(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 200941549 A1
(43)公開日： 中華民國 98 (2009) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：097143912 (22)申請日： 中華民國 97 (2008) 年 11 月 13 日
(51)Int. Cl.： *H01L21/20 (2006.01)*
(30)優先權：2007/11/13 美國 60/987,629
2007/11/13 美國 60/987,667
2007/11/13 美國 60/987,650
2008/11/12 美國 12/269,276
(71)申請人：瓦里安半導體設備公司 (美國) VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC. (US)
美國
(72)發明人：英格蘭 喬納森G ENGLAND, JONATHAN G. (GB)；都蕾 拉傑許 DORAI, RAJESH (IN)；葛特 盧多維克 GODET, LUDOVIC (FR)
(74)代理人：詹銘文；蕭錫清
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 47 頁

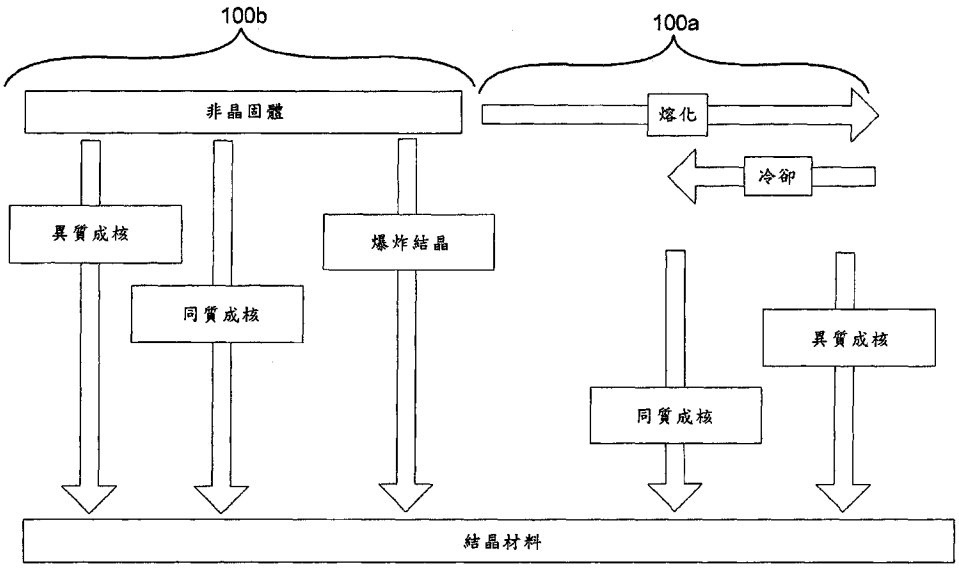
(54)名稱

利用粒子束的薄膜材料處理方法

PARTICLE BEAM ASSISTED MODIFICATION OF THIN FILM MATERIALS

(57)摘要

本發明提供處理基板的方法的一些例子。在一實施例中，此方法可包括將具有上表面與下表面的基板放在室中的平台上；在基板的上表面上產生包括多個帶電粒子的電漿，電漿具有一截面積，此截面積等於或大於基板的上表面的表面積；供應偏壓至基板，以將帶電粒子吸引至基板的上表面；將帶電粒子導入至一區域，此區域延伸至基板的整個上表面下；以及啟始且同時此區域的相轉變，使此區域由非晶相轉變為結晶相。



100a：熔化與固化機制

100b：固相結晶轉變機制

(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 200941549 A1
(43)公開日： 中華民國 98 (2009) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：097143912 (22)申請日： 中華民國 97 (2008) 年 11 月 13 日
(51)Int. Cl.： *H01L21/20 (2006.01)*
(30)優先權：2007/11/13 美國 60/987,629
2007/11/13 美國 60/987,667
2007/11/13 美國 60/987,650
2008/11/12 美國 12/269,276
(71)申請人：瓦里安半導體設備公司 (美國) VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC. (US)
美國
(72)發明人：英格蘭 喬納森G ENGLAND, JONATHAN G. (GB)；都蕾 拉傑許 DORAI, RAJESH (IN)；葛特 盧多維克 GODET, LUDOVIC (FR)
(74)代理人：詹銘文；蕭錫清
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 47 頁

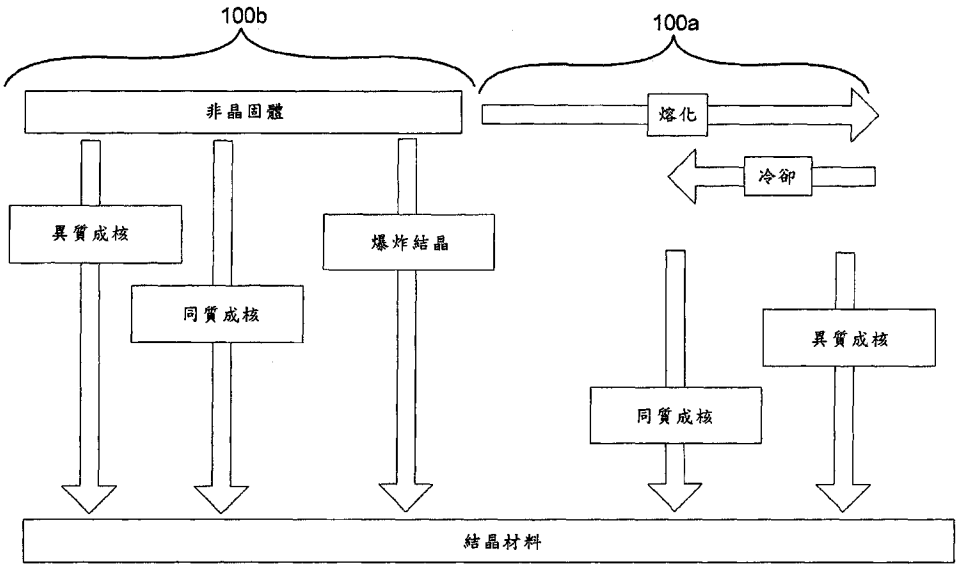
(54)名稱

利用粒子束的薄膜材料處理方法

PARTICLE BEAM ASSISTED MODIFICATION OF THIN FILM MATERIALS

(57)摘要

本發明提供處理基板的方法的一些例子。在一實施例中，此方法可包括將具有上表面與下表面的基板放在室中的平台上；在基板的上表面上產生包括多個帶電粒子的電漿，電漿具有一截面積，此截面積等於或大於基板的上表面的表面積；供應偏壓至基板，以將帶電粒子吸引至基板的上表面；將帶電粒子導入至一區域，此區域延伸至基板的整個上表面下；以及啟始且同時此區域的相轉變，使此區域由非晶相轉變為結晶相。



