C分類：

A6
B6

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號： ，☐有 ☐無主張優先權

美國 1997年7月17日 08/896,177 ☒有 ☐無主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明背景

本發明通常是關於一個改良之方法與系統，係用於控制一應用 Czochralski 製程，生長矽晶體之裝置或方法，而且特別是關於一個用來測量矽晶體參數之視覺系統與方法，以及用於根據測得參數自動控制生長過程之矽晶體生長過程。

大部分用於製作微電子工業之矽晶圓之單一晶體矽，或稱單晶矽，是以應用 Czochralski 製程之拉晶機器生產：簡述之，Czochralski 製程將高純度之多晶體矽，或多晶矽之厚塊或顆粒，溶化在位於特殊設計鍋爐中之石英坩鍋裡，以形成矽熔體；通常，該多晶矽是由，例如，Siemens 製程所製備之不規則形厚塊多晶矽；或者，通常使用較簡單且較有效率之流動床反應製程製備之自由流動，一般是球面形之顆粒狀多晶矽；厚塊與顆粒狀之多晶矽之製備與特性細節可參閱 Academic Press 發行之 F. Shimura 之「半導體矽晶體技術」-(Semiconductor Silicon Crystal Technology)。第 116 至 121 頁，以及其中所引之參考書目。

特別是所添加者為厚塊多晶矽時，在溶化期間該添加物會移動，或者其下方部份已溶化而留下一個未熔物質之"掛鉤"，卡在熔體上方之坩鍋壁上；當添加物移動或者掛鉤 2 崩落時，可能會濺起溶化之矽和/或導致坩鍋之機械應力損害；可是，藉由在溶化期間適當地控制坩鍋溫度，掛鉤之類的效應可以減少。

根據 Czochralski 製程，將一個相當小之晶種矽裝載在坩

五、發明說明(2)

鍋上方，拉動纜線或柱體之末端，該纜線或柱體係由上升與下降晶種之晶體提昇機件垂吊而下；在熔化完全之後，晶體提昇機件將晶種下降，與坩鍋中之熔化矽相接觸；當晶種開始熔化時，該機件以能夠達到所需晶體直徑之方式，緩慢地將晶種自矽熔體中縮回，然後生長出該直徑之單晶；當晶種縮回時，它自熔體中拉出矽；在此生長過程中，坩鍋以一個方向旋轉，而晶體提昇機件，纜線，晶種與晶體，以相反方向旋轉。

當晶體生長開始後，與熔體接觸晶種之熱震波，可能導致晶體中之缺陷；除非將其在晶種與晶體主體間之頸部區域消除，否則該缺陷可傳播至生長之晶體並且增大；已知在矽單晶中消除缺陷之方法為，引用以相當高之拉晶速率生長較小直徑之頸部，以便在生長晶體本體之前完全消除缺陷；在頸部中消除缺陷之後，將其直徑放大，直到達到主要晶體所需之直徑為止。

Czochralski製程受控於，至少部分地，所生長晶體本體直徑之函數：一般使用申請序號08/459,765，08/620,137個別所述之方法與系統，來準確且可靠地測量晶體直徑，偵測零缺陷生長與決定矽熔體之水位。

幾個因素，包括晶體直徑與熔體水位，會在晶體生長期間影響或提示晶體之大小與品質；例如，提供給坩鍋之熱量，熔化矽之溫度，在熔體中或附在坩鍋壁上之未熔或重新固化多晶矽之存在，坩鍋之直徑，熔體中石英之存在與在晶體-熔體介面彎液面之大小與形狀，都會影響該製程或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (3)

提供關於晶體之訊息；因此，用來決定關於這些因子數個參數之準確而可靠之系統，對控制晶體生長過程而言是需要的。

發明概述

在本發明眾多之目的與特徵中，應注意者為提供了一個改良之控制與操作之方法與系統，其克服了上述之不利條件：提供此種方法與系統，係用於根據Czochralski製程操作之晶體生長裝置；提供此種方法與系統，其測量添加之多晶矽在坩鍋中熔化，而形成矽熔體之速率；提供此種方法與系統，其決定熔化之完全性；提供此種方法與系統，其測量熔體之溫度；提供此種方法與系統，其偵測在坩鍋中之固態多晶矽；提供此種方法與系統，其偵測在晶種與熔體間之接觸；提供此種方法與系統，其可以有效率且經濟地達成，而且此種系統係經濟上可行且商業上是實際的。

簡述之，包含本發明之許多方面之閉路控制方法，係用於與生長矽單晶之裝置相結合；該晶體生長裝置具有加熱坩鍋，係用來將固體矽熔化以形成熔體，而單晶係自其拉出：該熔體上方表面之上，暴露出未熔之矽，直到其熔化為止；該方法包含之步驟有：產生坩鍋內部之部分影像，每一個影像包含一群像素，而每一像素具有一代表該光學特性之值；該方法亦包含之步驟為，一影像處理器將該影像以像素值之函數作處理，以偵測在影像中之邊緣，並將偵測到之邊緣，以其在影像中之位置集成為函數，用來界定影像中之物體；界定之物體每一個包含一個或更多像素，

五、發明說明(4)

而且至少一個界定之物體是代表在熔體表面可見之固體矽之一部份；該方法還包括之步驟係：一控制電路根據界定物體決定一代表晶體生長裝置條件之參數，並控制回應該決定之參數控制該晶體生長裝置。

通常，本發明之另一形式為一系統，用於與生長矽單晶之裝置相結合；該晶體生長裝置具有加熱坩鍋，係用來將固體矽溶化以形成熔體，而單晶係自其拉出；該熔體上方表面之上，暴露出未熔之矽，直到其溶化為止；該系統包含一照相機，以產生坩鍋內部之部分影像，每一個影像包含一群像素，而每一像素具有一代表該影像光學特性之值；該系統亦包含一影像處理器，將該影像以像素值之函數作處理，以偵測在影像中之邊緣，該影像處理器並將偵測到之邊緣，以其在影像中之位置集成為函數，用來界定影像中之物體；界定之物體每一個包含一個或更多像素，而且至少一個界定之物體是代表在熔體表面可見之固體矽之一部份；該系統還包括一控制電路，其根據界定物體決定一代表晶體生長裝置條件之參數，並控制回應該決定之參數控制該晶體生長裝置。

本發明也可以變換地包含各種其他之方法與系統。

其他之目的與特點，部分是顯而易見的而部分將在本文中指出。

附圖簡述

圖1係根據本發明之較佳實施例，一個晶體生長裝置與控制晶體生長裝置之系統示意圖。

五、發明說明(6)

元51，以與坩鍋驅動單元49旋轉坩鍋27相反之方向旋轉纜線45；晶體驅動單元51也在生長製程期間，依需要相對於熔體水位53提昇或降低坩鍋27；晶體驅動單元51先經過纜線45降低晶種43，使之幾乎與熔體39之熔化矽相接觸，來使之預熱，然後與熔體39在熔體水位53接觸；當晶種43熔化時，晶體驅動單元51將晶種43自坩鍋27所含之熔體39中緩慢地縮回，或上拉，自熔體39中拖曳出矽，而造成矽單晶41之生長。

在一個實施例中，晶體驅動單元51，以其自熔體39中拉出晶體41之參考速率，旋轉晶體41；坩鍋驅動單元39，同樣地也以第二個參考速率旋轉坩鍋27，但是通常以相對於晶體41之相反方向旋轉；控制單元55控制縮回，或上拉速率，以及電源供應器29提供至加熱器31之功率，來導致晶體41之頸部；在晶體生長期間，特別是在晶體41之頸部部分，需要準確而可靠之控制：當晶種43自熔體39拖曳出時，頸部最好以大致上不變之直徑生長：例如，控制單元55維持大致上不變之頸部直徑，其係所需主體直徑之百分之十五；在頸部到達所需之長度後，控制單元55調整該旋轉，上拉和/或加熱參數，來使得晶體41之直徑，以錐狀方式增加，直到到達所需之晶體主體直徑：一旦到達所需晶體直徑，控制單元55控制該生長參數，以維持由系統21測得之相對不變之直徑，直到該製程接近終點時；在此時，上拉速率與加熱增加，以減少直徑而在單晶41末端形成一帶狀部分。通常歸屬於美國專利5,178,720，該整個發明在此處併

五、發明說明(7)

爲參考，其發表一個最佳之方法來控制晶體與坩鍋旋轉速率，作爲晶體直徑之函數。

控制單元55最好與至少一個二維照相機57組合操作，以決定生長製程之一組參數；例如，照相機57是一個單色電荷耦合裝置(CCD)照相機，像是具有768x494像素解析度之Sony XC-75 CCD影像照相機；另一種適用之照相機是Javelin Smart Cam JE照相機；照相機57裝載在腔室25之視窗上，通常並對準軸47與熔體39在水位53之相交處(見圖3與圖4)；例如，晶體生長裝置23之操作者，將照相機57定位在相對於大致垂直軸47約34度之角度上。

根據本發明，照相機57在晶體41拉出之前與之間，產生坩鍋27內部之視覺影像：在拉出期間，由相機57產生之影像，最好包含位於熔體39與晶體41介面之彎液面59(見圖4)之一部份：在一個較佳之實施例中，相機57配置一個能提供相當寬視野(例如，大約320毫米)之鏡頭(例如，16毫米)；該鏡頭可以是一個短距攝影鏡頭，以提供位於熔體39與晶體41間介面更好之影像；在一個變化實施例中，系統21包含兩個相機57，一個提供相對寬之視野以廣泛地觀察坩鍋27之內部，而另一個提供一相對窄之視野以特定觀察熔體-晶體介面；在任一例子中，熔體39與晶體41基本上是自行發光的，而相機57不需要外部光源；爲了簡明起見，以下之敘述指向單一相機57。

控制單元55處理來自相機57以及其他感應器之信號；例如，溫度感應器61，像是光電池，可以用來測量熔體表面

五、發明說明(8)

溫度；控制單元55包含一個程式化之數位或類比電腦63(見圖2)，用來控制，在其他事務之中，坩鍋驅動單元49，單晶驅動單元51以及加熱電源供應器29，作為製程信號之函數。

圖2以塊狀圖形式，說明控制單元55之一個較佳實施例：相機57經由連線65(例如，RS-170視訊電纜)，傳送坩鍋27內部之視訊影像至視訊系統67；如圖2所示，視訊系統67包含一個視訊影像結構緩衝器69與一個影像處理器71，用來捕捉與處理視訊影像：例如，視訊系統67是CX-100 Imagination Frame Grabber或者Cognex CVS-4400視訊系統；接著，視訊系統67透過連線75與可程式化邏輯控制器(PLC)73聯繫：在一個較佳實施例中，PLC 73係由德州裝置(TI)所製造之Model 575 PLC或Model 545 PLC，而連線75代表一個通訊介面(例如，VME背面介面)；視訊系統67也透過連線79(例如，RS-170 RGB視訊電纜)與視訊顯示器77聯繫，來顯示由相機57所產生之視訊影像；可以理解的，視訊系統67可用包含其本身電腦(未示出)之特定系統作成，或者可以用個人電腦63組合使用，來處理捕捉到之影像。

