



(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 I590309 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：101129570

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 15 日

(51)Int. Cl. : H01L21/205 (2006.01)

H01L21/263 (2006.01)

(30)優先權：2011/09/01 美國

61/530,265

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：亞當布魯斯 E ADAMS, BRUCE E. (US)；杭特亞倫穆爾 HUNTER, AARON MUIR
(US)；莫菲特史帝夫 MOFFATT, STEPHEN (GB)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 200733412A

US 2009/0032511A1

審查人員：王順德

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：2 共 26 頁

(54)名稱

結晶化的方法

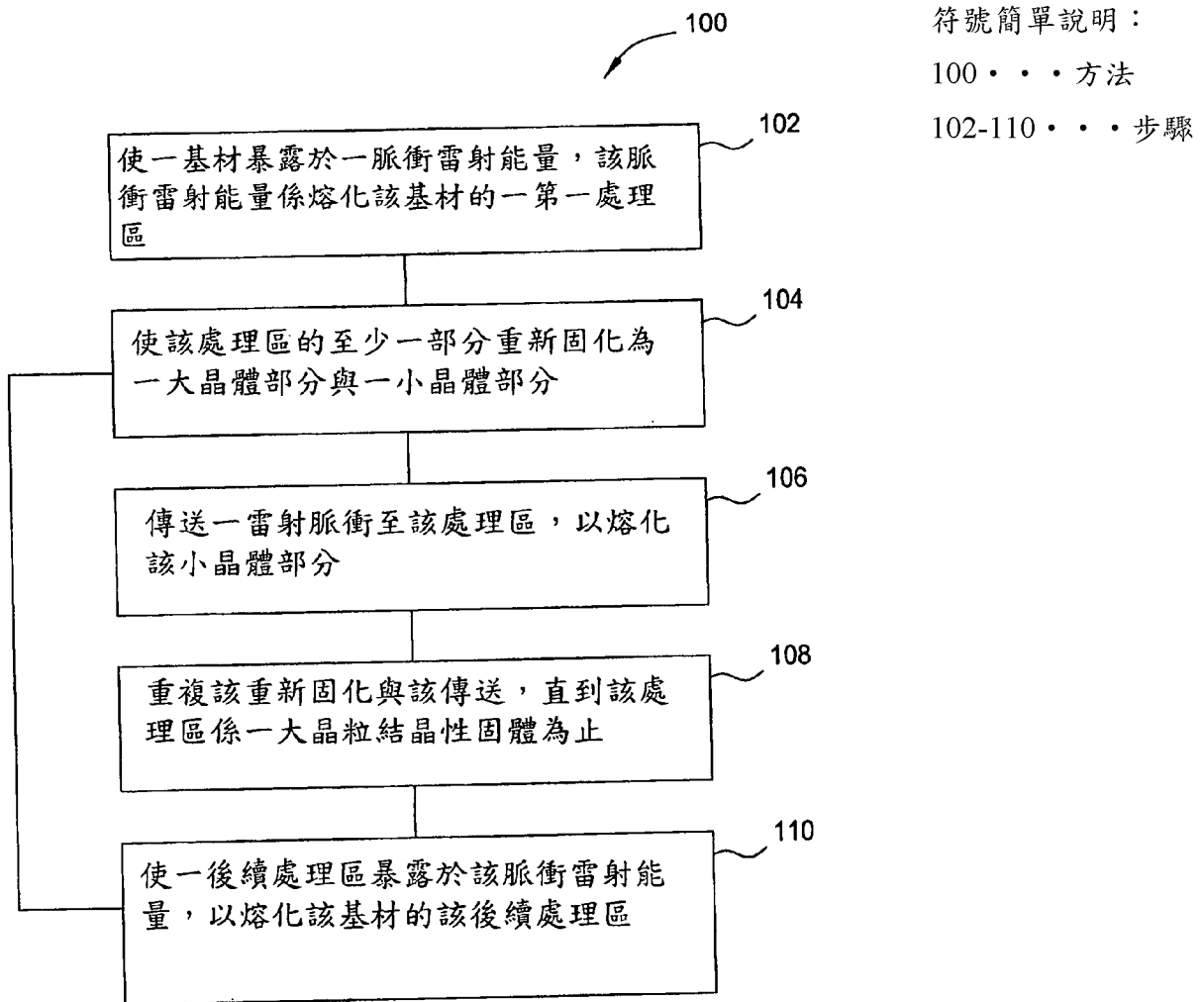
CRYSTALLIZATION METHODS

(57)摘要

說明了用於處理具有非晶性半導體層或具有小晶體半導體層之基材以於基材中形成大晶體的設備與方法。該基材的處理區係經辨識，並利用對該處理區傳送脈衝能量之逐步熔化製程來熔化該處理區。接著利用對該區域傳送脈衝能量之逐步結晶化製程來使該處理區重新結晶化。在該逐步結晶化製程中所傳送的該脈衝能量係經選擇，以隨著該熔化材料凍結而使該等小晶體轉變為大晶體。

Apparatus and methods of treating a substrate with an amorphous semiconductor layer, or a semiconductor layer having small crystals, to form large crystals in the substrate are described. A treatment area of the substrate is identified and melted using a progressive melting process of delivering pulsed energy to the treatment area. The treatment area is then recrystallized using a progressive crystallization process of delivering pulsed energy to the area. The pulsed energy delivered during the progressive crystallization process is selected to convert the small crystals into large crystals as the melted material freezes.