100a：熔化與固化機制

100b：固相結晶轉變機制

六、發明說明：

【優先權】

本申請案主張 2007 年 11 月 13 日申請的美國臨時申請案第 60/987629 號"Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials"、2007 年 11 月 13 日申請的美國臨時申請案第 60/987667 號"Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials"以及 2007 年 11 月 13 日申請的美國臨時申請案第 60/987650 號"Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials"之優先權，其全文併入以作為參考。

【相關申請案】

本申請案與 2008 年 11 月 12 日申請的共同待決的申請案第 12/269,327 號"Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials"以及 2008 年 11 月 12 日申請的共同待決的申請案第 12/269,344 號"Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials"相關，其全文併入以作為參考。

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種處理基板的系統與技術，且忒別是有關於一種形成基板結晶相(substrate crystalline phase)的系統與技術。

【先前技術】

目前普遍採用的新興技術，如平板顯示器(flat panel display，FPD)與太陽能電池(solar cell)，皆取決於在低成本

基板上製造電子元件的能力。在製造FPD時，典型的低成本FPD的畫素(pixel)由薄膜電晶體(thin film transistor，TFT)來轉換(switch)，此薄膜電晶體一般可以在配置於惰性玻璃基板上的薄的非晶矽薄膜(50 nm厚)上製造。然而，改良的FPD需要較佳效能的畫素TFT，且其有利於直接在面板上製造高效能控制電子元件(high performance control electronics)。一個優點為可以排除面板與外部控制電路之間的昂貴的以及潛在不可靠的連接。

目前的FPD包含一層矽，此矽層經由低溫沈積製程而配置於顯示器的玻璃面板上，此低溫沈積製程例如為濺鍍(sputtering)製程、蒸鍍(evaporation)製程、電漿增益型化學氣相沈積(plasma enhanced chemical vapor deposition，PECVD)製程或低壓化學氣相沈積(low pressure chemical vapor deposition，LPCVD)製程。這些低溫製程是符合需求的，如使用來製造FPD的面板傾向於非晶(amorphous)與具有約600°C的玻璃轉換溫度(glass transition temperature)。若在600°C以上製造，面板可能具有不均勻或不平坦的結構或表面。存在較高溫度容忍度玻璃面板，如石英(quartz)或藍寶石(sapphire)面板。然而，這些玻璃的高成本卻使其利用受到了阻礙。此外，若價格便宜，則可以使成本降低，因此可使用較低溫度容忍度玻璃或塑膠面板。

然而，低溫沈積製程無法產生理想的矽薄膜。一般熟知，固態矽具有三個常見的相：非晶相、多晶相與單晶相。若矽在低溫時沈積，則所沈積的矽薄膜傾向於非晶相。與

多晶矽薄膜或單晶矽薄膜相比，基於非晶矽薄膜的薄膜電晶體的通道可能具有較低的移動率(mobility)。

為了得到多晶矽層或單晶矽層，可以進一步處理面板，以將非晶矽薄膜轉換為多晶矽薄膜或單晶矽薄膜。為了得到具有多晶矽薄膜的面板，可以對面板進行準分子雷射回火(excimer laser annealing，ELA)製程。ELA 製程的一個例子揭露於美國專利第 5,766,989 號。為了得到具有較大結晶(crystal)面板，可以對面板進行如連續側向固化(sequential lateral solidification，SLS)的製程。SLS 製程的一個例子揭露於美國專利第 6,322,625 號。雖然 ELA 製程與 SLS 製程可以產生具有單晶矽薄膜或多晶矽薄膜的面板，但是上述製程並非不具有缺點。舉例來說，使用於上述二個製程的準分子雷射運作時花費較高，因而產生而貴的 TFT。此外，對於非晶矽轉變為結晶矽來說，工作週期(duty cycle)可能並非是最佳的。另外，準分子雷射可能在傳輸的能量中具有脈間變化(pulse-to-pulse variation)與空間不均勻性(spatial non-uniformity)，其可能對製程一致性產生影響。也可能具有脈內不均勻性(intra-pulse non-uniformity)，其例如是由光束(beam)的自我干涉(self-interference)所導致。此種脈間或脈內的不均勻性可能產生具有不均勻結晶的矽薄膜。

因此，於有效降低成本以及提高產量的低溫基板上的高品質結晶材料來說，新的粒子處理方法與設備是需要的。

【發明內容】

本發明提供處理基板的方法的一些例子。在一實施例中，此方法可包括將具有上表面與下表面的基板放在室中的平台上；在基板的上表面上產生包括多個帶電粒子的電漿，電漿具有一截面積，此截面積等於或大於基板的上表面的表面積；供應偏壓至基板，以將帶電粒子吸引至基板的上表面；將帶電粒子導入至一區域，此區域延伸至基板的整個上表面下；以及啟始且同時此區域的相轉變，使此區域由非晶相轉變為結晶相。

現將如附圖所示參考本案內容的示範性實施例來更詳細地描述本案內容。雖然參考示範性實施例在下文中描述了本案內容，但應瞭解本案內容並不限於此。能夠利用本文教導內容的本領域中具有通常知識者將可認識到在本文所述的本案內容範疇內的額外的實施方式、修改和實施例以及其他使用領域，且關於這些方面可有效地利用本案內容。

【實施方式】

為了克服上述以及其他存在於基於雷射的薄膜材料處理中的缺點，揭露一些基於粒子的(particle-based)處理的實施例。當基於粒子的處理可以引起不平衡處理(non-equilibrium process)時，其可以是有利的。此外，粒子參數可以比雷射的參數更為準確地控制。粒子參數可以包括空間參數(例如光束尺寸(beam size)與電流密度)、粒子流量(particle flux)(和/或束線電流(beam current))、粒子種

類以及粒子劑量(particle dose)等等。

在本發明中，揭露了光束線離子植入系統(beamline ion implantation system)與基於電漿的(plasma based)基板處理系統(如電漿輔助摻雜(plasma assisted doping，PLAD)系統或電漿浸沒離子植入(plasma immersion ion implantation，PIII)系統)的一些實施例。然而，本領域中具有通常知識者應了解，本發明亦可應用於包括其他類型的基於粒子的系統的其他系統。文中的"粒子"可以表示亞原子(sub-atomic)、原子或分子粒子、帶電的或電中性的。舉例來說，粒子可以為質子；離子、原子或分子；或氣體團簇(gas cluster)。