在圖2之說明用實施例中，PLC 73透過連線85(例如，RS-232接線)與電腦63聯繫，以及透過連線89(例如，RS-485接線)與一個或多個製程輸入/輸出模組聯繫；根據本發明，電腦63用來規劃晶體生長製程自動化以及提供一個操作者介面，該介面允許晶體生長裝置23之操作者能夠輸入

五、發明說明(9)

一組特定晶體生長所需之參數；該製程輸入/輸出模組87提供一個路徑到和從晶體生長裝置23，來控制生長製程；例如，PLC 73自溫度感應器61收到關於熔體溫度之訊息，並透過製程輸入/輸出模組87輸出一個控制訊號到加熱電源供應器29，來控制熔體溫度因而控制了生長製程：依PLC 73所用之特定控制器而定，通訊介面75可以是，例如，一個定做之VME架，期包含一個額外之通訊板(例如，使用RS-422序列式雙向PLC埠之Model 2571 Program Port Expander Module)。

現在參照圖3、坩鍋27有內表面91、外表面93以及大致沿軸47之中心線；坩鍋27之內表面91可以反玻璃化促進劑塗覆並包括一底部部分95與側邊，或牆，部分97；如圖3所示，坩鍋27之牆97之大致平行於軸47，其相交於底部95之近似幾何中心點；雖然所示之坩鍋27之幾何是較佳的，坩鍋27之特定幾何可以從所示之實施例變化得到，而仍然在本發明之範圍之中。

在一個較佳之實施例中，添加之厚塊和/或顆粒狀多晶矽37，係加入坩鍋27以製備矽熔體39；通常歸屬美國專利5,588,993，也就是1996年2月1日之申請序號08/595,075，該整個發明此處併為參考，其描述了製備多晶矽添加物之適當方法；一旦加入以後，將坩鍋27放置在晶體生長裝置23上，其加熱器31熔化多晶矽37以形成矽熔體39；如圖3所示，多晶矽添加物37部分熔化形成熔體39，因為未熔固體多晶矽37部分比熔化矽之密度低，所以它們浮在熔體39之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (10)

上方表面上:如上所述,添加之多晶矽37在熔化期間可以移動,或是其下方部分熔掉,而留下未熔物質之掛鉤,通常標示為101,卡在熔體表面99上之坩鍋壁97。

再參照圖3,載器103位在連接坩鍋驅動單元49之可移動基座105上,支撐坩鍋27;安置基座105使得坩鍋27之底部95靠近加熱器31之頂端,並漸漸地下降到加熱器31內之空間中;坩鍋驅動單元49將坩鍋27下降至加熱器31中之速度,如同其他因子(例如,加熱功率,坩鍋旋轉以及系統壓力),會影響多晶矽37之熔化:在Czochralski方法中,在多晶矽37加熱期間,清洗氣體35將不要之氣體,如 $\text{SiO}(\text{g})$,吹出坩鍋27,通常,清洗氣體是一種惰性氣體,如氬氣。

如前所述,相機57裝載在腔室25之一個視窗中,並大致對準介於軸47與熔體39表面99之間的交點上;當如此時,相機57之光學軸107與軸47成一銳角 θ (例如, $\theta \approx 15-34$ 度);根據此發明,相機57最好提供一包含坩鍋27寬度之視野;再者,適當之鏡頭與相機選擇,既能提供小晶種與頸部所需之高解析度短距攝影影像,也能提供多晶矽添加物37與晶體41較大主體部分之廣角視野。

圖4,自熔體39拉出之矽晶體41之分部圖,展示了緊接著熔化與沾濕晶種43之後,晶體生長製程之後續狀態;如圖所示,晶體41由具有直徑D,大致呈圓柱形之結晶矽主體構成(也就是,矽錠);應該理解的,剛長成之晶體,像是晶體41,雖然其大致呈圓柱形,但是可能不具有均勻之直徑;正因如此,直徑D在沿著軸47之不同軸向位置上,

五、發明說明 (11)

可能有輕微的變動；再者，直徑D在晶體生長之不同狀態(例如，晶種，頸部，冠部，肩部，主體與末端錐形)，也會有變動。

圖4也示出熔體39之表面99，其具有在晶體41與熔體39間介面形成之液態彎液面59；如技術上所知，坩鍋27，特別是牆97，在彎液面59上之反射，常是如鄰近彎液面59之亮環般之可見光；同樣地，熔體表面99在熔體-坩鍋介面形成液態彎液面109，其如同亮環般出現在坩鍋壁97邊；在一個較佳之實施例中，相機57提供一視野，包括晶體41之寬度以及至少彎液面59亮環之一部份；相機57(或另一個相機)也提供一視野，包括坩鍋27之寬度以及至少彎液面109亮環之一部份；此外，寬視野使之能偵測熔體39之凍結或結晶化之部分，稱做冰並一般地標示為111；通常，此種結晶化發生在坩鍋壁97與熔體39間介面上，並在熔體表面99上生長且向晶體41前進。

現在參照圖5，系統21，包括控制單元55根據流程圖113操作，以提供晶體生長裝置23之閉路控制；從步驟115開始，相機57產生至少坩鍋27內部一部份之影像；視訊系統67之結構緩衝器69，自相機57之視訊影像信號捕捉影像，以便由影像處理器71處理；如圖5所標示，可以預期的，可使用多個相機57；例如視訊系統67可以接收來自一個以上晶體生長裝置23之輸入，每一個具有至少一個裝載在其視窗上之相機57；根據本發明，視訊系統67個別處理每一個生長裝置23之影像。

五、發明說明(12)

自坩鍋27內部捕捉之影像，每一個皆由一群像素構成，每一個像素具有一個值，代表測得影像之光學特性；在此例中，像素值，或灰階，對應於像素之強度；在視訊系統技術中，邊緣定義為影像中，在相對小之空間區域中，具有相對大灰階變化之區域；在步驟117中，影像處理器71，與PLC 73搭配操作，將影像以像素值之函數做處理，以偵測影像中之邊緣；處理器最好進行數個副程式以分析影像，包括邊緣偵測副程式，其分析在影像界定區域中之灰階變化(以影像強度之函數)；各種用來發現並計算在影像中邊緣之邊緣偵測算子，或演算法，已為熟於此技者所知悉；例如，適當之邊緣偵測副程式包括Canny或Hough演算法；可以了解的，除了強度之外，影像之其他特性，如強度梯度，顏色或對比，也可以用來光學地分辨在熔體39表面99上之物體與熔體39本身；漂浮之固態多晶矽37具有較熔體39為高之強度，因此，在固態-熔體介面看起來像有一個階梯之變化。

作為偵測步驟117之一部份，處理器71進行，例如，連接性分析以歸類在影像中測得之邊緣，作為它們在影像中位置之函數(也就是，它們之座標)；以此方式，視訊系統67(或電腦63)在影像中定義了一個或更多個物體；每一個定義之物體，包含了一個或更多個像素，且代表在熔體表面99上可見之固態矽之一部份；例如，界定之物體可以用一個封閉方塊(也就是，環繞不規則形物體之最小長方形)，以及其在影像中之座標來描述；或者，該界定物體可一

五、發明說明 (13)

用一般的圓塊分析(blob analysis)，藉由檢視物體形狀(例如，物體主軸與次軸比)或藉由解釋物體本身之面積，來描述。

在步驟119中，視訊系統67之影像處理器71根據界定之物體，決定晶體生長裝置23之參數；例如，這些參數包括溶化完全性，晶種-熔體接觸，零缺陷生長之喪失，結晶化熔體39之存在，像是冰111，多晶矽依附部分之存在，像是掛鉤101，以及在熔體39中石英之存在；在步驟121中，影像處理器71傳送決定之參數至PLC 73；在一個實施例中，系統21包括用於每一個晶體生長裝置23之一個PLC 73。

影像處理器71在步驟123中，也根據界定物體計算生長製程之其他參數；例如，決定以下之某些或全部參數；未溶多晶矽添加物37之大小，熔體39之沾浸溫度，晶體41之直徑，坩鍋27之直徑，測得冰111之大小，從冰111到晶體41之距離，測得掛鉤101之大小，掛鉤101到坩鍋27中心之距離，以及測得石英之大小；在步驟121中，影像處理器71也將這些參數報給PLC 73；然後控制單元55在步驟125執行程式，以回應決定之參數，來控制晶體生長裝置23。

圖6以流程圖127以形式，說明根據一較佳實施例之系統21之操作；此外，圖6說明了控制單元55用來執行流程圖127步驟之各種組件。

在操作時，系統21在控制單元55開始生長製程之晶種沾浸狀態之前，提供一個何時多晶矽添加物37完全溶化之提

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (14)

示：相反地，現存之控制系統必須依賴一操作員，在預設加熱時程後，決定熔化了或假定熔化已經完全；藉由檢視在表面99上漂浮之多晶矽所展示之影像，視訊系統67能夠計算每一個影像之表面積；此可由邊緣偵測與測量坩鍋27之直徑，用來轉換像素成為表面積來達成；然後所餘添加物37大小之差別，就可以用來提供熔化之速率，而後控制單元55可用其速率來調整加熱器31之功率，以便達到所需之熔化速率；此對應於現今自動化系統中所使用之開路功率控制，提供了熔化之閉路溫度控制。

再者，多晶矽37之熔化速率提供了成晶(也就是，沾浸)溫度之提示：考慮坩鍋旋轉之效應，是因為通常熔化相較於沾浸，發生在慢得多之旋轉速率；例如，坩鍋27在熔化時，以大約1-2 rpm旋轉，而在沾浸時以大約10-15 rpm旋轉；因此，由電源供應器29提供到加熱器31之功率，應該以旋轉速率之函數作變化。

現在參照圖6之實施例，整個融化狀態通常持續大約三到五個小時；在最初大約兩個小時之加熱期間之後，例如，視訊系統67開始檢查坩鍋27之內部；在一個較佳之實施例中；相機57取得熔體表面99中心區域之影像，已監測融化之狀態；當PLC 73下令開始偵測時，視訊系統67之結構緩衝器69，以固定時間間隔(例如，每一秒鐘)要求坩鍋27內部之影像；在步驟129中，影像處理器71處理影像，以偵測浮在熔體39表面99上之未熔多晶矽37之存在；在此例中，對應於未熔多晶矽37邊緣之像素；相較於環繞之熔體39

五、發明說明 (15)

，具有明顯較高之灰階，或像素值；換言之，熔體39看起來較固態多晶矽37為暗；藉由偵測漂浮多晶矽37之邊緣，視訊系統67在步驟131中，能夠得到漂浮多晶矽37表面積(也就是，大小)之近似量測；例如，視訊系統67決定一個參數，從1 mm²到150 mm²，標示漂浮多晶矽37之大小。

例如，放置在影像上漂浮多晶矽37周圍之一個框架或封閉方塊，定義出固態未熔多晶矽37之大小；隨著多晶矽37熔化，該框架之大小一直減少到零；控制單元55利用此測量，來得到熔化完成之自動提示：以此觀點，熔化完全係視為當在熔體39表面99上，最後一塊固態多晶矽37無法再偵測到時(也就是，多晶矽添加物37完全熔化時)；基本上，熔化完成參數係一個是或否之數位指標。