指定代表圖：



第 1 圖

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※申請案號：101129570

※申請日期：101年8月15日 ※IPC分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

結晶化的方法

CRYSTALLIZATION METHODS

H01L21/208 2006.01

H01L21/263 2006.01

二、中文發明摘要：

說明了用於處理具有非晶性半導體層或具有小晶體半導體層之基材以於基材中形成大晶體的設備與方法。該基材的處理區係經辨識，並利用對該處理區傳送脈衝能量之逐步熔化製程來熔化該處理區。接著利用對該區域傳送脈衝能量之逐步結晶化製程來使該處理區重新結晶化。在該逐步結晶化製程中所傳送的該脈衝能量係經選擇，以隨著該熔化材料凍結而使該等小晶體轉變為大晶體。

三、英文發明摘要：

Apparatus and methods of treating a substrate with an amorphous semiconductor layer, or a semiconductor layer having small crystals, to form large crystals in the substrate are described. A treatment area of the substrate is identified and melted using a progressive melting process of delivering pulsed energy to the treatment area. The treatment area is then recrystallized using a progressive crystallization process of delivering pulsed energy to the area. The pulsed energy delivered during the progressive crystallization process is selected to convert the small crystals into large crystals as the melted material freezes.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100 方法

102-110 步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本文所述之實施例係關於半導體元件地製造。更具體地，本文所述之實施例係關於形成能量、記憶體、邏輯或光子元件結晶性半導體層。

【先前技術】

結晶性半導體材料係漸增地使用於邏輯、記憶體、能量與光子元件之各種應用。一般而言，大晶粒結晶材料（例如微結晶與單晶材料）具有比較小晶粒或非晶性材料更低的光、熱與電之阻率。非晶性材料一般係在比對應的結晶性材料更低的溫度下熔化，一般具有較低的導電率，且一般係較不透光且較不吸收光。

許多方法係普遍用以產生結晶性元件，包含各種磊晶、退火與沉積之形式。所有這些製程的一個共同點是時間。較慢的製程需要更多的時間來使原子沉積或從該等原子的位置移動，以於固體基質中找出最低的能量位置。此結果係依循熱力學第二定律，該定律陳述了在既定溫度下，隨著固體中的能量含量減少，熵降低（亂度增加）的速率也會降低。

隨著電子元件的尺寸繼續下降，結晶性半導體的所需電氣性質係變得更引人注目。特別是，摩爾定律（Moore's Law）的未來發展驅動了垂直積體單片 3D 元件的發展，

例如受大尺寸結晶化與重新結晶化助益之快閃記憶體與動態隨機存取記憶體 (DRAM)。此外，隨著傳導構件的維度降低，這些構件的電阻率係變為製造者的一個問題，且構成這些傳導構件之金屬與合金的結晶結構變成研發的積極領域。因此，在該領域中係存在有對半導體處理中使用之高容量、具成本效益的材料結晶化方法之需求。

【發明內容】

本文所揭之實施例提供了處理具非晶性半導體層或小晶體半導體層之基材的方法，以於基材中形成大晶體。該基材的處理區係經辨識，並使用對該處理區傳送脈衝能量之逐步熔化製程來熔化處理區。接著使用對該區域傳送脈衝能量之逐步結晶化製程來使處理區重新結晶化。在逐步結晶化製程中所傳送的脈衝能量係經選擇，以隨熔化材料凍結而使小晶體轉變為大晶體。

【實施方式】

第 1 圖是流程圖，該流程圖說明了根據至少一個實施例 100 之方法。第 1 圖之方法係用以增加半導體材料的結晶性或結晶晶粒大小。本文所述方法中所使用之半導體材料包含元素性半導體（例如矽與鍺）、元素性半導體的組合（例如矽鍺的各種組成， Si_xGe_y ），以及如 III/V

族半導體與 II/VI 族半導體之化合物半導體。受本文所揭方法助益之化合物半導體的實例包含、但不限於 CIGS 材料、砷化鎵、砷化銦鎵、磷化銦、銻化銦、砷化銦鋁鎵、磷化鎵、碲化鋅、氮化鎵/鋁/銦、碳化矽以及其他類似組合。

含上述任一材料之基材係置於能量裝置中，該能量裝置可運作以對該基材傳送脈衝雷射能量或其他類型的脈衝能量，例如閃光燈或電子束能量。在步驟 102，基材係暴露於脈衝雷射能量，以熔化該基材的第一處理區。單一脈衝之雷射能量在部分情況中可能已足夠，但在其他情況中可能傳送兩個或兩個以上之脈衝。在使用單一脈衝來熔化該處理區的情況中，係可增加基材的周圍溫度，以降低該處理區之快速加熱所致的熱應力。升溫之周圍環境一般係低於約 500°C ，例如低於約 400°C ，例如介於約 100°C 至約 400°C 之間。在某些實施例中，周圍溫度可為室溫或室溫以下。

脈衝雷射能量的特性（例如通量與歷時）係經選擇以熔化該處理區。一般而言，為熔化該處理區所傳送的能量含量係僅僅低於消磨基材表面之能量量。在一個實施例中，來自倍頻 Nd:YAG 雷射的兩個 532 nm 之雷射光脈衝（通量約為 0.45 J/cm^2 ，歷時約為 26 奈秒、分隔約 21 奈秒）係用以熔化矽基材的一部分。在某些情況中，係使用脈衝系列來熔化該處理區。