在本發明中，揭露了基板的一些實施例。基板可以為晶圓(例如，矽晶圓)或包括多層膜層的基板。此外，基板可以為基本基板(elemental substrate)，其僅包含一個成分(例如，矽晶圓或金屬薄片)；複合基板(compound substrate)，其包含超過一個的成分(例如，SiGe、SiC、InTe、GaAs、InP、GaInAs、GaInP；CdTe；CdS；以及(Cu、Ag和/或 Au)與(Al、Ga 和/或 In)以及(S、Se 和/或 Te)的組合，如 CuInGaSe、$CuInSe_2$、其他 III-V 族半導體和其他 II-VI 化合物)；和/或合金基板。包含在基板中的材料可以為金屬半導體和/或絕緣體(例如，玻璃(glass)、聚對苯二甲酸乙二酯(polyethylene terephthalate，PET)、藍寶石和石英)。此外，基板可以為包含多層膜層的薄膜基板(例如 SOI)。若基板包括多層膜層，則至少一層膜層可以是半導體膜層或

金屬膜層，反之，其他薄膜可以為絕緣體。半導體膜層或金屬膜層可以配置於單一絕緣膜層上，或介於多個絕緣膜層之間。相反地，絕緣膜層可以配置於單一半導體膜層或金屬膜層上，或介於多層半導體膜層或金屬膜層(或者半導體膜層與金屬膜層)之間。

相轉變(Phase Transformation)

非晶矽層的結晶的最快速機制為固相磊晶再成長(solid phase epitaxial re-growth，SPER)。在 SPER 中，非晶矽可以藉由將位於下方的預先存在的大量的結晶層(crystal layer)擴展而轉變為結晶矽。此種方法一般用於在藉由離子植入而非晶化之後的結晶矽晶圓的表面層的回火期間。本發明關於非晶基板處理，而非晶基板中不存在大量的預先存在的晶格，且在晶體成長之前經由結晶成核(crystal nucleation)產生相轉變。請參照圖 1，其為將不具有大量的預先存在的晶格的材料由非晶相轉變成結晶相的各種機制的方塊圖。如本領域所熟知，結晶相可以分為多晶相(poly-crystalline phase)或單晶相(mono-crystalline phase)。多晶相依照結晶尺寸有時可以進一步地細分為不同種類(例如，多結晶(multi-crystalline)、微結晶(micro-crystalline)、奈米結晶(nano-crystalline)等)。然而，此區別在本發明中可以是不重要的，且如圖 1 所述可以是不必要的。因此，這些相可以共同代表結晶相。

如圖 1 所示，由非晶相轉變為結晶相的相轉變可以經由各種機制而發生。舉例來說，此轉變可以經由熔化

(melting)與固化(solidification)機制 100a 以及固相結晶(solid phase crystallization，SPC)轉變機制 100b 而發生。在熔化與固化機制 100a 以及 SPC 機制中，此轉變可以經由結晶的成核與結晶的成長而發生。在 SPER 機制中，此轉變可以藉由在大量的預先存在的結晶晶格上成長而發生。

在熔化與固化機制 100a 中，輻射(radiation)能、熱(heat)能或動能(kinetic energy)的能量可被導入到非晶基板的一部分，且熔化此部分。若熔化區域(molten region)的條件足以誘發(induce)成核(例如，過度冷卻(supercooling))，結晶可如同傳統成核理論的描述進行成核。結晶可藉由兩種體制(schemes)而進行成核。結晶可在早已存在的晶種(pre-existing seeds)上進行異質成核(nucleate heterogeneously)。早已存在的晶種可為早已存在的結晶的粒界(grain boundaries)，其在能量導入的時候不會熔化。早已存在的晶種也可為熔化區域與相鄰的固體化區域(solid region)的分界線(boundary)。若缺少早已存在的晶種，結晶可進行同質成核(nucleate homogeneously)。在成核時，結晶可成長，直到此成長被終止。

在固相結晶轉變機制 100b 中，儘管熔化不存在，相轉變也可發生。舉例來說，結晶可在導入能量的區域中成核，接著藉由被成核的結晶的成長而進行成核作用。至於在熔化過程，若存在早已存在的晶種時，在 SPC 期間會發生異質成核，若缺少早已存在的晶種時，在 SPC 期間會發

生同質成核。

粒子輔助過程(Particle assisted processes)

在本發明中，粒子可被導入到基板，以誘發相轉變。相轉變可為從非晶相到多結相及/或單晶相。此外，相轉變可藉由成核作用及結晶的成長而發生。為了誘發轉變，粒子可被導入到接近基板的上表面、基板的下表面、在上表面與下表面之間的區域或上述之組合。若基板包括兩種或兩種以上不同的材料，粒子可被導入到接近不同材料之界面(interface)的區域。

粒子種類 (Particle Species)

許多種類的粒子可被導入，以誘發相轉變。舉例來說，可以使用對於基板為化學上或電性上為惰性(inert)的粒子。然而，也可使用化學上及/或電性上為活性(active)的材料。如上所述，粒子可為帶電(charged)或中性(neutral)的亞原子粒子、原子粒子(atomic particles)、分子粒子(molecular particles)或上述之組合。在一些實施例中，在一些實施例中，較佳的是分子粒子。在其他實施例中，較佳的是團簇粒子。分子粒子及團簇粒子較佳的原因在於，其能以較高的劑量(dose)及能量導入到基板。特別是，導入到基板的分子粒子及團簇粒子會在撞擊下崩解(disintegrate)，且粒子的動能會以粒子原子(particle atoms)的原子量(atomic masses)的比例進行分配。部份重疊的碰撞串列(overlapping collision cascades)可與在高劑量率(dose rate)下原子粒子(atomic particles)的導入達到相似的

結果。由於其較高的質量(mass)，分子粒子也能以較高的能量被導入到基板。在原子與分子種類世代(generation)的植入機(implanters)中，於此技術領域具有通常知識者較常使用的是 PLAD 與 PIII。團簇粒子世代的詳細描述可在美國專利第 5,459,326 號尋得，其全文併入以作為參考。