特別是，影像處理器71在步驟131執行檢視演算法，藉由先在子視窗或感興趣之區域將接續之框架相減，覆蓋在熔體39之中心區域上以形成像差；以此方式，視訊系統67不計入影像中任何不變之圖像(例如，已經固化在視窗上之澱出矽)；在此同時，影像處理器71保留了在視野中，對任何亮度變化之敏感度；藉由相減副程式所得到之變化，提示了浮在熔體39上之固態多晶矽37之形狀、位置、或角度變化，表面波導致之熔體表面99反射變化，以及由於熔體39中亂流所引起之局部熔體溫度之變化；對比與大小之起始值最好設定得夠高，以便剔除由表面波與熔體溫度局部變化引起之變化，但是不至於高到漏失固態多晶矽37之小島；藉由應用圓塊分析，例如，至差像，視訊系統67偵測到

五、發明說明 (16)

由連續影像變化所得到之高強度子區域;如果發現一個超過固定強度與大小起始值之子區域,然後視訊系統67便報告在視野中固態多晶矽37之存在,並也報告一個經時間平均所得之子區域大小。

如果視訊系統67在步驟131中認定表面積仍未到達零,操作接著到步驟133:在步驟133中,PLC 73進行用來決定多晶矽添加物37變化速率之副程式;固態多晶矽37大小之變化速率,係表示多晶矽37之熔化速率,而且,因而關係到熔體溫度;例如,在一個較佳實施例中,影像處理器71每一秒向PLC 73報告該速率;控制單元55利用此量測來操控功率,以便控制在坩鍋27中之溫度,並且因此,控制了多晶矽37之熔化,為回應在步驟133決定之熔化速率,PLC 73在步驟135為加熱器31決定了一適當之功率值,然後在步驟137中使加熱電源供應器29隨之調整。

相反地,在步驟131中表面積變成零之後,視訊系統67增加一個計數,其係紀錄從偵測到最後一個固態多晶矽37後,連續框架之數目;一旦偵測到固態多晶矽37,則此技術器重設為零;如果經過數個連續要求之影像(例如,每秒30個影像為一單位),都未偵測到任何固態多晶矽37,然後影像處理器71便向PLC 73報告熔化完成,並且進行在沾浸晶種43前之下一個狀態,步驟139之熔化穩定化。

以類似於在熔體表面99偵測漂浮多晶矽37之方式,可以想到的,視訊系統67也可以用來觀測小石英片,其在接近熔化狀態結束時會附在多晶矽37上;有時,此種石英片(常

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (17)

常是一群)即使得多晶矽添加37熔化之後，仍然繼續浮著；石英片之特徵是極高灰階、相對尺寸較小(也就是，小於最後可見之多晶矽塊37)及快速移動，在此例中，石英片係根據灰階之階梯變化來與多晶矽37作區別；再者，希望能夠分辨固態多晶矽37與漂浮之石英塊並得知其大小：根據此發明，視訊系統67對熔體表面99進行持續之追蹤，並報告可偵測石英塊之存在；還可以想到的，例如，除了提示在熔體39中是否有石英存在之外，石英之參數可提供石英大小自1 mm²到150 mm²之提示。

根據本發明之一個較佳實施例，一旦熔化階段完成，視訊系統67開始監測熔體之水位53；為此應用之目的，熔體水位53定義為，從加熱器31頂端到熔體39表面99之距離，並可用中心點C座標之函數來決定；最好由影像處理器71來決定指示熔體水位53之中心點C；在此實施例中，在中心點C之y座標與一參考值間之差，用來決定熔體水位53；一般可用之光學方法(例如，一裝載於腔室25之光束/偵測器裝置)也可以用來決定熔體水位53；熔體水位53之決定可用來，例如，藉由修正因子之計算與透過坩鍋27之上升控制減少熔體水位53變動，以減少直徑量測之誤差；在一個實例中，熔體水位參數表示之熔體水位範圍為+/- 75 mm。

系統21最好使用多組相機配置，其中廣角相機57取得熔體-坩鍋介面之影像，而窄視野相機57取得熔體-晶體介面之影像；以週期性之間隔，分別偵測這些介面(也就是，個別之彎液面109與彎液面59)並且分別以，例如，一個橢圓

五、發明說明 (18)

來近似；然後每一個橢圓之寬度與中心點可用在公式中，其導出相對於固定z軸原點之物質熔體水位53；該公式也使用已知之相機角度，鏡頭焦距、感應器之取樣速率、以及至坩鍋27與晶體41共轉軸47之距離；在生長製程中，當熔體被生長之晶體消耗時，熔體水位53相對於坩鍋壁下降；可是，坩鍋上升以維持熔體水位53大致在相同之垂直位置。

通常歸屬於1995年6月2日歸檔之申請序號08/459,765，與通常歸屬於1996年3月21日歸檔之申請序號08/620,137，該整個發明在此併為參考，其個別描述一較佳之方法與系統，用來準確並可靠地量測晶體直徑與熔體水位；除了晶體直徑測量之外，坩鍋直徑測量在計算熔體水位53中也是有用的，特別是在拉出晶體41之前；再者，此參數之準確測量，減少了隨坩鍋尺寸不同與每次製程中熱膨脹所導致之誤差；所以，視訊系統67偵測與處理熔體-坩鍋彎液面109以及熔體-晶體彎液面59，以獲得坩鍋27之即時直徑量測。

如前所述，本發明之一個實施例包括溫度感應器61，用來提供關於熔體39之訊息；熔體溫度通常直接或間接由，位於相對於熔體39固定位置之次要感應器，像是溫度感應器61測得；通常，此種感應器需要手動校正並且無法掃描與描繪熔體表面溫度；在一個變化之實施例中，視訊系統67取代溫度感應器61或除其之外，提供熔體溫度之訊息，來克服這些關於一般溫度感應器之缺陷。

根據本發明，展示多晶矽添加物37所餘未熔部分之捕捉

五、發明說明 (19)

影像，也提供關於熔體39溫度之訊息；當熔體融化其中之一塊非常小多晶矽時，該固態-熔體介面近似於該固體之熔點溫度；固體中遠離介面之區域，傾向於具有較熔點為低之溫度；相反地，熔體中遠離介面之區域，傾向於具有較熔點為高之溫度。

在本發明中，假設非常小塊固態多晶矽37樣品之介面，就在融化之前，具有接近矽熔點之溫度(也就是，1414度 $^{\circ}\text{C}$ ；1687 K)；所以，本發明之一個較佳實施例，設定固體-熔體介面之灰階等於矽之熔點；然後可以用黑體輻射方程式，根據兩個像素之強度比，來得到兩個像素間之熔體溫度比；利用此方法，可以得到每一個像素之熔體39溫度；影像處理器71最好是，例如，每一秒向PLC 73報告熔體溫度參數；控制電路55利用此量測來操控該功率，以便控制坩鍋27中之溫度，並且，因而控制多晶矽37之溫度；本發明供熔體表面99溫度之閉路控制，以獲得所需之沾浸溫度。

例如，視訊系統67處理在融化期間，沾浸狀態之前所捕捉熔體表面99之一群影像；一種中介過濾技術(median filtering technique)，例如，減少像素在像素間，特定範圍之強度擾動；在一個實施例中，視訊系統67忽視在固體-熔體介面之像素，以便更能分辨熔體表面99之像素與固態多晶矽37之像素。

通常，在熔體39與浮在熔體表面99上，所觀測到最後一塊多晶矽37間之介面上之灰階，大致是不變的，並定義為對應至矽之熔點溫度；環繞最後一塊多晶矽37之區域，比

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (20)

熔體表面之其餘部份為暗(也就是說，其具有較低之灰階)；因此，在捕捉影像中，熔體39對應於其餘像素之溫度，可以根據以下之方程式來決定：

$$(T/1687\text{ K})=(GL/GLI)^{1/4}$$

其中GLI是在熔體-固體介面，未熔多晶矽37之像素值，或灰階，而GL是再影像中另一位置之像素值，或灰階。

再參考該例，該熔體溫度參數之範圍自1000度C至1600度C；如果GLI是79(對應至1414度C之溫度)，而在熔體表面99中心之GL是73，則在熔體中心之溫度大約是1381度C；所以控制單元55最好增加由加熱電源供應器提供至加熱器31之功率，以增加熔體39之溫度，因為沾浸溫度要近似於矽之熔點溫度。

可以了解的是，在熔化結束時坩鍋之轉速，通常與在沾浸狀態開始時之坩鍋轉速不同；此差別應計入由於從熔體表面之反射而導致強度之變動，其可能造成溫度之誤差；另外，對IR敏感之相機可提供較佳之結果。

圖7以流程圖141之形式，說明根據本發明之一個較佳實施例中系統21之操作；此外，圖7說明了控制單元55中，用來執行流程圖141步驟之各種組件。

在操作中，系統21提供一個提示，何時多晶矽37之一部份，像是圖3中所示之掛鉤101，會靠在坩鍋壁97上；更好的是，系統21不僅提供一個是/否之參數，說明掛鉤101是否存在，還，例如，藉由偵測掛鉤在熔體表面99之反射，提供掛鉤大小之參數，自1 mm²到150 mm²；如此使控制

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (21)

單元55能夠測量自掛鉤101至熔體39中心之距離，使得其可以決定在該次拉晶中，該掛鉤101之存在是否會影響由相機57追蹤之直徑；如前，偵測係根據灰階之劇烈變化；可是，在此例中，由於掛鉤101在熔體表面99上之固定位置(也就是，靠在坩鍋27之壁97上)，所以視訊系統67能夠分辨來自掛鉤101之反射與其他反射。

如圖7所示，視訊系統67從步驟143開始，以像素值之函數處理所需之影像，以偵測影像中之邊緣；在步驟145中，視訊系統67之影像處理器71也檢視坩鍋27之轉速；相機57最好寬廣視野，使視訊系統67能要求熔體39上方與坩鍋27壁97相交處全部寬度之影像；利用坩鍋之旋轉信號，視訊系統67能夠要求在幾個已知坩鍋旋轉角度之影像；此在坩鍋27每一轉，提供了一次數位輸入脈衝至影像處理器71；藉由在已知角度獲取影像，可以剔除來自熔體表面99與之類之高對比反射，而可以確認來自掛鉤，像是掛鉤101，之反射。

在步驟147中，影像處理器71決定，偵測到之邊緣是否歸類為多晶矽37之懸塊，像是掛鉤101；例如，如果測得之邊緣歸類成一個確定大小與位置之物體(也就是，在坩鍋-熔體介面或其上)，而且該物體以坩鍋轉速之函數；週期性地重複自身，則視訊系統67確認該物體為掛鉤並進行步驟149；在步驟149中，影像處理器71計算掛鉤101之大約表面積。

此外，視訊系統67在步驟151中，偵測影像中之邊緣，

五、發明說明(22)