在步驟 104，該處理區的至少一部分係重新固化以形

成大晶體部分與小晶體部分。重新固化係由熔融相與結晶晶種之間的接觸而起始。隨著接近結晶晶種的溫度下降至靠近液態材料的凍結點，凍結前部係開始前進通過該處理區，作為結合為三維的表面。凍結前部前進的速率係一般約 10 m/sec ，受到從熔融相至基材塊體之熱移除率的限制，藉由使基材維持在較低周圍溫度，係可提升此速率。

基材所最有利地被維持之周圍溫度係依據處理的材料而定。本文所說明的許多溫度是與矽、經摻雜矽以及大部分為矽之合金有關，但應了解其他的溫度係與其他材料相關。舉例而言，銅與鍺具有低於矽之相似熔點，而含有鎵之化合物半導體可具有大幅低於矽之熔點。另一方面，碳化矽則具有高於矽之熔點。此外，不同的材料具有不同的熱傳導率，這會影響冷卻速率。舉例而言，砷化鎵是相對較不佳的熱導體，因此相對於砷化鎵熔點之較低周圍溫度係有益於使砷化鎵結晶化。因此，在某些實施例中需要室溫基材、周圍或低於室溫之周圍，而對於其他而言，較高的周圍溫度則是有用的。

凍結製程一般係進行得比晶體形成製程更快速，而在熔融相與固體相之間的大溫度差係強化了此差異。隨著凍結前部前進，大晶體區域係自晶種材料處向上發展一段第一距離，而小晶體區域係自晶種材料處發展一段比該第一距離更遠之第二距離。在大部分的習知製程中，熔融相與固態相之間的溫度差是藉由使基材維持於較高

的周圍溫度以降低自熔融相之熱移除率而加以管理。發明人已經發現，藉由傳送具有經選擇之歷時與能量含量之能量脈衝，以傳送適當量之能量至該凍結前部與該小晶體區域，小晶體區域與熔融相之間的溫度差係可藉由優先加熱該小晶體區域而降低，且結晶化與凍結的速率係更為接近匹配。藉由對凍結前部傳送具適當特性之能量脈衝，即可在實際為任何周圍基材溫度下快速執行大晶體之重新結晶化。

在步驟 106，雷射脈衝係傳送至該處理區。該雷射脈衝（可為凍結控制脈衝）可熔化該小晶體區域，或該雷射脈衝可優先使該小晶體區域升溫至接近熔融相溫度之溫度，例如在熔融相溫度的約 10°C 內。該雷射脈衝具有基於在步驟 104 之重新固化期間所發展的小晶體區域的質量而加以選擇之能量含量與歷時。該歷時係選擇為使得傳送至基材之功率是最有效率的。高於有效區域之功率傳送會導致大量功率從基材反射，及/或對基材之破壞。

雷射脈衝所傳送之能量含量係經選擇，以使小晶體區域的溫度增加至接近熔化溫度之溫度。該溫度可恰高於或恰低於熔化溫度，使得小晶體區域（或小晶體區域之一部分）熔化或幾乎熔化。雷射脈衝的能量含量可經選擇，以熔化需要的小部分小晶體區域，同時提供能量以使剩餘的小晶體區域轉變為大晶體。依據周圍基材溫度而定，小晶體區域將具有從靠近與液態區域相鄰的熔化

溫度至遠離該液態區域之較低溫度的溫度梯度。在某些實施例中，在雷射脈衝傳送以前，在遠離液態區域的點處，小晶體區域的溫度可低於約 200°C 。欲以每一脈衝傳送之能量含量的確認一般將考慮基材的吸收特性，以及這些特性如何隨溫度與相態改變。

在步驟 108，熔化區域再次重新固化，且第二雷射脈衝（同時也是凍結控制脈衝）係被傳送至在第二重新固化期間所發展之小晶體區域。此逐步結晶化製程係可重複任何次數，直到所需要的區域都重新結晶化為大晶粒晶體為止。第二凍結控制脈衝的能量含量可不同於第一凍結控制脈衝的能量含量，且後續的凍結控制脈衝可具有不同於第一或第二凍結控制脈衝之能量含量，其端視於每次循環中所欲處理的小晶體的質量而定。

在步驟 110，係辨識並標定出不同於該第一處理區之後續處理區，並重複熔化和控制之重新固化製程。可逐一辨識並處理處理區，直到整個基材都被處理為結晶性固體材料為止。如果需要，每一處理區都可與先前處理區重疊，以使用之前的處理區作為結晶晶種來源。在其他實施例中，各處理區可與前處理區分隔開以管理熱應力。

在某些實施例中，能量脈衝可傳送至基材以維持在成核點或磊晶點上方之凍結前部的界面能。在此凍結製程（該凍結製程可為結晶形凍結製程）中，係傳送一系列的低能量脈衝，該等低能量脈衝將靠近界面處之邊界層

的冷卻速率限制為約 $500\text{ K}/\mu\text{sec}$ 或 $500\text{ K}/\mu\text{sec}$ 以下。高出此範圍許多之冷卻速率會導致低能量位置沿著使小晶體成長成核之凍結前部界面而發展。加至凍結前部的每一能量脈衝係降低了冷卻速率，並且使界面能維持為可維持大晶體的成長。

一個 1 cm^2 的晶元 (die) 將在約 700 微秒內自然凍結。使用上述脈衝雷射熔化與重新結晶化製程，使 1 cm^2 的晶元凍結為大晶體係可在實際上任何基材周圍溫度下被加速至約 5 微秒或 5 微秒以下之歷時。因此，形成於名義上為 700 cm^2 之圓形基材 (例如 300 mm 之晶圓) 的表面上方之非晶性半導體層係可在 3.5 毫秒的處理時間內轉變為維度約為 $8\text{ }\mu\text{m}$ 或大於 $8\text{ }\mu\text{m}$ 的大晶體，可能需使用額外的時間來定位基材以處理每一晶元。因為基材係於周圍溫度下進行處理，因此在處理基材之前不需要加熱與平衡時間或之後的任何實質冷卻時間。