對於導入到基板之粒子的選擇是依照粒子在基板上的效果而定。一些特性及說明的範例如表 1 所示。

表 1-一些離子種類的可能選擇

特性	範例種類
在矽中為電性失活(Electrically inactive)	Ge、Si、C、F、N、H、He、Sn、Pb、烴(hydrocarbon)分子、含 C 及兩個或兩個以上其他元素的分子、矽的氫化物 (hydrides)，如四矽烷(tetra-silane)、含 Si 及兩個或兩個以上其他元素的分子
摻質	B、P、As、Sb、In、Ga、Sb、Bi
淺接合共植入(shallow junction co-implant)種類	C、F
非晶化	惰性氣體(noble gases)(包括 He、Xe)、Ge、Si
應變(strain)產生	Ge、C
帶隙工程(bandgap engineering)	Yb、Ti、Hf、Zr、Pd、Pt、Al
鈍化(passivating)	H、D
缺陷固定(defect pinning)	N
結晶催化劑(crystallization catalysts)	Ni、金屬

深度及能量

當粒子被導入到基板時，粒子的動能會被轉移到基板。被轉移的動能的量依照粒子的尺寸、質量及能量而定。舉例來說，被導入到基板的重離子(heavy ions)會比較輕的離子(lighter ions)經歷更多原子核制止(nuclear stopping)。當粒子藉由原子核制止機制而失去其動能時，此機制傾向於產生缺陷，舉例來說，如懸鍵(dangling bonds)、空位(vacancies)及雙空位(di-vacancies)，其存在會促進結晶過程。同時，動能藉由電子制止(electronic stopping)而轉移到基板會導致結晶。

依照粒子的能量、粒子傳送的位置及基板的性質(例如，導熱性(thermal conductivity)、熱容(heat capacity)及基板的熔化溫度)，結晶的成核會啟始於基板的上表面、基板的下表面、上表面與下表面之間的區域或接近不同材料的界面。因此，相轉變會在遠離轉變啟始之位置的方向上持續進行。

與輻射基礎的相轉變不同，能量藉由粒子導入而放置於基板會在表面形成峰狀或是低於表面。此外，粒子會在固定能量下被導入到基板。或是，粒子會在不同能量下被導入。舉例來說，當粒子正在被導入時，粒子被導入到基板的能量會改變。此能量的改變會連續不斷地產生或一連串的產生。若使用束-線粒子系統(beam-line particle system)，粒子能量會在利用關於在此所描述的束-線粒子系統的加速或減速電壓的粒子導入期間被改變。若使用

PLAD、PIII 或其他電漿基礎的系統，能量會在變更施加到基板之電壓的期間被改變。

請參照圖 2，此圖顯示出依照本發明的一實施例中被導入到基板的粒子的深度及能量。在此實施例中，Ar 離子被植入到矽(Si)薄膜中。如圖 2 所示，被線連接的點表示 Ar 離子的平均範圍(average range)，而垂直的誤差槓(error bars)表示深度的離散(straggle)。全部離子的總範圍可接著藉由平均範圍加上離散的倍數(一或多)而被估算出來。若 Ar 離子必須被控制在已知深度的矽表層中，最大能量可以從此一曲線而被估算出來。插入圖為主圖的低能量刻度的較大圖像。

空間(spatial)及時間(temporal)的輪廓

除能量之外，粒子的空間及時間的輪廓可以被控制。舉例來說，粒子以粒子束的形式被導入，且此粒子束可具有固定或不同的束線電流密度(例如，在預定時間內預定面積中的粒子數量)。此電流密度可被調整，藉由改變粒子電流及/或粒子束尺寸、藉由控制粒子束及/或基板掃描速度及/或脈衝長度(pulse length)的粒子束暫流時間(dwell time)、及粒子束工作週期(例如，粒子束脈衝或回復時間(return time)之間的時間，若粒子束及/或基板被掃描)。

在本發明中，粒子可連續不斷地或連續周期性地(periodically in sequence)被導入到基板。若粒子以粒子束的形式被導入，此粒子束可具有不同形狀(shapes)。舉例來說，粒子能以帶狀束(ribbon beam)或點狀束(spot beam)的

形式被導入。帶狀束可具有帶狀或離子束的尺寸沿著一方向大於另一方向的形狀。這樣的帶狀束可比基板更寬或者是比基板更窄。同時，點狀束可具有比基板更小的尺寸。若使用時，點狀束可在約 100 Hz 至 1000 Hz 的頻率(rate)下被帶磁性地或帶靜電地進行掃描，而類似帶狀束。

不論是帶狀束或點狀束，若粒子束的剖面較小且沒有覆蓋整個基板的表面區域，粒子束會相對於基板額外地被掃描。舉例來說，粒子束可沿著二個方向、沿著寬度方向與長度方向被掃描，因此粒子可被導入到基板的整個表面。在本發明中，這樣的掃描可藉由相對於不動的粒子束沿著長度及寬度方向轉移基板或相對於不動的基板沿著長度及寬度方向轉移粒子束而被達成。藉由控制粒子束及/或基板的相對掃描的速率(rate)，基板的相轉變可被控制。

此外，被導入到基板的粒子束可為聚焦束(focused beam)或非聚焦束(non-focused beam)。另外，粒子束沿著其剖面可為均勻化(uniform)或非均勻化(non-uniform)。舉例來說，帶狀束在其前沿(leading edge)可具有較高的電流密度，而在其後的後沿(trailing edge)具有較低的電流密度，且反之亦然。均勻化束可具有其他強度截面(intensity profile)。值得相信的是，非均勻化束可促進成核過程及成長過程。舉例來說，非均勻化束可具有強烈的前沿以開始成核，隨後是藉由較小強度的後沿。舉例來說，粒子束的高密度部分可藉由熔化基板而開始相轉變，且粒子束的低密度部分可藉由控制熔化區域的固化而促進轉變的延伸。

此外，多於一個的粒子束可同時地或相繼地被操作及導入到基板。若使用多於一個的粒子束，粒子束可同時被導入到基板的整個寬度及/或長度。

方向

粒子輔助的相轉變在結晶成長及/或結晶形狀的定向(orienting)上可具有一些優點。在本發明中，粒子可在不同的角度被導入到基板。在不同角度下之粒子的導入可藉由相對於粒子束而傾斜基板及/或粒子束可相對於基板而被傾斜來達成。

在一實施例中，粒子可在 0°(例如，垂直於基板的表面)被導入到基板。在 0°被導入的粒子可優先地破壞{200}的粒界，其可限制在 FPD 中的導電性(electrical conductivity)。或者，粒子可在其他角度被導入，例如是 7°。