來確認在坩鍋-熔體介面可見之彎液面109；藉由偵測彎液面109，影像處理器71決定坩鍋27之寬度，並且因此，決定其中心：在步驟153中，影像處理器71根據掛鉤101之表面積，提供自熔體39中心至掛鉤101距離之測量；然後進行至步驟155，如果自掛鉤101到熔體39中心之距離少於預設之距離(例如，40 mm)，就在步驟157中PLC 73執行掛鉤程式；有利地，該掛鉤程式命令控制元55如何控制晶體生長裝置23，以如此方式倒置掛鉤101熔化：另一方面，如步驟159所示，如果在步驟147未測到掛鉤或是掛鉤不可能造成干擾(也就是，其離熔體中心40 mm以上)。PLC 73不動作。

至於晶體生長製程之沾浸狀態，視訊系統67也偵測何時晶種43接觸熔體39之上方表面99；通常，晶體驅動單元51使晶種43向下行進，直到它接觸熔體表面99；有利地，視訊系統67之影像處理工具偵測在熔體表面99上晶種43之反射，並測量兩者間之距離；當晶種43靠近熔體39時，該反射會漸漸與晶種43本身之圖像分不清楚：當該反射已經完全消失時，晶體-熔體之接觸便已發生；彎液面59，其在熔體39上之晶種-熔體介面形成，提供了接觸之一個次要提示。

圖8以流程圖161之形式，說明了根據一個較佳實施例中系統21之操作；此外，圖8說明了用來執行流程圖161步驟，控制單元55之各種組件。

在操作中，系統21提供一個何時晶種43接觸熔體39之提示：如圖8所示，視訊系統67自步驟163開始，以像素值之

五、發明說明 (23)

函數處理所要求之影像，來偵測影像中之邊緣；特別是，視訊系統67之影像處理器71偵測關於晶種43與其截面在熔體表面99上反射之邊緣；在步驟165中，影像處理器71根據在所得影像中測得之邊緣，提供自晶種43至熔體39距離之測量；例如，該晶種-熔體距離參數之範圍為0-500 mm；根據本發明，視訊系統67，例如，每一秒向PLC 73報告晶種-熔體之距離。

進行至步驟167，PLC 73決定何時晶種43會到達距熔體表面99一個預設之距離(例如，20 mm)；如果晶種43距離表面99大於20 mm，則操作進行至步驟169；在步驟169中，PLC 73使晶體驅動單元51以相當高之速度(例如，200 mm/小時)，繼續下降晶種43；另一方面，當晶種43距離表面99少於20 mm時，PLC 73在步驟171中，使晶體驅動單元51減少晶種43之速度，到一個相當低之速度(例如，20 mm/小時)。

緊接著步驟171，PLC 73進行至步驟173，來決定晶種43與熔體39之距離是否為零；如果不是，晶體驅動單元51以相同之速度繼續下降晶種43；可是，一旦該距離變為零時，PLC 73在步驟175中，使晶體驅動單元51停止；在步驟177中完成沾浸穩定化副程式之後，PLC 73在步驟179決定晶種43與熔體39是否接觸；基本上，該晶種-熔體接觸參數是一個數位式是或否之指示；舉例而言，晶種-熔體之接觸可以用表面99上晶種-熔體介面處彎液面59之存在得知；若是如此，PLC 73接著操作開始步驟181之頸部生

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(24)

長；反過來說，如果晶種-熔體接觸尚未達到，則PLC 73在步驟183中下令再沾浸晶種43。

作為根據圖8視訊系統67操作之例，影像處理器71使用一個水平搜尋測徑器(horizontal search caliper)，來偵測何時晶種43之柱體自上方進入視野，並記錄此事件；接著，影像處理器71使用配置在測得晶種43水平位置之垂直搜尋測徑器，影像處理器71最好應用此垂直測徑器至該影像，來尋找晶種43之底部邊緣；之後，影像處理器71使用柱體與尖端測徑器，來監測晶種43向熔體39之下移；根據尖端在每一個連續得到框架之位置，影像處理器71將晶種高度減去此刻估計之熔體表面高度，以得到此刻晶種-熔體距離。

再參考此例，當估計之晶種-熔體距離落至一起始值之下時，影像處理器71使用一新的垂直搜尋測徑器來偵測並追蹤晶種43在熔體表面99之反射；藉由監測該反射之垂直位置以及尖端位置，影像處理器71能夠得到在熔體表面99上，晶種43距離較準確之估計；再者，追蹤該反射也提供了邊緣對比起始值之資料，以供偵測何時晶種43與熔體39接觸之用。

最後，當晶種43開始與本身之反射分不清時，影像處理器71應用一對測徑器，其搜尋方向為45度與-45度，且就位於晶種43之尖端上方；當晶種43剛碰到熔體39之表面99時，這些測徑器偵測彎液面59之最初出現；特別是，影像處理器71監測由這些測徑器測得之邊緣，直到兩個測徑器同時觀察到一邊緣對比，其超過先前由晶種反射產生之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(25)

最大對比；當此種情形發生時，影像處理器71向PLC 73報告晶種-熔體接觸；之後，影像處理器71進行至使用新形成之彎液面59來追蹤晶體直徑並估計熔體水位53。

在晶體生長之拉出狀態期間，影像處理器71最好進行數位式邊緣偵測，來定位沿著彎液面59亮環內或外側之至少三點座標：因為已知晶體41與彎液面59之截面通常是圓形，所以由影像處理器71測得之亮環邊緣座標假設為橢圓形，再轉換與映射為圓形；在一個變化之方法中，該邊緣座標可藉由補償因相機57裝載角度導致之扭曲，來映射成圓形：Gonzalez與Wintz所著，1987年出版之數位影像處理(Digital Image Processing)中第36至52頁，在此列為參考文獻，發表了數學之轉換，用來補償關於三維物體因相機位置導致之投射扭曲；此種轉換可依用來從一個扭曲之橢圓形中，萃取出圓形來；再者，一般歸屬於1995年11月14日歸檔，序號08/558,609，其整個發明在此處併為參考，其描述了一種無扭曲相機，用於取得彎液面59之影像，而無需複雜之數學轉換。

如上所述，一般歸屬於申請序號08/459,765與08/620,137個別發表一個較佳之方法與系統，用來準確而可靠地測量晶體直徑：關於直徑之測量，影像處理器71根據影像測得之光學特性，來決定沿彎液面59亮環內側與外側之邊緣座標；然後影像處理器71根據測得之邊緣，決定晶體41之直徑；例如，在一個實施例中，該直徑參數之範圍為0-320 mm。

在一個較佳之實施例中，控制單元55之PLC 73回應決

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(26)

定之矽晶體41直徑，來控制坩鍋27與晶體41旋轉之速率，以及自熔體39中拉出晶體41之速率，和/或熔體39之溫度，其並回應熔體水位53之決定，來控制坩鍋27之高度，因而控制晶體生長裝置23；如此，便進行了閉路控制來維持頸部直徑。

在直徑量測中之一個變動來源是，亮環之寬度隨由液態彎液面59暴露並反射之坩鍋27熱壁高度而變；當熔體39消耗時，量環之寬度增加，其使得晶體41顯得較大，而可能造成所生長之實際晶體41不夠大；因此，作為一個例子，除了偵測在熔體39與亮環間之邊緣外，也做在晶體41與亮環間之邊緣偵測，其可用來提供亮環寬度之測量；再者，液態彎液面59之數學模擬，其計入關於坩鍋壁高度之反射特性，可提供亮環寬度之測量。

除了監測生長晶體41之直徑外，系統21更有利地藉由維持生長速率大致不變，來提供均勻之晶體品質；為達到此點之一個想到之方法為，重解相對於由頂端熔體表面99定義平面，彎液面59之高度和/或角度；然後為回應這些參數中一個或兩者之變化，控制單元55可以調整晶體生長製程來維持其相當地不變。

再者，彎液面59之邊緣座標可用來偵測晶體直徑中，相關於晶體驅動單元51旋轉晶體41(如一般歸屬於申請序號08/459,765與08/620,137所述)速率之週期性的偏離；如現今技術中所知，通常平行於垂直軸47並沿晶體41主體分隔之斷面(facet)，或嗜線(habit line)，提示了零缺陷之生長；該

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (27)

嗜線，或稱作生長線，以渦狀(dimple-like)圖樣出現在晶體41截面之周緣；正因如此，當晶體41以已知速率旋轉時，預期嗜線在影像上特定感興趣之區域，例如， $\langle 100 \rangle$ 晶向的以轉速之四倍速出現， $\langle 001 \rangle$ 晶向的以轉速之二倍速出現；如此，影像處理器71能夠確認晶體41之零缺陷生長；回應視訊系統67測得失去了零缺陷生長，控制單元55就啟動重新熔化。

斷面在晶冠開始時常常變得高度可見，而零缺陷檢測在主體生長最初大約一吋(2.54 cm)並不需要；在一較佳實施例中，視訊系統67根據嗜線之對稱性與直徑於給定之晶體旋轉速率下，在預期角度位置之週期性偏離，來監測零缺陷之生長；如果失去了零缺陷生長，則第一個可見之訊息為斷面對稱性之消失，其會突然一起消失而該主體會變成一個圓形無斷面之柱體；視訊系統67週期性地評估晶體41在熔體表面99所定義平面上之二維截面，之後並且分析關於此截面之對稱性喪失和/或斷面界定喪失：每一個評估之截面包括晶體41平均直徑之估計，以及從此平均值所得之截面偏離，作為對晶體41中心軸47之圓柱角之函數。

根據一個較佳實施例，系統21也提供冰111形成之偵測與控制(也就是，熔體表面上熔化多晶矽之結晶化，或凍結，常次於坩鍋壁97而發生在接近主體生長末期或在底部生長期間)；如前，偵測係基於灰階中之劇烈變化；可是，在此例中，因為冰111在熔體表面99上固定之位置(也就是，通常貼近坩鍋27之壁97)，視訊系統67能夠從其他物體或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (28)

反射中，分辨出冰111之存在。

圖9以流程圖185之形式，說明了根據一個較佳實施例中系統21之操作；此外，圖9說明了用執行流程圖185步驟，控制單元55之各種組件。

在操作中，系統21提供一個提示，關於在晶體生長製程拉晶狀態期間，何時多晶矽37之一部份，像是如圖4所示之結晶多晶矽，稱作冰111，附在坩鍋壁97上；有利地，系統21不僅提供一個是/否之參數來指示冰111是否存在，也，例如，藉由偵測其在熔體表面99上之存在，提供一個冰之大小自1 mm²到150 mm²之參數；這使得控制單元55能夠測量自冰111至晶體41之距離，如此其可以決定冰111之存在，於該次生長中是否可能影響晶體之生長；如前，偵測係基於灰階中之劇烈變化；可是，在此例中，因為冰111在熔體表面99上固定之位置(也就是，通常貼近坩鍋27之壁97)，視訊系統67能夠從其他物體或反射中，分辨出冰111之存在。

如圖9所示，視訊系統67從步驟187開始，以像素值之函數處理所需之影像，以偵測影像中之邊緣；在步驟189中，視訊系統67之影像處理器71也檢視坩鍋27之轉速；如前，相機57最好寬廣視野，使視訊系統67能要求熔體39上方與坩鍋27壁97相交處全部寬度之影像；因此，利用坩鍋之旋轉信號，視訊系統67能夠要求在幾個已知坩鍋旋轉角度之影像；此在坩鍋27每一轉，提供了一次數位輸入脈衝至影像處理器71；藉由在已知角度獲取影像，可以剔除來自