本文所述方法可應用於任何大小與形狀之基材。直徑為 200 mm、300 mm、450 mm、12 吋之圓形晶圓係如本文所述而加以處理。根據本文所述之方法，也可處理非圓形基材，例如具有任何任意大小之矩形面板，如第 8.5 代之太陽能面板或顯示器面板 (亦即 $2200\text{ mm}\times 2600\text{ mm}$)。如上所述，根據本文所述方法，也可處理單片 3D 基材。在處理單片 3D 基材時，基材的多層可在一次處理中結晶化。

在一個實施例中，對具有形成在基材上之至少一個結

晶矽島的基材進行氣相或液相沉積製程，以於基材上形成非晶矽層。非晶矽層係沉積達約 $7\text{ }\mu\text{m}$ 之均勻厚度。因而形成之具有非晶性層之基材係置放於雷射處理裝置的工作表面上。基材係維持在接近室溫之周圍溫度，例如約 20°C 。基材係視需要藉由旋轉而對準，使得在基材上之晶元圖案與雷射光束的截面形狀對準。在對準之後使基材保持在接近室溫係可降低因熱膨脹效應所致之對準漂移的可能。或者，基材可經加熱以降低製程的整體能量標籤 (energy signature)。在大部分實施例中，基材周圍溫度係維持為低於 200°C 。

為處理而辨識非晶性層之第一晶元，且基材係定位為使得第一處理晶元可對準於雷射源（例如藉由根據 x-y 定位控制而移動工作表面）。第一處理晶元是形成於結晶矽晶種上方之非晶性層的區域。通量為 0.45 J/cm^2 、歷時為 26 奈秒之第一雷射脈衝係傳送至第一處理晶元。在 21 奈秒之休止歷時後，具有相同通量與歷時的第二雷射脈衝係被傳送至該第一處理晶元。兩雷射脈衝實質熔化非晶矽材料，而不熔化結晶晶種。

使熔化矽凍結達 700 奈秒之第一凍結歷時。接著，對該第一處理晶元傳送具相同通量與歷時的第三雷射脈衝。第三雷射脈衝對成長於熔化矽中之任何小晶體進行熱處理，驅使該等小晶體轉變為大晶體。接著使熔化矽凍結達第二凍結歷時（1200 奈秒）。對該第一處理晶元傳送第四雷射脈衝，該第四雷射脈衝具有降低之通量

(0.26 J/cm^2) 以及與先前脈衝相同之歷時。第四雷射脈衝完成了使第一處理晶元轉變為大晶體矽。

接著移動基材以標定相鄰晶元以進行處理，然後重複該製程。若該相鄰晶元不含結晶晶種，則係以接觸先前處理之晶元來作為晶種結晶化。在此方式中，整個非晶性層可轉變為大晶體矽。

方法 100 係說明為使用在步驟 104 與 108 之凍結歷時，該些步驟導致大晶粒晶體與小晶粒晶體的形成，以傳送之雷射脈衝使小晶粒晶體轉變為大晶粒晶體。在其他實施例中，雷射脈衝是在凍結歷時之後傳送，其中凍結歷時是在產生小晶體之前終止。如上所述，凍結與結晶化速率係依據基材的周圍溫度而不同。舉例而言，凍結控制脈衝可於凍結前部的界面能下降至成核點以開始小晶體的成長之前傳送。在這些短凍結歷時之後傳送多個凍結控制脈衝，可在不產生小晶體下進行重新結晶化。這些逐步結晶化方法可產生晶粒大小為 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 或以上之結晶性材料。以一系列這類脈衝中的每一個脈衝所傳送的能量含量將根據在不實質減緩凍結速率下使凍結前部保持處於高於下次凍結歷時之成核點的溫度的能量而定。因此，各能量脈衝係對界面增加能量，使界面能提高預定量而高於該成核點。可預期到，為使 $7 \text{ }\mu\text{m}$ 厚之非晶性層重新結晶化，每隔約 100 奈秒傳送通量約為小於 0.2 J/cm^2 之雷射脈衝達約 26 奈秒之脈衝歷時，將使大晶體凍結前部之成長保持在接近於自然凍結速率 (10

m/sec) 之速率。

在一個構想中，上述脈衝雷射能量製程係被設想為利用原子從較高能量位置移動到較低能量位置時所釋放的能量來維持製程進行。確信雷射能量脈衝係對小晶體或非晶性區域中的原子賦予動量，開始原子的運動並持續直到原子找到大到足以克服雷射脈衝所施加動能的能量井為止。每一個原子達到該原子之能量井所釋放的能量係變成固體材料內的熱能。此熱能係傳遞至材料母體 (matrix) 中尚未被賦予動量的其他原子。在某些情況中，釋放的熱能使其他原子變成被賦予動量，繼續重新組織化小晶體與固體的非晶性區域之製程。能量係因而可由雷射脈衝所傳送，此能量原本係不足以在標準條件下熔化小晶體或非晶性區域，但因為存在有來自重新組織化製程之熱能，外部增加的額外能量係有助於驅動重新組織化製程。