基板條件(substrate condition)

除了粒子的參數之外，在粒子的導入之前、過程中或之後，基板的條件可被調整。舉例來說，基板的溫度可被調整。在一實施例中，在粒子導入之前或是粒子導入的期間，基板可被加熱到例如是約 500°C。加熱基板可減緩由粒子束所導致的熱震(thermal shock)。此外，加熱基板可誘發較大結晶的形成。舉例來說，加熱基板可導致導入粒子的區域以較慢的速率冷卻(如這個區域會藉由傳導(conduction)而大量的釋放其能量到基板中)。

若基板被冷卻到低於室溫，會促進結晶。舉例來說，基板可被冷卻到約 0°C 到約-100°C 的範圍內的溫度。此

外，冷卻基板可防止絕緣層的結構變的不穩定(unstable)。

當粒子被導入導入到基板時，基板可在真空或大氣壓力的環境下。真空壓力可大於通常用於離子植入的壓力(例如，壓力高於 10 mbar 到 4 mbar)，以減少幫浦成本(pump cost)。

示範性的系統

請參照圖 3，其顯示出關於本發明一實施例之用於處理基板的示範性的系統 300 的方塊圖。系統 300 可為束-線粒子系統 300。系統 300 可包括離子源(ion source)302、萃取系統(extraction system)304、加速系統(acceleration system)306、選擇性束線操作元件(optional beam manipulation components)308 及中和系統(neutralization system)310。此外，系統 300 可包括與中和系統 310 互通的末端站(end station)312。末端站 312 可包括窗口(window 314)及一個或多個負載室(load locks)316、318。在末端站 312 中，支撐基板 322 的平台可被設置在適當位置。此外，一個或多個的基板轉移、冷卻及/或加熱次系統(sub-system)324 可被設置在末端站 312 中。

在本發明中，離子源 302 可為 Bernas 型，具有間接加熱的陰極(indirectly heated cathode)。於此技術領域具有通常知識者可清楚了解離子源 302 也可以是其他形式的離子源。同時，萃取系統 304 可以是單狹縫(single slit)或多狹縫(multiple slit)的萃取系統 304。萃取系統 304 可在一個或多個直角方向(orthogonal directions)進行轉移。此外，萃取

系統304可被設計成用以萃取暫時性的固定束線電流。此外，萃取系統304可連續不斷地或間歇地萃取粒子。萃取系統304也可聚焦此粒子束或射束(beamlets)以允許令人滿意的空間及/或時間的束線輪廓。藉由萃取系統304所萃取的粒子束可具有約80keV的能量。

若需要較高的能量系統300可包括能加速粒子束的加速系統306。系統300也可包括一個或多個額外的選擇性束線操作元件308，以過濾、掃描及成形(shape)粒子成為粒子束。如圖4所示，系統300的特別範例，選擇性束線操作元件308可包括第一磁分析器(magnet analyzer)406、第一減速(D1)台408、第二磁分析器410及第二減速(D2)台412。在本發明中，第一磁分析器406是本質上為雙極的磁鐵(dipole magnet)，可根據粒子的質量及能量來過濾粒子，因此不希望得到之質量及/或能量的粒子不會通過第一磁分析器406。同時，第二磁分析器410是另一個本質上為雙極的磁鐵，可被安裝以用於準直(collimate)粒子成為具有所要求之形狀(例如，帶狀)及/或尺寸的粒子束。第一減速台408及第二減速台412可操作粒子通過的能量，因此粒子可在所希望的能量下被導入到基板。在一實施例中，D1及/或D2可為能夠最小化空間電荷效應(space charge effect)及維持粒子線的空間完整性(spatial integrity)的分段透鏡(segmented lenses)。

雖然未顯示，束線操作元件也可包括一個或多個本質上為四極的磁鐵(quadrupole magnets)或單透鏡(einzel

lenses)，以聚焦此粒子束。此外，束線操作元件也可包括如美國專利第 6,933,507 號及第 5,350,926 號所述的磁多極(magnetic multipoles)或磁棒，以控制粒子束輪廓的均勻性。

請再次參照圖 3，依照本發明一實施例，也可包括電荷的中和系統 310，以減少電荷累積於基板 322 中。電荷的中和系統 310 可為如美國專利申請第 11/376850 號所述之一個或多個熱絲(hot filament)、微波或射頻驅動型(rf driven type)系統。或者，電荷的中和系統 310 可為電子源(electron source)。

在末端站，可以藉由控制基板的周遭環境以避免諸如其他材料沉積在基板上或以促使能夠促進結晶製程的鈍化作用(passivation)。為了控制環境，末端站 312 可以包括薄的箔窗口(foil window)或個別幫浦的孔洞 314 以及一個或多個負載室 316、318，粒子可已經由箔窗或孔洞 314 進入，基板則可經由負載室 316、318 載入。可以用基板可載入的一個或多個的個別幫浦的承載台來取代負載室 316、318。

末端站 312 也可以包括移動、冷卻以及加熱基板的次系統 324。次系統 324 可以包括冷卻器、熱源以及能夠沿著多個軸線轉移/旋轉基板的台板(roplat)。冷卻器的特定實例在美國專利第 11/504,367 號、第 11/525,878 號以及第 11/733,445 號尋得，其全文併入以作為參考。熱源的特定實例可以是雷射、閃光燈、提供加熱液體的平台、抗性熱源(resistive heat source)或那些敘述於美國專利第

11/770,220 號以及第 11/778,335 號中的熱源，其全文併入以作為參考。

為了監測製程與基板的參數\條件，一個或多個參數\條件的測量構件也可以設置在基板 322 附近。這樣的構件可以耦合至一個或多個控制器，控制器可以控制基板的參數\條件以及/或基於測量構件所發出之訊號的粒子。

請參照圖 5，所示為根據本發明之另一實施例之用以處理基板的另一例示性系統。特別注意的是，系統 500 可以是 PLAD、PIII 系統或其他基於基板處理系統的電漿。PLAD 系統 500 可以包括具有上部份 502 與下部分 504 的室 501。上部份 502 可以包括延伸於大致水平方向的第一介電部份 506 與延伸於大致垂直方向的第二介電部份 508。在一實施例中，每一介電部份 506、508 可以是具有抗化學性與良好溫度特性的陶瓷。上部份 502 也可以包括至少一個或多個天線(antennas)510、512。一個或多個天線 510、512 可以是(例如)水平天線 510 及/或垂直天線 512。在一實施例中，水平天線 510 可以是具有多重線圈的平面線圈，其中垂直天線 512 可以是具有多重線圈的螺旋線圈。至少一天線 510、512 可以經由電阻相合的網狀物(network)516 而電性耦合至電源供應器 514。