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(29)

熔體表面99與之類之高對比反射，而可以確認冰111之存在。

在步驟191中，影像處理器71決定，偵測到之邊緣是否歸類為多晶矽37之結晶塊，像是冰111；例如，如果測得之邊緣歸類成一個確定大小與位置之物體(也就是，在坩鍋-熔體介面)，而且該物體以坩鍋轉速之函數，週期性地重複自身，則視訊系統67確認該物體為冰並進行步驟193；在步驟193中，影像處理器71計算冰111之大約表面積。

此外，視訊系統67在步驟195中，偵測影像中之邊緣，來確認在坩鍋-熔體介面可見之彎液面59；藉由偵測彎液面59，影像處理器71決定晶體41之寬度；在步驟197中，影像處理器71根據冰111之表面積，提供自晶體41至冰111距離之測量；然後進行至步驟199，如果自冰111到晶體41之距離少於預設之距離(例如，25 mm)，就在步驟201中PLC 73執行冰程式，有利地，如果冰111太靠近晶體41，該冰程式命令控制單元55暫停或終止操作；也可以想到的，在特定情形中，該冰程式命令控制單元55進行補救量測；例如，如果在該次拉晶初期偵測到冰111，則冰程式使加熱電源供應器增加提供至坩鍋27之熱量，以融化結晶之矽，並使晶體驅動單元51減低拉出速率，來補償增加熱量造成之較小晶體直徑；另一方面，如步驟203所示，如果在步驟191未測到冰111或是冰111不可能造成干擾(也就是，其離晶體41有25 mm以上)，PLC 73不動作。

再者，應了解的是，除了完全融化、融化速率、溫度、

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (30)

冰或掛鉤距離、晶體直徑、熔體水位以及零缺陷生長之喪失之外，本發明之視訊系統67也可以用來決定其他晶體生長參數，像是清洗管縫隙或熔體縫隙及傳導流。

在以上觀點中，可以看到本發明之幾個目的已經達成，而獲致其餘有利之結果。

雖然可在上述之架構與方法中作各種變化，而未偏離本發明之範圍，其意指所有包含在以上敘述或示於附圖中之事物，將被視為說明而非指限制。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

四、中文發明摘要 (發明之名稱: 控制矽晶體生長之方法及系統)

一種使用 Czochralski 晶體生長裝置之方法及系統，該晶體生長裝置具有一加熱坩鍋，係用來將固體矽熔化以形成熔體，而單晶係自其拉出。該熔體上方表面之上暴露出未熔之矽，直到其熔化為止。一相機產生坩鍋內部之部分影像，每一個影像包含一群像素，而每一像素具有一代表該影像光學特性之值。一影像處理器將該影像以像素值之函數作處理，以偵測在影像之邊緣，並將偵測到之邊緣以其在影像中之位置集合成為函數，用來界定影像中之物體；界定之物體每一個包含一個或更多像素，而且至少一個界定之物體是代表在熔體表面可見之固體矽之一部份。一控制電路根據界定物體決定一代表晶體生長裝置條件之參數，並控制回應該決定之參數控制該晶體生長裝置。

英文發明摘要 (發明之名稱: METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING GROWTH OF A SILICON CRYSTAL)

Method and system for use with a Czochralski crystal growing apparatus. The crystal growing apparatus has a heated crucible for melting solid silicon to form a melt from which the single crystal is pulled. The melt has an upper surface above which unmelted silicon is exposed until melted. A camera generates images of a portion of the interior of the crucible. Each image includes a plurality of pixels and each pixel has a value representative of an optical characteristic of the image. An image processor processes the images as a function of the pixel values to detect edges in the images and groups the detected edges as a function of their locations in the images to define objects in the images. The defined objects each include one or more pixels and at least one of the defined objects is representative of a portion of

四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

英文發明摘要 (發明之名稱：)

solid silicon which is visible on the melt surface. A control circuit determines a parameter representative of a condition of the crystal growing apparatus based on the defined objects and controls the crystal growing apparatus in response to the determined parameter.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

五、發明說明-(5)

89.2.18 修正
年 月 日 補充

圖2係圖1中系統之控制單元之塊狀圖。

圖3係圖1之晶體生長裝置之截面圖，其示出最初加入部分熔化之厚塊多晶矽。

圖4係圖1之晶體生長裝置之截面圖，其示出一自圖中所包含之熔體所拉出矽晶體之分部圖。

圖5-9係示例流程圖，其說明圖2之控制單元之操作。

元件符號說明

21	系統	51	晶體驅動單元
23	Czochralski 晶體生長裝置	53	熔體水位
25	真空室	55	控制單元
27	坩鍋	57	二維照相機
29	加熱電源供應器	59	彎液面
31	電阻加熱器	61	溫度感應器
33	絕緣	63	程式數位或類比 電腦
35	氬氣	67	視訊系統
37	塊狀及/或顆粒狀 多晶矽	69	視訊影像結構緩 衝器
39	矽熔體	71	影像處理器
41	晶體	73	可程式化邏輯控 制器
43	晶種	75	通訊介面
45	纜線	77	視訊顯示器
47	共同對稱軸	87	輸入/輸出模組
49	坩鍋驅動單元		

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

89.2.18 修正
年 月 日

五、發明說明-(5a) 補充

91	內表面	107	光學軸
93	外表面	109	彎液面
95	底部部分	111	冰
97	側邊或牆部分	113	流程圖
99	上表面	127	流程圖
101	未熔物質之掛拘	141	流程圖
103	載器	161	流程圖
105	可移動基座	185	流程圖

在所有附圖中，相對應之註碼標示相對應之部分。

最佳實施例詳述

現在參照圖1，根據本發明，以用於Czochralski晶體生長裝置23之系統21為例；在此示範實施例中，晶體生長裝置23包含一個環繞坩鍋27之真空室25；加熱電源供應器29提供能量，至環繞坩鍋27之電阻加熱器或其他加熱裝置31；絕緣33最好對齊真空室25之內壁；通常，有充水之真空冷卻外罩(未示出)環繞真空室25，而當氣體自真空室25由真空幫浦(未示出)移出時，氬氣35之鈍氣(見圖3與4)填入真空室25。

根據Czochralski單晶生長製程，將一定量之多晶體矽，或多晶矽，其部分一般標記為圖3中之37，加入坩鍋27中；加熱電源供應器29提供電流流過電阻加熱器31，以熔化添加物，而後形成矽熔體39，單晶41則自其拉出；單晶41開始於銜接在上拉柱體或纜線45上之晶種43；如圖1所示，單晶41與坩鍋27有一共同對稱軸47。

坩鍋驅動單元49以，例如，順時鐘方向旋轉坩鍋27，並在生長製程期間，依需要提昇或降低坩鍋27；晶體驅動單

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

1. 一種閉路控制方法，係與生長矽單晶之裝置組合使用，該晶體生長裝置具有一加熱坩鍋，係用於熔化固態矽以形成一熔體，而該單晶係由此拉出，該熔體具有一上表面，其上暴露未熔之矽，直至其熔化為止，該方法包含下列步驟：

以一相機產生坩鍋內部部分之影像，該影像每一個包含一群像素，該像素每一個具有一代表該影像光學特性之值；

以像素值之函數處理該影像，以偵測影像中之邊緣；

將偵測之影像歸類，以作為影像中位置之函數，俾界定在影像中之物體，該界定物體每一個包含一個或更多個像素，而且至少一個該界定物體代表熔體表面上可見之固態矽之一部份；

於多數個矽單晶成長階段，包含熔化多晶矽、熔化完成至晶種熔化接觸間、晶種熔化接觸或單晶生長等階段中，根據界定物體決定至少一個參數，代表晶體生長裝置之條件；及

控制晶體生長裝置以回應該決定參數。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該處理步驟包括將連續影像相減，以產生差像，其辨識自一個影像至下一個之變化，並將其中在差像中之測得邊緣歸類，以定義代表熔體表面上可見固態矽之一部份之定義物體。
3. 如申請專利範圍第2項之方法，其還包括一步驟，該步驟

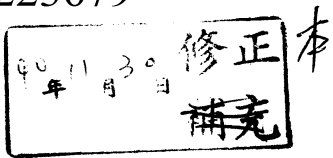
六、申請專利範圍

- 係以在差像中定義物體內之像素數目之函數，決定熔體表面上可見固態矽之一部份之大約尺寸。
4. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該參數決定步驟包括決定一個熔化完成參數，其代表在坩鍋中之矽已大致熔化，該熔化完成參數係在熔體表面上可見固態矽部分之大小趨近零之函數。
 5. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該參數決定步驟包括決定一個熔化速率參數，其代表在坩鍋中之矽熔化之速率，該熔化速率參數係定義物體大小相對於時間變化之函數，而該定義物體係代表在熔體表面上可見固態矽部分。
 6. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該處理步驟包括：根據在影像中測得之邊緣，偵測一個位於熔體與熔體表面上可見固態矽之部分間之介面；以及其中該參數決定步驟包括，決定一個熔體溫度參數，其代表在熔體表面不同位置之熔體溫度；該熔體溫度參數係影像中，鄰近熔體與固態矽部分間介面之至少一個像素之像素值函數。
 7. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該處理步驟包括，根據影像中測得之邊緣，偵測位於熔體與坩鍋內壁間之一個介面，並且還包括偵測何時固態矽部分貼近坩鍋內壁之步驟。
 8. 如申請專利範圍第7項之方法，其還包括定義一對應於坩鍋大約中心之像素位置，以及其中該參數決定步驟包括，決定一個掛鉤距離參數，其代表自坩鍋中心至鄰近坩

六、申請專利範圍

鍋內壁所測得之固態矽部分間之距離；該掛鉤距離參數係在定義物體中至少一個像素位置相對於對應至坩鍋大約中心像素位置之函數，而該定義物體係代表鄰近坩鍋內壁測得之固態矽部分。

9. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該處理步驟包括：根據在影像中測得之邊緣，偵測一個晶體彎液面，該晶體彎液面係當單晶自熔體拉出時鄰近單晶可見，以及其中該參數決定步驟包括，決定一個冰距離參數，其代表自鄰近坩鍋內壁測得之固態矽部分至晶體彎液面之距離：該冰距離參數係在定義物體中至少一個像素位置相對於在晶體彎液面邊緣之至少一個像素位置之函數，而該定義物體係代表鄰近坩鍋內壁測得之固態矽部分。
10. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該單晶係由一晶種沾浸進入熔體之後並拉出而生成，至少一個該定義物體係代表晶種於晶種接觸熔體之前，在熔體表面可見之反射；以及還包括以定義物體中像素數目之函數，決定該晶種反射大約尺寸之步驟，及以晶種在熔體表面之反射尺寸之函數趨近於零，來決定一個晶種-到-熔體接觸參數，其代表晶種接觸熔體表面。