在重新組織化中對原子賦予動量之此模型係類似於熔化，因為在低動能狀態下的原子 (「固態」原子) 係被升高至較高動能狀態 (「液態」原子)，因此該等原子「熔化」。當原子接著找到大到足以克服該等原子的動能的能量井時，該等原子即「凍結」。使大量原子被賦予動量會於材料中產生或維持可觀的液態相，而使少量原子被賦予動量則僅會產生非常局部的重新組織化相 (該相的特徵在於原子在小區域中變為移動至較低能量位置)。在「熔化」與「凍結」的上下文中，原子因找到克服該等

原子的動能之低能量井所釋放的熱能係被視為一種潛熱。

就大規模而言，係設想於材料中維持重新組織化相會驅動爆發性的結晶化或爆發性的成長，其中大晶體係快速成長。可使用能量脈衝來增加能量增量，當在加至正進行之重新組織化所釋放的熱能時，該能量增量係足以使新的原子被賦予動量，以移動至較低能量位置。若此製程係藉由將能量保持在高於、但接近磊晶點之視窗中的重新成長前部（或凍結前部）而維持，則會以相對高速率而從非晶性材料或小晶體成長出大晶體，例如在矽中約為 10 m/sec。

利用凍結控制脈衝之能量輸入速率可受控制，以傳送將在標準條件下熔化小晶體或非晶性材料之能量，其中標準條件是指未得到重新組織化之熱能的條件。在其他實施例中，可控制能量輸入以傳送在標準條件下將不熔化小晶體或非晶性材料之能量，但將對重新組織化之熱能加入足夠能量以維持爆發性成長之製程。

在某些實施例中，可傳送可維持熔融相並避免小晶體形成之能量脈衝。在這類實施例中，會發生類似的熱現象，其中於凍結時所釋放之熱能（潛熱）係傳遞至熔融相與固態相中。熱能與外部添加的能量係一起促使了使熔融相保持為液態狀態。

能夠充分支持重新成長製程的能量輸入速率一般係依據結晶化前部的局部能量平衡而定。在前部的兩側部上

的材料能量基本上正藉由傳導至基材塊體中而正被移除，移除的速率係受到基材材料的熱傳導率所控制。在一個實例中，基材塊體係氧化矽上覆矽。矽可相對良好地傳導熱能，而氧化矽係相對地絕熱。氧化矽降低了熱能離開矽的速率，而較厚的氧化物比較薄的氧化物更能抑制能量損失。因此，對於在相對較厚的氧化物層（例如超過約 $2.5\ \mu\text{m}$ 厚）上的矽而言，為維持充足或爆發性的重新成長製程所需之外部能量輸入係比相對較薄的氧化物層（例如小於約 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚）更低，因為較厚的氧化物層減緩了能量從矽逸散。

基材的周圍加熱也影響有效促使重新成長製程之能量輸入速率。隨著周圍能量被加入基材，在重新成長前部處的能量損失係較慢，因此重新成長製程係可被維持於較低的雷射能量輸入速率。熔融相凍結為小晶體的速率係藉由周圍熱量的存在而降低，使得重新成長製程有更多時間前進。

脈衝通量、脈衝歷時以及脈衝時序都會影響對處理區的能量輸入速率。藉由較厚的氧化物（例如 $2\text{-}3\ \mu\text{m}$ ）與極少的周圍加熱，上述條件係可促進重新成長製程，該製程可產生維度上為 $8\ \mu\text{m}$ 或更大之晶體。上述凍結控制脈衝的時序係可在約 100 奈秒的視窗內加以變化，而不明顯影響製程。增加脈衝之間的休止歷時將對該製程具有極少的物理衝擊，不同於增加製程的整體歷時，因為該製程所產生的各種熔融相係凍結為小晶體，這些小晶

體係由每一脈衝重新賦能以促使重新成長之增量。使脈衝之間的休止歷時減少約 50 奈秒以上時，會使熱輸入的速率增加超過整體平衡，使熱能被建置在材料中，並且會減緩結晶化。脈衝速率的充分增加會使結晶化停止或反轉。

藉由較薄的氧化物（例如介於 500 nm 與 1 μm 之間）與極少的周圍加熱，熱損失會更快，因此重新成長製程的能量輸入速率也將會更快。在此實施例中，可每隔 300 奈秒傳送凍結控制脈衝，以於無明顯熱能建置下驅動重新成長製程。也可增加通量至達接近表面消蝕點，例如高達約 0.6 J/cm²。

第 2 圖是可用以實施本文所述方法之設備 200 的示意圖。設備 200 具有一能量來源 202、收集器 204、整形器 206 以及工作表面 208。能量來源 202 可具有複數個能量產生器，例如由第 2 圖中之能量產生器 202A-D 所例示者。或者，能量來源 202 可具有單一能量產生器或多於或少於如第 2 圖中所示之四個能量產生器 202A-D。在某些實施例中，多個能量產生器可有利於傳送具有不同功率、歷時與時序的能量脈衝。可針對能量含量、歷時與時序進行調整之單一能量產生器也是足夠的。在一個實施例中，各能量產生器 202A-D 係固態雷射，例如 Nd:YAG 雷射，該固態雷射具有介於約 10 MW 與約 50 MW 間之功率。

能量來源 202 所發出的能量在歷時、能量含量與時序

上一般是可受控制的。控制器 212 與能量來源 202 的每一個能量產生器 202A-D 通訊。在第 2 圖的實施例中，每一個能量產生器 202A-D 係泵送式 q-切換雷射，且該控制器具有電子定時器，該電子定時器與每一雷射的 q-切換開關電氣通訊，以控制脈衝傳送。控制器 212 與每一個能量產生器 202A-D 的泵送裝置耦接，藉以控制通量。控制器 212 可經編程，以從四個能量產生器 202A-D 產生能量脈衝 214A-D，其中每一個能量脈衝都具有不同的通量與歷時，且每一個能量脈衝係相對於彼此而於特定時間釋放。