在系統 500 的下部份 504 上，平台 520 與由平台 520 所支撐的基板 522 可以設置在上部份 502 下且與上部份 502 距離一預定高度。然而，也有可能將平台 502 與基板 522 配置在上部份 502 中。偏壓電源供應器 524 可以電性

耦合至平台 520，以提供 DC 或 RF 偏壓至平台 520。

在操作中，至少一天線 510、512 可以是藉由電源供應器 514 致能(powered)的 RF 或 DC。若只有一個天線 510、512 是 RF 或 DC 致能的，則另一個天線 510、512 可以是寄生天線。由於另一個天線 510、512 無法電性耦合至電源供應器 514，因此其為寄生天線。相反的，另一個天線 510、512 可以磁性耦合至由電源供應器 514 致能的天線。可選地，天線 510、512 可以都由電源供應器 514 以 RF 電流致能。而後，至少一天線 510、512 經由第一與第二介電部份 506、508 誘發 RF 電流至系統 500。RF 電流所誘發的電磁場可以將系統 500 所包括的氣體轉換成電漿。同時，偏壓電源供應器 524 可以偏置平台 520，以將電漿中的帶電粒子吸引至基板 522。系統 500 的其他細節可以美國專利系列第 11/766984 號、專利公開第 2005/0205211 號、專利公開第 2005/0205212 號以及專利公開第 2007/0170867 號中尋得，其全文併入以作為參考。

可選構件

除了上述的構件以外，例示性的系統 300-500 可選地包括一或多個介於粒子源(諸如離子源或電漿)與基板之間的遮蔽物(mask)。若包括上述遮蔽物，遮蔽物可以優選為包括基於碳(C)的材料、基於矽的材料(諸如 SiC)或諸如鎢(W)或鉭(Ta)的反射金的材料。然而，也可以使用其他材料。這樣的遮蔽物可以具有一個或多個孔洞，孔洞具有包括鋸齒形(chevron)的各種形狀，以控制入射至基板上之光

束的形狀。

平板顯示器(FPD)

此處，敘述了許多粒子誘發相轉變的應用。如前述，粒子可以導入至薄膜基板的矽層中，以誘發由非晶相至結晶相的相轉變。為了清楚之目的，進行粒子誘發相轉變與ELA製程的比較。

在本實施例中，粒子可以被導向至平板顯示器，平板顯示器具有配置在絕緣層上之厚度約為 500 Å 的非晶矽膜。絕緣層可以是具有厚度約為 0.7mm 的非晶玻璃或Corning 1737 玻璃、石英、塑膠或藍寶石。然而，於此技術領域具有通常知識者應了解也可以使用其他種類的絕緣層。

在ELA製程中，單一雷射脈衝可以在12奈秒長脈衝(12 nanosecond long pulse)中傳輸 360 mJ/cm^2 的能量脈衝(energy pulse)。此相當於 3×10^{10} W/m^2 之功率密度(power density)。若將 Ar 離子束導向至矽膜，光束可以具有 20keV 的能量。在此能量下，所有被導向的 Ar 離子無法穿越矽層下的基板 (參照圖 2)。若使用帶狀 Ar 粒子束，可以推測粒子束具有寬為 300mm 以及高為 0.1mm 的尺寸。若束線電流為 25mA，則此功率密度為 1.7×10^7 W / m^2。

在ELA製程中，入射至基板上的雷射光束可以將矽層加熱至接近熔化非晶矽的 1000°C。隨著入射，雷射光束可以啟始至少一部份的矽層之熔化。矽的溫度擴散係數(diffusivity)相當高，變化於在室溫下之~1 cm^2/sec 以及在

1400K 下之 0.1 cm^2/sec 之間。因此，即使雷射能量被矽表面之頂部的幾奈米處吸收，也不會有潛熱效應(latent heat effects)存在，在矽層中可能會有相當小的溫度梯度。熱可以由矽擴散至玻璃中。玻璃的擴散係數較小(在相當大的溫度範圍下為~0.005 cm^2/s)，因此在較厚的玻璃中可能存在有較大的溫度梯度。此模式(model)的結果如圖 6 所示，玻璃即使在 0.1μm 的矽中，計算出之玻璃的溫度仍未達 500°C。

當粒子束具有低功率密度時，相較於雷射 (12ns)，粒子束用以累積足夠能量以加熱矽膜所需之暴露時間較高(80ms)。此外，由於藉由粒子將熱量累積至基板可能會因為熱傳導而喪失一些熱量，因此為了充分地加熱矽膜可以需要更多的能量。在這些推論之下，在 50μm 之矽內的絕緣層可以被加熱至 600°C 以上。然而，絕緣的量足以使得不會被加熱至高於其玻璃轉換 (或熔化)溫，因此這些條件都可以接受。

若帶狀束的高度增加至 1mm，其可能約 2.4 秒就能充分地加熱矽膜，在此時間，玻璃的底部的尖峰溫度(peak temperature)可以達到 600°C。此例與圖 7 所述之 0.1 mm 的案例相比，證明需要將束線之功率密度維持越高越好。可以藉由將束線面積盡可能地縮小、增加束線電流及/或增加束線能量來達成此目的。也可以增加離子種類的質量。由於分子粒子束可以提供較高的束線能量，因此其可能較為適用。同時，較高的束線能量可能減少附加的不利效應，

諸如可能限制束線電流以及限制束線對焦之空間電荷爆炸(space charge blow-up)。

粒子束輻射可以使固態矽維持在非晶相，使其在1300K才發生熔化。結晶矽在1683K才會熔化。因此若非晶矽在開始熔化前歷經結晶，為了能夠完全地熔化材料，則必須有更大的功率。此外，一旦矽表面被熔化，由於液態矽會反射一部份的雷射輻射，因此難以將功率耦合至大體積的矽中。在降溫與結晶相期間，粒子束的存在可能影響高品質材料的製造。