第 87111594 號專利申請案
中文圖式修正本(90 年 11 月)

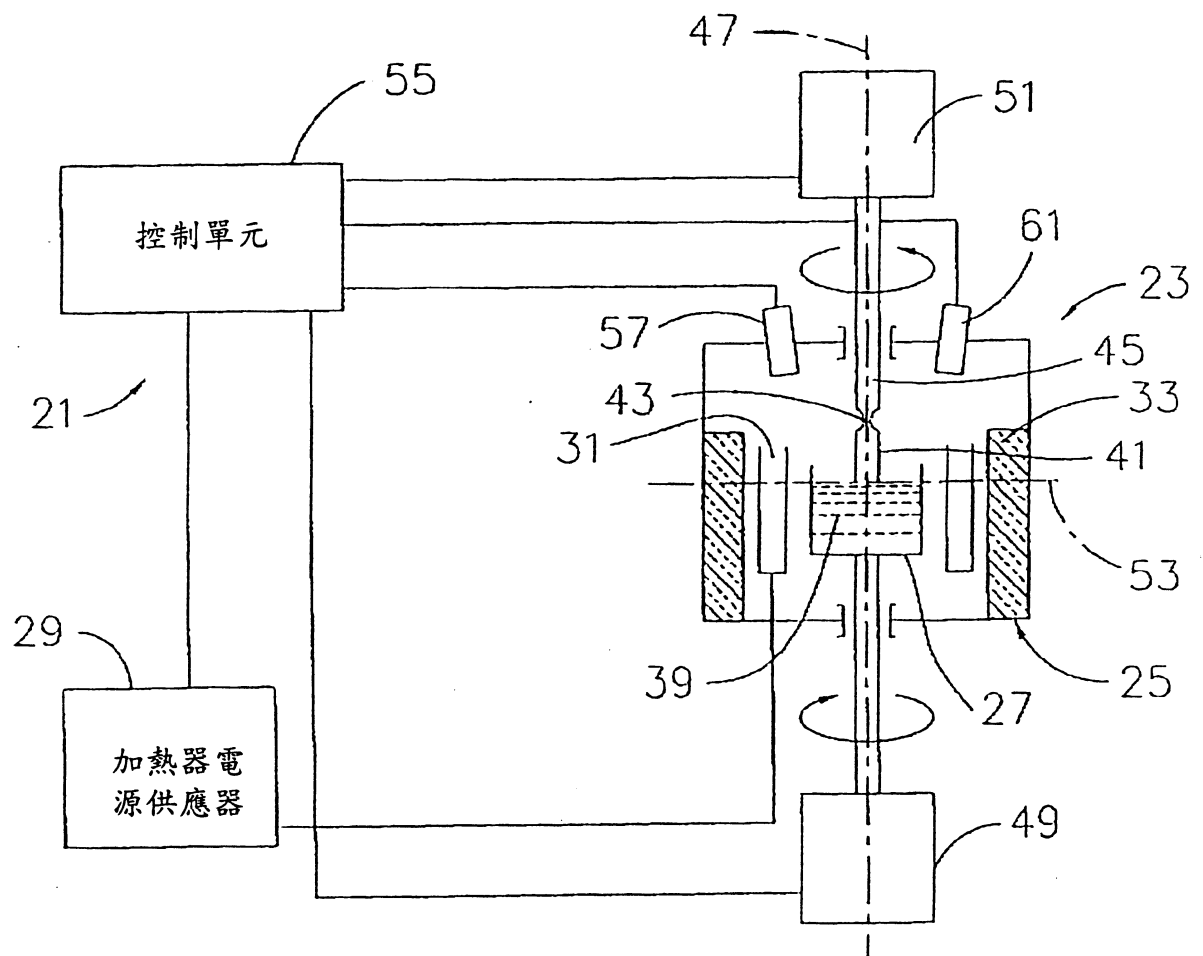


圖 1

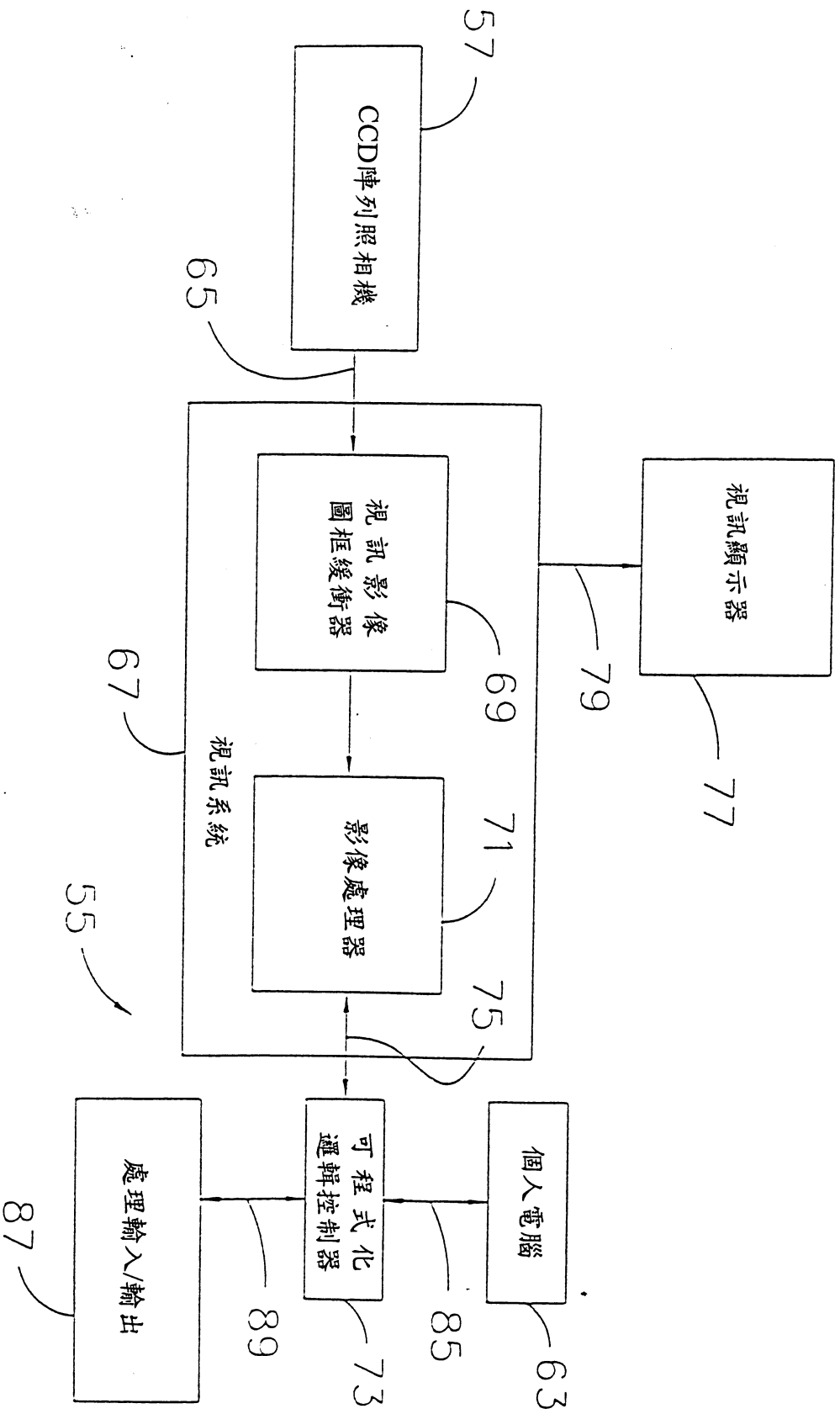


圖 2