脈衝 214A-D 係運行至收集器 204，收集器 204 係使脈衝 214A-D 沿著單一輸出光軸 216 對準以繼送至位於工作表面上之基材。收集器 204 具有複數個輸入光軸，以接收來自能量來源 202 之能量脈衝 214A-D。收集器 204 一般係具有各種光學元件，例如透鏡、鏡體、稜鏡與濾光器等，這些光學元件將入射的能量脈衝 214A-D 帶至光軸 216。

對準於光軸 216 上之能量係進入整形器 206。整形器具有例如透鏡、鏡體、稜鏡與濾光器等光學元件，這些光學元件將來自能量產生器 202A-D 之原始能量脈衝轉變為具有所需空間功率分佈與時間形狀之整形脈衝。整形器 206 可結合兩個或兩個以上的分離脈衝，以形成具有複合形狀的一個結合脈衝。整形器 206 因而產生能量場，該能量場具有匹配於基材的處理區之形狀與均勻功

率分配，以均勻地處理該處理區。

整形能量 218 係處理位於該工作表面 208 上之基材。工作表面 208 一般係可移動，如箭頭 210 所示，以定位與自整形器 206 發出之能量相對的基材的各種處理區。

設備 200 可包含非必要之聲波式感測器 220，該聲波式感測器 220 係置於工作表面 208 的近處，以接收來自正在該工作表面 208 上被處理的基材之聲波訊號。重新結晶化係非常快速的改變了材料的比體積，且可依形成的固體類型而產生特性聲波訊號。此聲波訊號係可被偵測，並被發送至控制器 212，以確認大晶體固體的形成。

可用於執行本文所述方法之設備 200 的實施例係說明於共同申請之美國專利公開號第 2009/0032511 號中。

前述說明係與本發明之實施例有關，在不背離本發明之基本範疇下係可推知本發明之其他與進一步實施例。

【圖式簡單說明】

為使本發明之上述特徵能夠被詳細理解，係參照實施例而進行本發明之更特定說明（簡要記載如前），其中部分實施例係描述於如附圖式中。然應注意，如附圖式僅描述本發明的典型實施例，因此不應被視為對本發明範疇之限制，因為本發明也允許其他的等效實施例。

第 1 圖是流程圖，該流程圖概要描述了根據至少一個實施例之方法。

第 2 圖是根據至少一個實施例之設備的示意圖。

為助於理解，係已盡可能在各圖式中使用相同的元件符號來表示相同的元件。應理解揭露於一實施例中的元件係可有利地使用於其他實施例中，無須具體載述。

【元件簡單符號說明】

- 100 方法
- 200 設備
- 202 能量產生器
- 202A-202D 能量產生器
- 204 收集器
- 206 整形器
- 208 工作表面
- 210 箭頭
- 212 控制器
- 214A-214D 脈衝
- 216 光軸
- 218 整形能量
- 220 聲波式感測器

七、申請專利範圍：

1. 一種處理一基材的方法，包含以下步驟：

從一第一能量產生器傳送一第一熔化能量脈衝至該基材；

從一第二能量產生器傳送一第二熔化能量脈衝至該基材；

在一第一凍結週期之後，從一第三能量產生器傳送一第一凍結控制能量脈衝至該基材；

在一第二凍結週期之後，從一第四能量產生器傳送一第二凍結控制能量脈衝至該基材。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一凍結週期具有之一歷時係小於熔化區的一溫度下降至低於一成核點所需的一時間。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一凍結控制能量脈衝具有之一能量含量係使熔化區的一溫度增加至高於一成核點。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一凍結週期與該第二凍結週期係經選擇以形成一大晶體區域與一小晶體區域。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中該第一與第二凍結控制能量脈衝係各具有使該小晶體區域熔化之一總能量含量。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中一第一再凍

結部分係於該第一凍結期間形成，且在傳送該第一凍結控制能量脈衝時，該第一再凍結部分的一溫度不高於約 200°C。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中一第二再凍結部分係於該第二凍結期間形成，且在傳送該第二凍結控制能量脈衝時，該第二再凍結部分的一溫度係不高於約 200°C。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含維持該基材的一周圍溫度為低於約 100°C。
9. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，更包含優先加熱該小晶體區域。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一、第二、第三及第四能量產生器係各為雷射。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一及第二凍結控制能量脈衝係各為雷射脈衝，以及該第二凍結控制能量脈衝具有降低之通量。
12. 一種用於熱處理一基材的方法，包含以下步驟：
 - 辨識該基材的一第一處理區；
 - 藉由傳送一脈衝能量至該第一處理區，熔化該基材的該第一處理區；
 - 重新固化該第一處理區的一第一部分，以形成一大晶體區域與一小晶體區域；
 - 藉由傳送一能量脈衝至該第一處理區，重新組織化該小晶體區域；

重複該重新固化與該重新組織化，直到該第一處理區為具有維度為至少約 8 μm 之大晶體的一結晶固體為止；

辨識與該第一處理區實質相鄰的一後續處理區；以及

重複該熔化、該重新固化、該重新組織化、該重複以及該辨識，直到該基材的所有需要處理區都已經被處理為止。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中各處理區係處理約 5 微秒或低於 5 微秒。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，更包含維持該基材的一周圍溫度為低於約 100°C。

15.如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中該重新組織化該小晶體區域係包含熔化該小晶體區域。