薄膜太陽能電池

本揭露案所述之粒子誘發相轉變也可以應用於製造太陽能電池。如本領域所周知，非晶矽是直接帶隙(direct band gap)材料且其吸光效率高於為非直接帶隙材料的結晶矽。此外，非晶矽在可見光譜中吸收的光多於結晶矽。然而，非晶矽具有較低的導電率。因此，非晶矽可以較佳地將入射輻射轉變為電流，而結晶矽可以較佳地傳送所產生的電流。因此，根據本實施例之太陽能電池可以較佳地在另一結晶矽層上具有非晶矽層。可見光波長的入射輻射可以在非晶矽中有效地轉換成光電流。在非晶層中未轉換的光(包括紅外輻射)可以在結晶矽中轉換成光電。

請同時參照圖8A與圖8B，所繪示為一種處理，此處理能夠與製備根據本揭露案之另一實施例之基板的製程結合。在本實施例中，基板可以是具有結晶層與非晶層的薄膜太陽能電池。在另一實施例中，基板可以是FPD之配

置在絕緣層(未繪示)上的半導體層。如圖 8A 所示，非晶矽層 802 可以沉積在玻璃層(未繪示)上。非晶矽層 802 的厚度可以是 1.5μm，其中玻璃層的厚度可以是 3mm。具有預定劑量與能量的粒子 804 接著可以被導入非晶矽層 802。如圖 8B 所示，粒子 804 可以被導入矽層之表面下，以結晶化矽層 802 的下部份，而不會誘發非晶矽層 802 的上部份進行結晶化。所產生的基板可以用於具有非晶矽層 802 配置在結晶矽層 806 上的太陽能電池中。

請同時參照圖 9A 至圖 9C，所繪示為一種處理，此處理能夠與製備根據本揭露案之另一實施例之基板的製程結合。在本實施例中，基板可以是具有結晶層與非晶層的薄膜太陽能電池。在另一實施例中，基板可以是 FPD 之配置在絕緣層(未繪示)上的半導體層。如圖 9A 所示，非晶矽層 902 可以沉積在玻璃層(未繪示)上。而後，具有預定劑量與能量的粒子 904 可以被導入非晶矽層 902，以結晶化整個矽層 906 (如圖 9B)。如圖 9C 所示，多個第二種類、能量以及劑量的粒子 908 可以被導入基板，以非晶化(amorphize)鄰近於結晶矽層之表面的一層。所產生的太陽能電池可以具有上非晶矽層 902 以及下結晶矽層 906。

請同時參照圖 10A 至圖 10D，所繪示為一種處理，此處理能夠與製備根據本揭露案之另一實施例之基板的製程結合。在本實施例中，基板可以是具有結晶層與非晶層的薄膜太陽能電池。在另一實施例中，基板可以是 FPD 之配置在絕緣層(未繪示)上的半導體層。如圖 10A 所示，非

晶矽層 1002 可以沉積在玻璃層(未繪示)上。而後，具有預定劑量與能量的粒子 1004 可以被導入非晶矽層 1002，以結晶化矽層 1002 中的次層 1006(如圖 10B)。儘管圖 10B 將次層繪示為配置在鄰近矽層 1002 之上表面處，本領域中具有通常知識者應了解次層 1006 可以配置在鄰近矽層 1002 之上表面處、鄰近下表面處或介於上表面與下表面之間的任何位置。

在形成結晶次層 1006 後，在整個矽層 1002 被結晶化之前，次層 1006 中的一個或多個晶粒(crystal)可以朝向遠離次層 1006 的方向成長。晶粒可以藉由熱爐管回火、快速熱回火(RTA)、閃光燈回火(flash lamp annealing)以及雷射回火中一種方法來成長。可選地，晶粒可以藉由粒子輔助回火(particle assisted annealing)來成長。舉例來說，針對在已結晶次層下方區域的具有另一預定劑量及/或另一預定能量之同一種或其他種粒子(未繪示)可以將一個或多個晶粒的粒界朝向基板的下表面延伸。在處理中，整個矽層 1002 可以包括一個或多個晶粒，此晶粒具有在垂直方向延伸的粒界。本實施例也可以包括一可選的非晶化步驟，以非晶化一部分的新生成之結晶化矽層 1006。舉例來說，接著可以將粒子 1010 導入至新生成之結晶化矽層 1006，以非晶化至少一部分的新生成之結晶化矽層 1006(如圖 10D)以形成非晶次層 1012。在本揭露案中，導入至新生成之結晶化矽層 1006 的粒子相同於用以結晶化前述非晶矽層 1002 的粒子。可選地，導入至新生成之結晶化矽層 1006

的粒子不同於用以結晶化前述非晶矽層 1002 的粒子。上述處理可以用以結晶化厚的非晶矽層。

粒子誘發相轉變也可以用以製造高效能多晶矽太陽能電池。晶粒的粒界可以是能有效地捕捉(gettering)雜質(諸如金屬污染物)的位置。此外，粒界可以作為電荷載子移動(charge carriers' mobility)的屏障，以抑制載子穿越粒界。因此，在因具有多個晶粒而具有多個粒界的多晶太陽能電池(polycrystalline solar cell)中，若粒界位在電荷載子穿越的路徑上，則多晶太陽能電池可能具有相當低的導電率。在多晶太陽能電池中，在上表面產生的電流必須傳送到通常位在太陽能電池之下表面的接觸區(contact area)。若多晶太陽能電池中的粒界位於電荷載子所穿越的路徑上，太陽能電池的效率會變低。因此，較佳為製作具有粒界排列方向平行於電荷載子的路徑的多晶太陽能電池。

為了製作高效率的多晶太陽能電池，可以準備非晶矽基板。而後，可以結晶化矽層的上表面，以及在每一固相磊晶再成長(SPER)製程中使晶粒向下成長。可以選擇離子能量以最大化傳送至基板的功率密度。此對應於介於 40 至 100kev 的能量，其中典型離子束系統可以由離子源中萃取最大量的束線電流以及其中可以縮小束線傳輸與聚焦中的空間電荷效應。直到整個層結晶之前，此離子束可能引起鄰近矽之表面處的結晶化，且接著使 SPER 向下種晶。SPER 可以在束線誘發結晶化步驟中發生而為束線誘發結晶化步驟中的一部分，或者是在進一步退火步驟中發生，