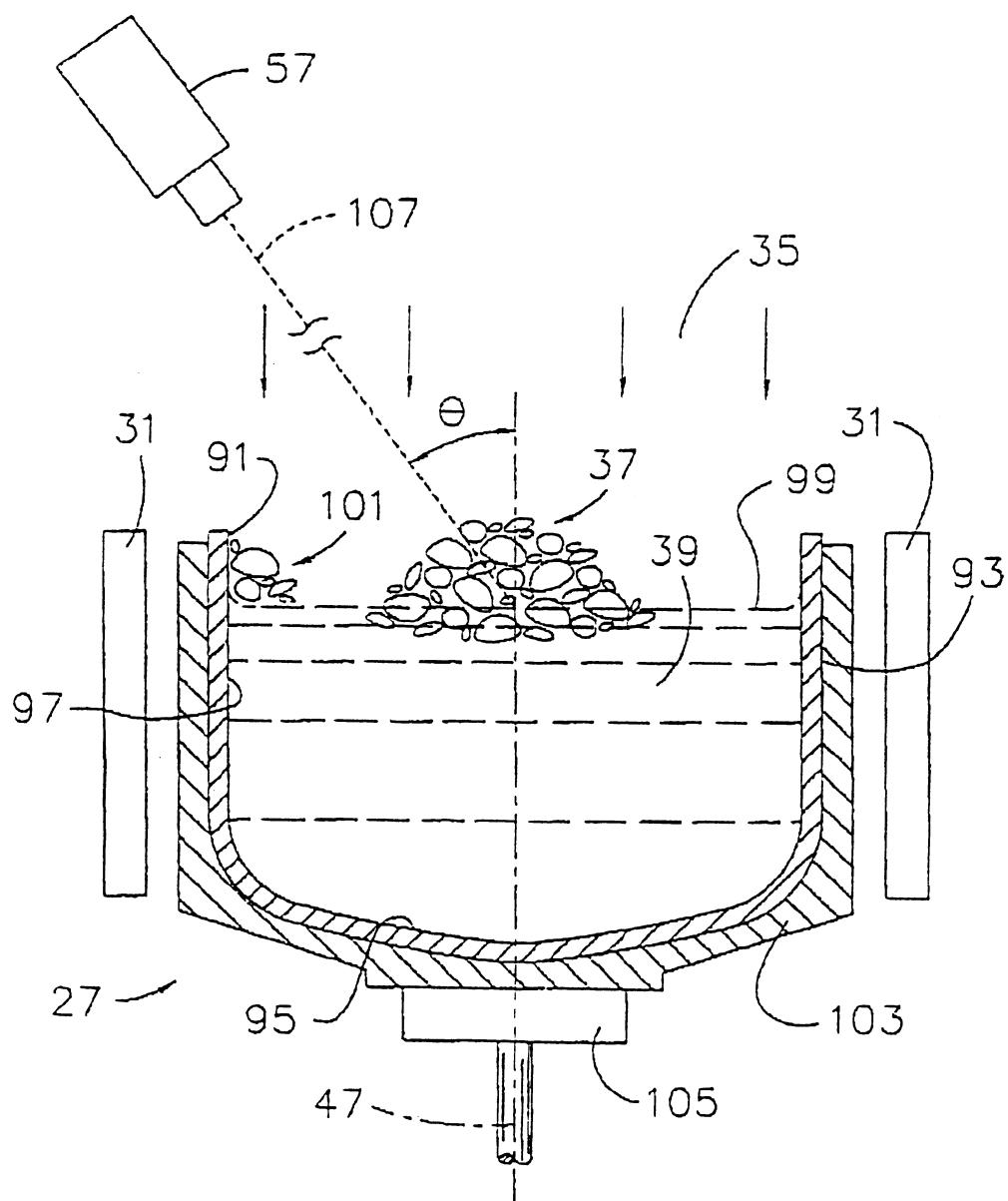


圖 3

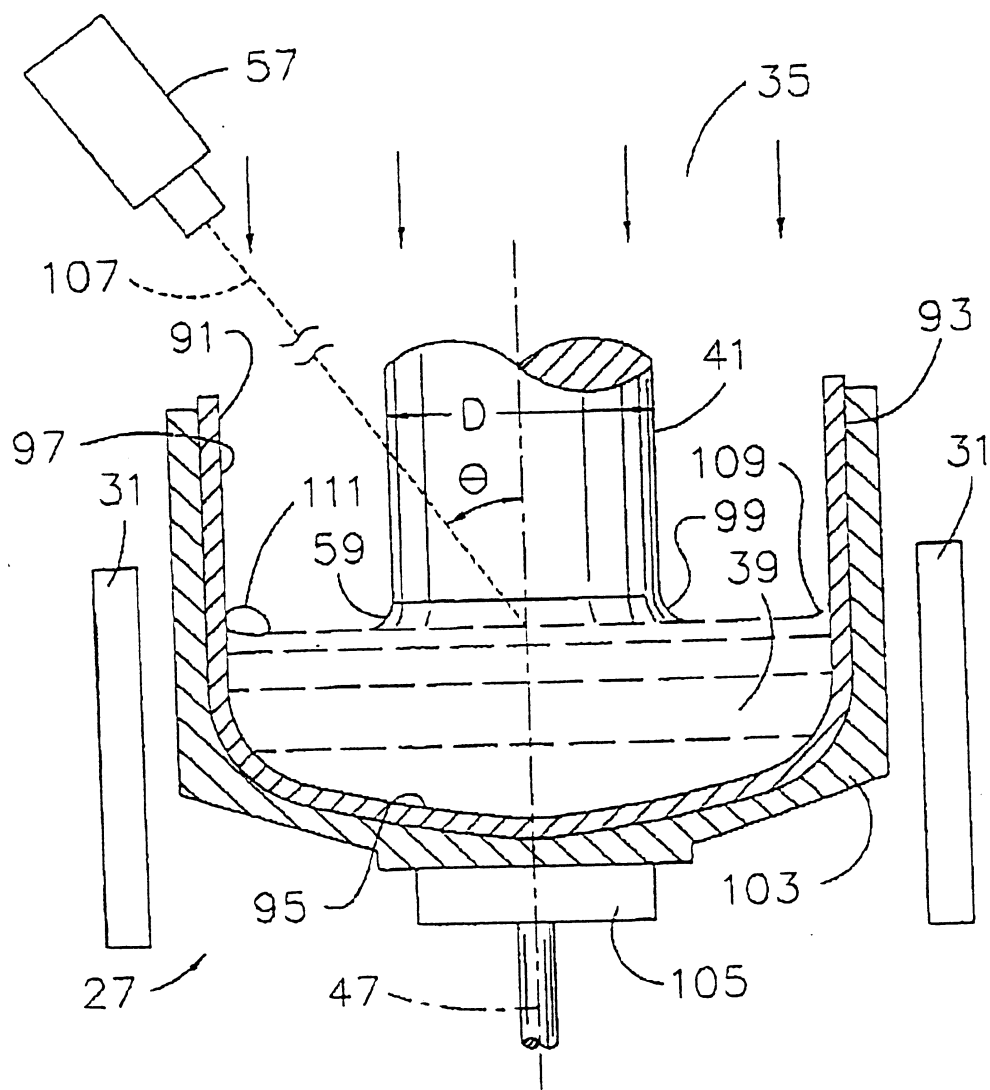
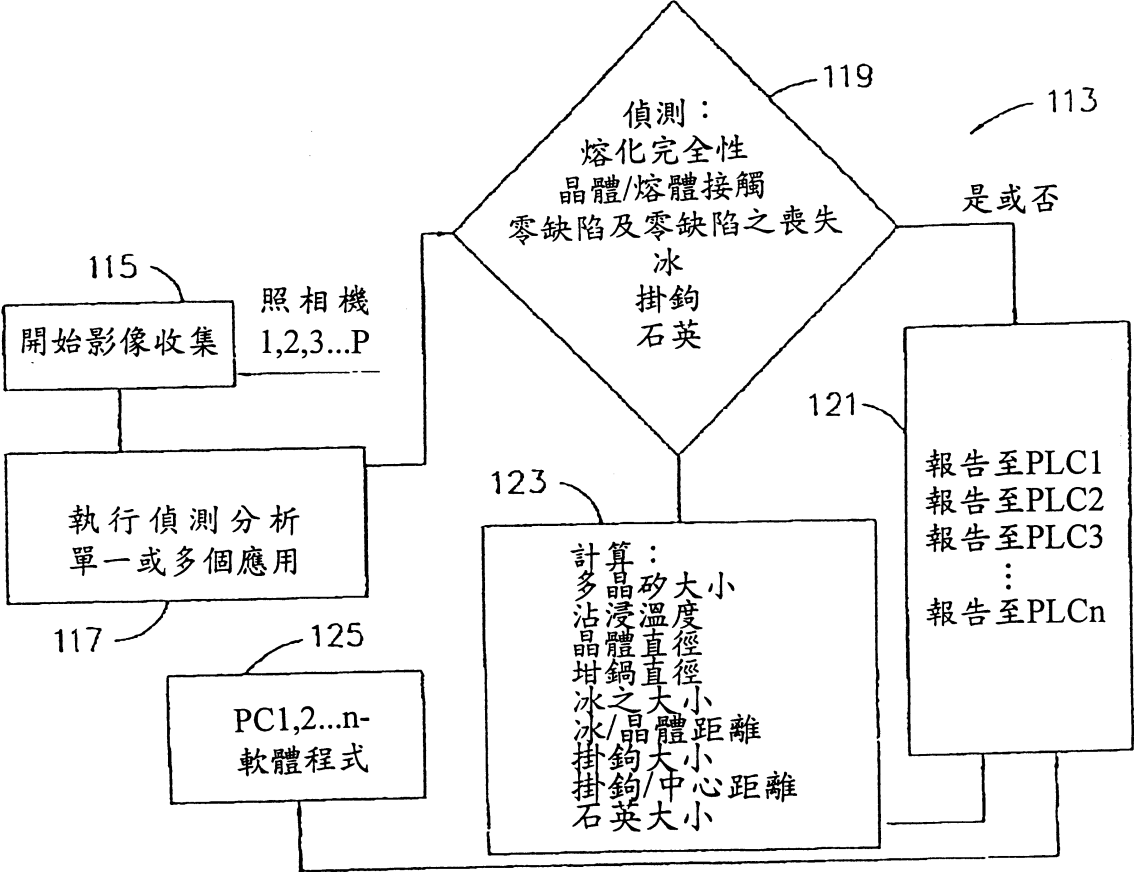