16.一種用於使一半導體材料結晶化之方法，包含以下步驟：

傳送一第一複數個能量脈衝，以熔化該半導體材料；以及

傳送一第二複數個能量脈衝，以控制該半導體材料的凍結，其中該第二複數個能量脈衝係使與一擴散凍結前部相鄰之一邊界層中的一冷卻率維持不高於約 500 K/微秒。

17.如申請專利範圍第 16 項所述之方法，更包含維持該基材的一周圍溫度為低於約 100°C。

- 18.如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該第一複數個能量脈衝為複數個雷射脈衝以及該第二複數個能量脈衝為複數個雷射脈衝。
- 19.一種用於使一半導體材料結晶化之方法，包含以下步驟：
- 使該基材的一周圍溫度維持低於約 100℃；
 - 辨識一半導體基材的一處理區；
 - 使用脈衝能量對該處理區執行一逐步熔化製程；以及
 - 使用脈衝能量對該處理區執行一結晶形凍結製程。
- 20.如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該結晶形凍結製程包含於該處理區的一凍結前部引導能量脈衝，並使該凍結前部的一界面能維持為高於一磊晶點。
- 21.如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該脈衝能量為脈衝雷射能量。
- 22.如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該結晶形凍結製程包含受控制之凍結前部熔化。
- 23.一種用於處理一半導體基材之一處理區的方法，該處理區具有大晶體與小晶體，該方法包含以下步驟：
- 引導一第一脈衝能量至該處理區上，該第一脈衝能量具有之能量含量係經選擇，以起始小晶體至大晶體之轉變；以及

引導一第二脈衝能量至該處理區，該第二脈衝能量具有之能量含量係與該第一脈衝能量不同，且經選擇以維持該小晶體至大晶體之轉變，其中該第二脈衝能量係維持該等小晶體至大晶體之激增性重新成長。

24.如申請專利範圍第 23 項所述之方法，其中該第二脈衝能量包含複數個能量脈衝，該等脈衝係經定時，以藉由從結晶化的潛熱所釋放之能量來支援該轉變。

25.如申請專利範圍第 23 項所述之方法，其中該第二脈衝能量係傳送能量至低於該小晶體的一標準熔化能量之該處理區。

26.一種用於使一半導體材料結晶化之方法，包含以下步驟：

辨識一半導體基材的一處理區；

使用脈衝能量對該處理區執行一逐步熔化製程；以及

使用脈衝能量對該處理區執行一結晶形凍結製程，其中該結晶形凍結製程包含於該處理區的一凍結前部引導能量脈衝，並使該凍結前部的一界面能維持為高於一磊晶點。

27.一種用於處理一基材的方法，包含以下步驟：

從一第一雷射傳送一第一雷射脈衝至該基材，該第一雷射脈衝之能量為 0.45 J/cm^2 且歷時 26 奈秒；

從一第二雷射傳送一第二雷射脈衝至該基材，該

第二雷射脈衝之能量為 0.45 J/cm^2 且歷時 26 奈秒；

在 700 奈秒的一第一凍結週期之後，從一第三雷射傳送一第三雷射脈衝至該基材，該第三雷射脈衝之能量為 0.45 J/cm^2 且歷時 26 奈秒；以及

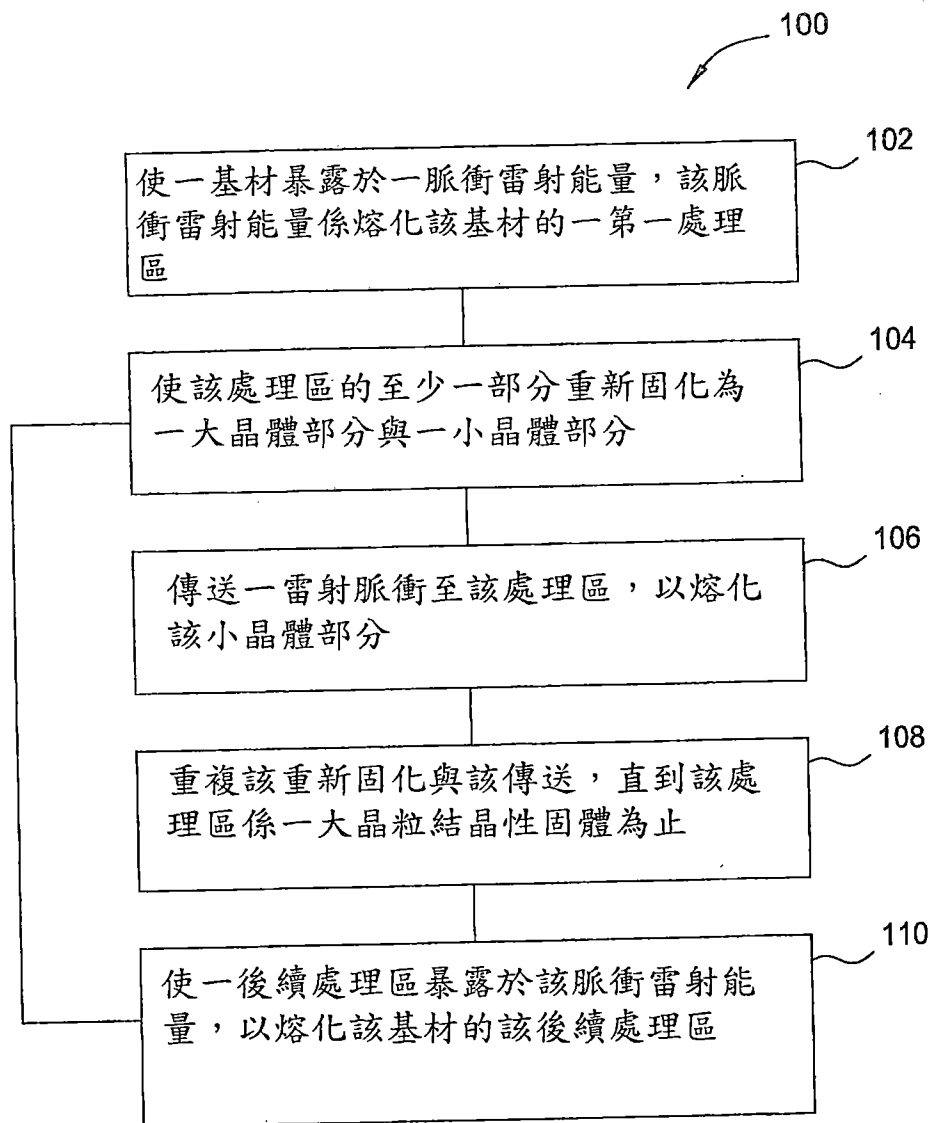
在 1200 奈秒的一第二凍結週期之後，從一第四雷射傳送一第四雷射脈衝至該基材，該第四雷射脈衝之能量為 0.26 J/cm^2 且歷時 26 奈秒。

28.如申請專利範圍第 27 項所述之方法，更包含維持該基材的一周圍溫度為低於約 100°C 。

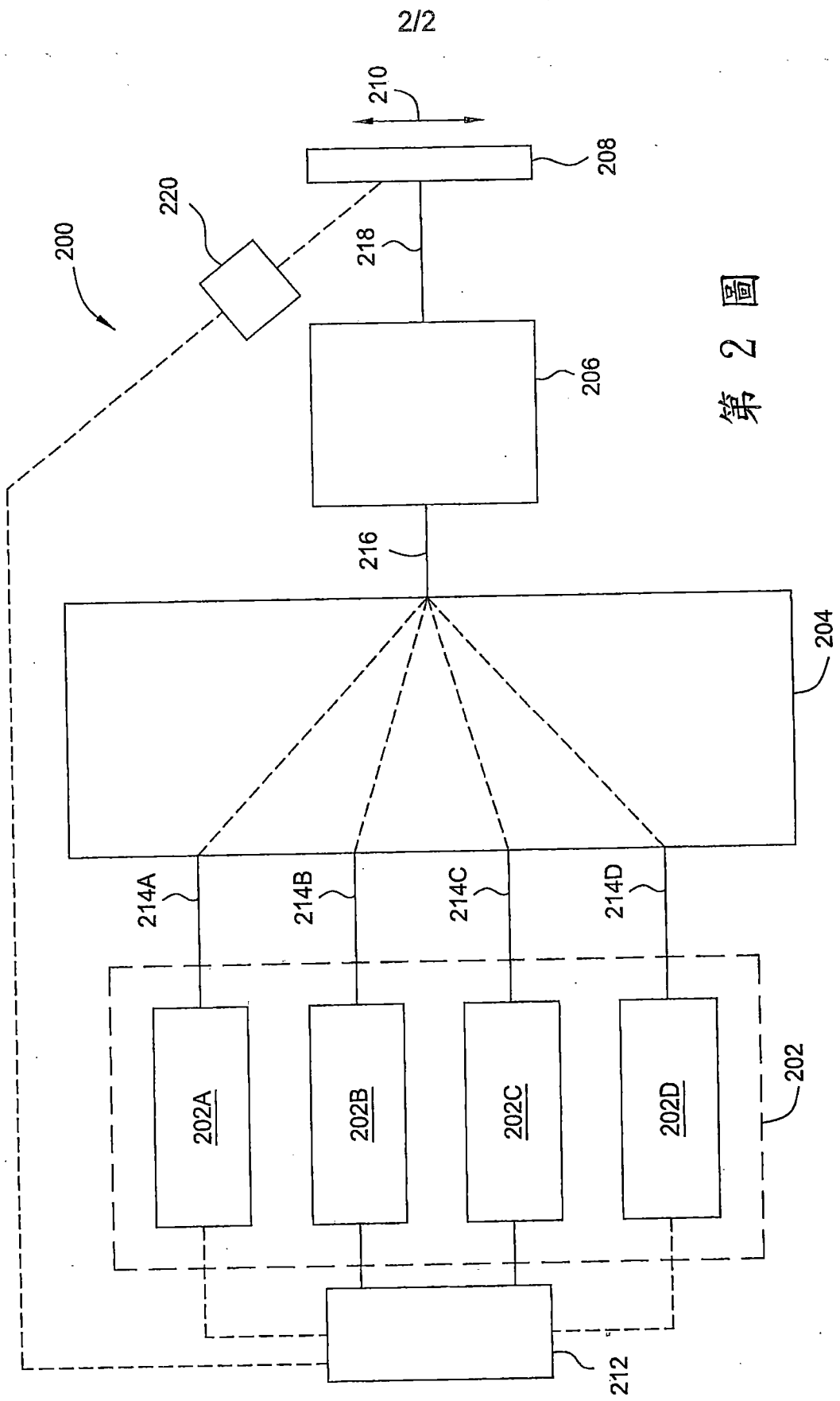
29.如申請專利範圍第 27 項所述之方法，更包含重複該傳送該第一、第二、第三及第四雷射脈衝至該基材。

八、圖式：

1/2



第 1 圖



第 2 圖