圖 4



P：CCD照相機數目
n：晶體成長拉升器之總數目。P >= n

圖 5

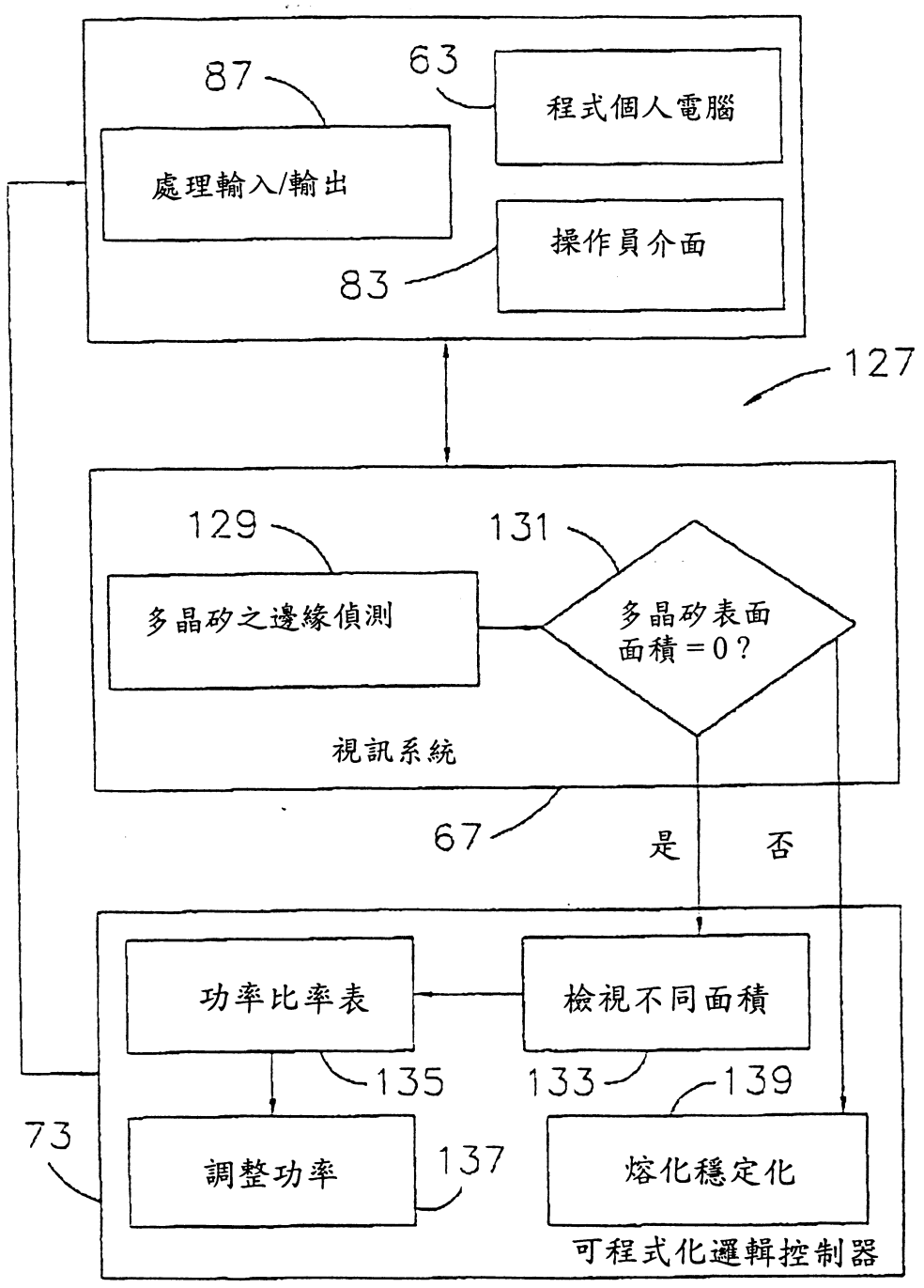


圖 6

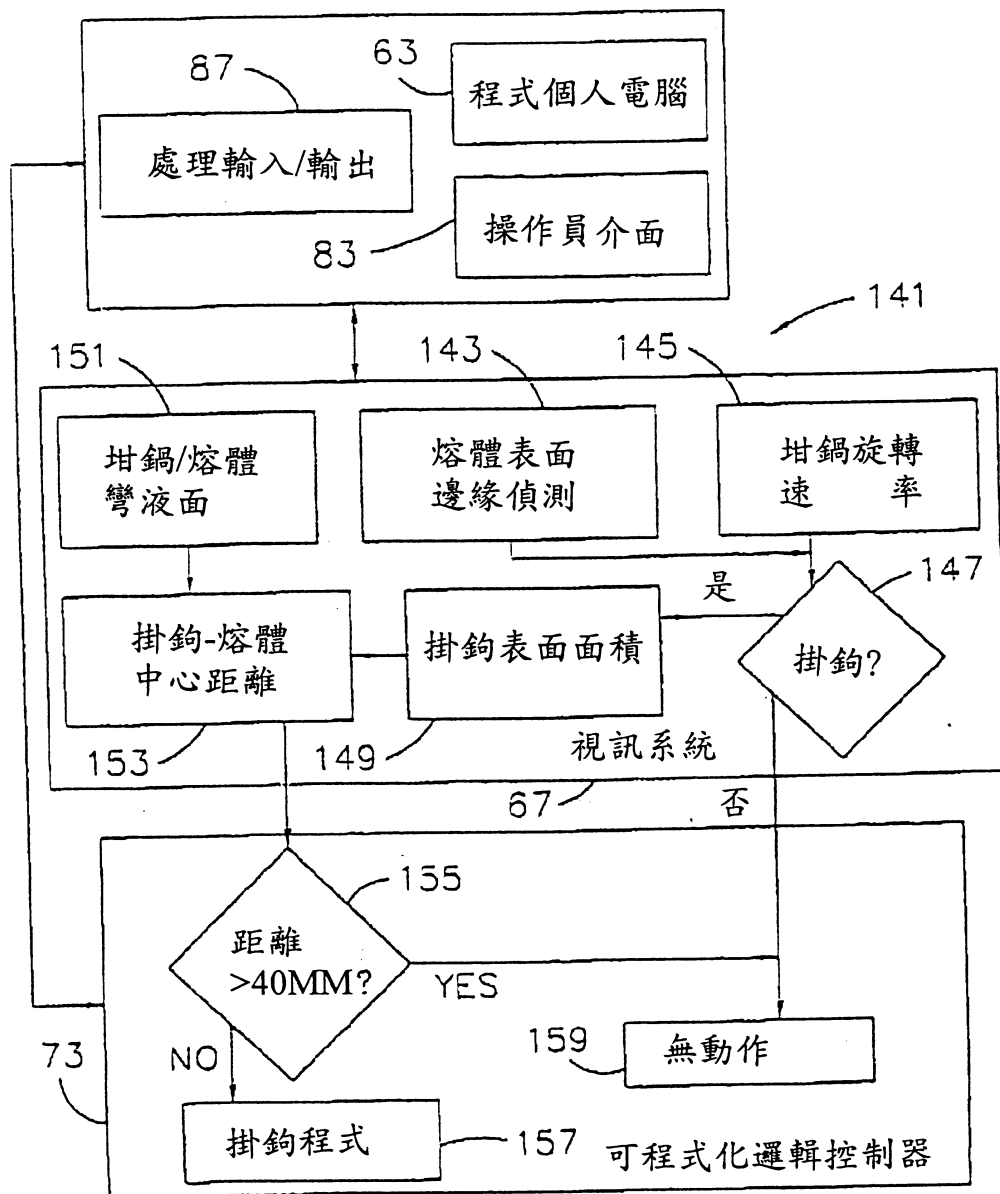


圖 7

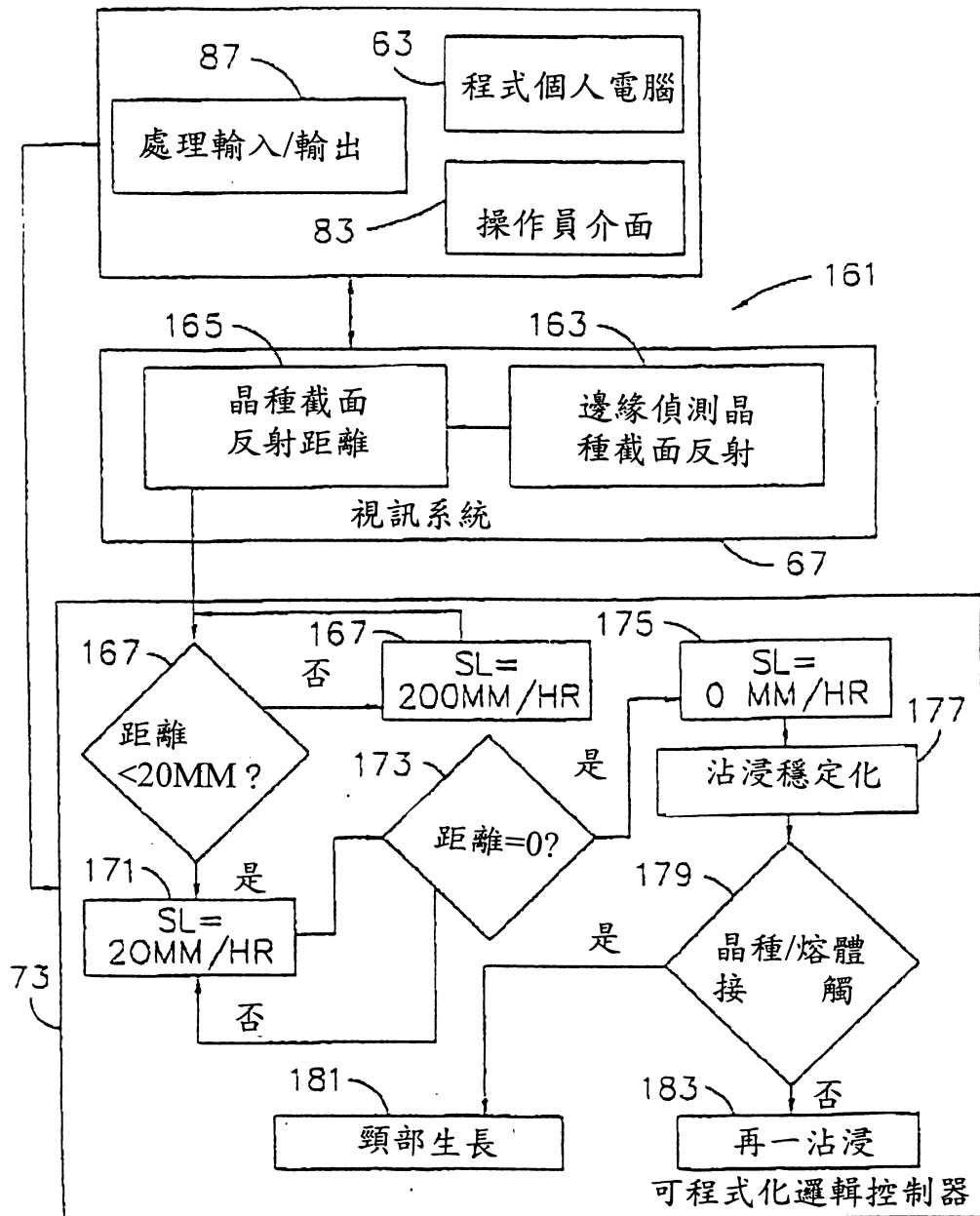


圖 8

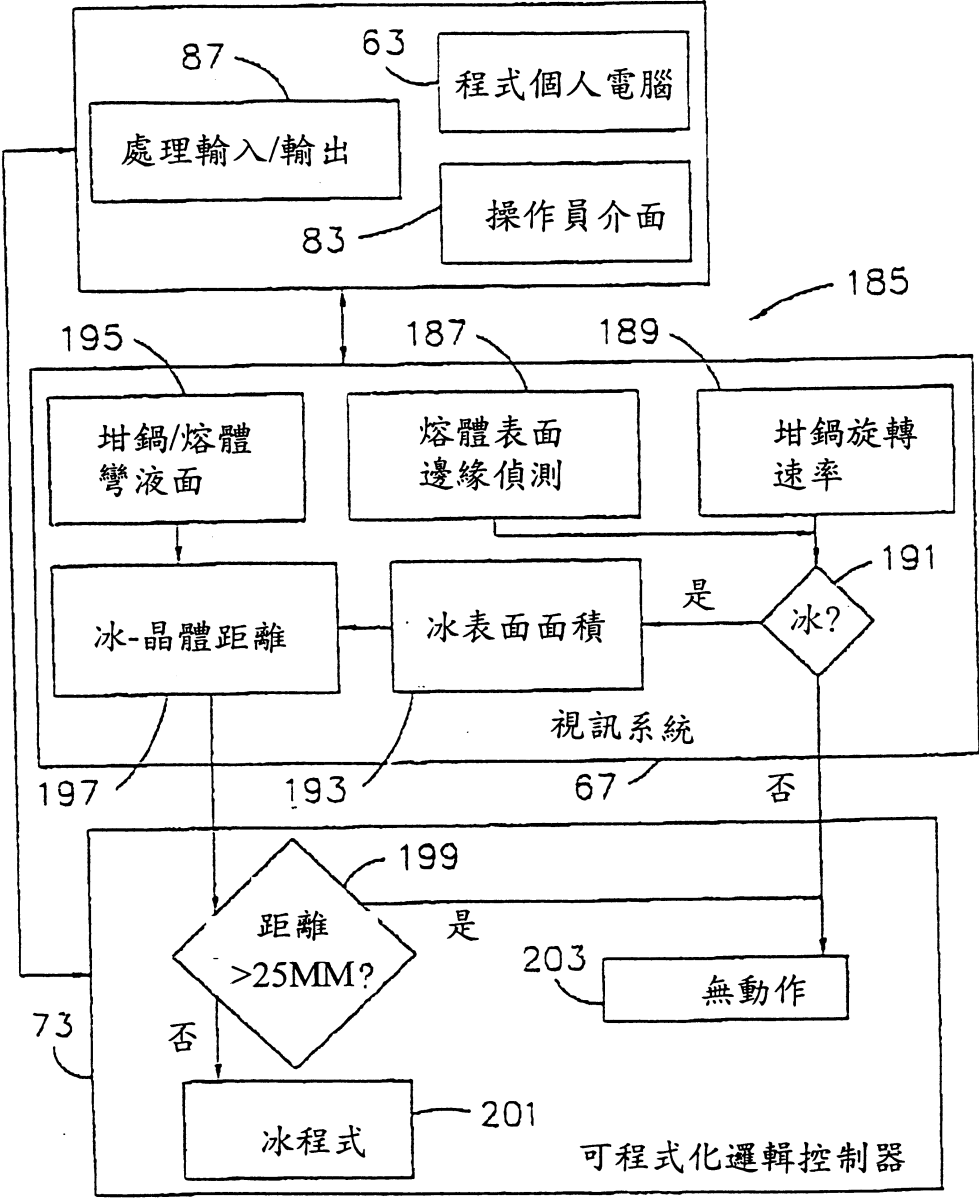


圖 9