退火步驟可以是使用熱爐管回火、快速熱回火、閃光燈回火、雷射回火或其他回火方法中的一種或多種方法。所產生的基板可能有具有垂直延伸之粒界的晶粒。而後，第二種類、能量以及劑量的粒子可以導入至基板中，以非晶化鄰近於多晶基板之表面的層。太陽能電池而後可以具有非晶矽層在垂直延伸多晶矽層上之結構。如上述，此太陽能電池有可能將輻射能量較有效率地轉換為電能，以及，同時將所轉換的電能較有效率地傳送。

在本揭露案中，所選的用以協助上層之結晶化的粒子束條件可能影響粒界的尺寸與排列。由於磷是良好的捕捉(getter)種類，因此磷可以是較優選的種類，其也可以是太陽能電池中可選的摻質。可以藉由選擇摻雜的方向來影響晶粒的排列。可以摻雜整個主動層，或可以摻雜表面層以製造出幾乎沒有空隙的上結晶表面，且基板的其餘部分可以藉由 SPER 而重新成長。

此處所使用的名詞或是詞句的意義如同所敘述，且未加以限制或具有特定目的，這些名詞或詞句的使用，不包含任何與所繪示或描述(或其中一部分)的特徵相等的解釋，但應了解在申請專利範圍所界定範圍內可能進行些許更動。也可能有其他更動、潤飾與選擇性。因此，前述僅是用來作為實例而並非用以限定。所申請的可以是此處詳述的任何特徵。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離

本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 為將非晶材料轉變成結晶材料的各種機制的方塊圖。

圖 2 為根據本發明實施例的 Ar 離子導入矽基板的深度的曲線圖。

圖 3 為根據本發明實施例的基板處理系統的方塊圖。

圖 4 為圖 3 中的系統的實施例的示意圖。

圖 5 為根據本發明另一實施例的基板處理系統的示意圖。

圖 6 為利用雷射光束或粒子束照射基板的溫度比較圖。

圖 7 為根據本發明另一實施例的利用聚焦粒子束照射基板的溫度關係圖。

圖 8A 至圖 8B 為根據本發明實施例的可併入太陽能電池的製造的方法。

圖 9A 至圖 9C 為根據本發明實施例的可併入太陽能電池的製造的另一方法。

圖 10A 至圖 10D 為根據本發明實施例的可併入太陽能電池的製造的又一方法。

【主要元件符號說明】

100a：熔化與固化機制

100b：固相結晶轉變機制

300：系統
302：離子源
304：萃取系統
306：加速系統
308：選擇性束線操作元件
310：中和系統
312：末端站
314：窗口、孔洞
316、318：負載室
322：基板
324：次系統
406：第一磁分析器
408：第一減速台
410：第二磁分析器
412：第二減速台
500：系統
501：室
502：上部份
504：下部分
506、508：介電部份
510、512：天線
514：電源供應器
516：網狀物
520：平台

522：基板

524：偏壓電源供應器

802：矽層

804：粒子

806：結晶矽層

902：非晶矽層

904：粒子

906：結晶矽層

908：粒子

1002：矽層

1004：粒子

1006：次層

1008：非晶矽層

1010：粒子

1012：次層

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）

※申請案號：97143912

※申請日：97.11.13　　※IPC 分類：H01L 21/20 (2006.01)

一、發明名稱：

利用粒子束的薄膜材料處理方法

PARTICLE BEAM ASSISTED MODIFICATION OF THIN FILM MATERIALS

二、中文發明摘要：

本發明提供處理基板的方法的一些例子。在一實施例中，此方法可包括將具有上表面與下表面的基板放在室中的平台上；在基板的上表面上產生包括多個帶電粒子的電漿，電漿具有一截面積，此截面積等於或大於基板的上表面的表面積；供應偏壓至基板，以將帶電粒子吸引至基板的上表面；將帶電粒子導入至一區域，此區域延伸至基板的整個上表面下；以及啟始且同時此區域的相轉變，使此區域由非晶相轉變為結晶相。

三、英文發明摘要：

Several examples of a method for processing a substrate are disclosed. In a particular embodiment, the method may include: disposing a substrate having an upper surface and a lower surface on a platen contained in a chamber; generating a plasma containing a plurality of charged particles above the

upper surface of the substrate, the plasma having a cross sectional area equal to or greater than a surface area of the upper surface of the substrate; applying a first bias voltage to the substrate to attract the charged particles toward the upper surface of the substrate; introducing the charged particles to a region extending under entire upper surface of the substrate; and initiating, concurrently, a first phase transformation in the region from the amorphous phase to a crystalline phase.

七、申請專利範圍：

1. 一種在非晶相中處理基板的方法，包括：

將具有上表面與下表面的基板放在室中的平台上；

在所述基板的所述上表面上產生包括多個帶電粒子的電漿，所述電漿具有一截面積，所述截面積等於或大於所述基板的所述上表面的表面積；

供應偏壓至所述基板，以將所述帶電粒子吸引至所述基板的所述上表面；

將所述帶電粒子導入至一區域，所述區域延伸至所述基板的整個所述上表面下；以及

啟始且同時所述區域的相轉變，使所述區域由非晶相轉變為結晶相。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述帶電粒子是以約 $5x10^{14}$ 個粒子/平方公分*秒或更大的速度導入所述區域。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，更包括在將所述帶電粒子導入所述區域時調整供應至所述基板的所述偏壓。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述調整包括增加所述偏壓。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，更包括在將所述帶電粒子導入所述區域之前調整所述基板的溫度。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之在非晶相中處理基

板的方法，其中所述調整所述基板的溫度包括降低所述基板的溫度。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述帶電粒子包括選自由 He、Ne、Ar、Kr、Xe 與 Rn 所組成之族群中的一個或多個種類。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述帶電粒子包括分子離子。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述帶電粒子包括 Ga 離子。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述區域包括矽，且其中所述帶電粒子包括選自由 C 離子與 Ge 離子所組成之族群中的一個或多個種類，以將所述區域轉變為應力區域。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述區域包括選自 IV 族元素的材料，且其中所述帶電粒子包括選自由 B、Ga、In、P、As、Sb 與 Bi 所組成之族群中的一個或多個種類，以改變所述區域的電性。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述區域包括選自 IV 族元素的材料，且其中所述帶電粒子包括選自由 Yb、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt 與 Al 所組成之族群中的一個或多個種類，以改變所述區域的帶隙特性。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基

板的方法，其中所述區域包括選自 IV 族元素的材料，且其中所述帶電粒子包括選自由含 C 離子、含 Si 離子、含 Ge 離子、含 F 離子、含 N 離子、含 H 離子、含 He 離子、含 Sn 離子與含 Pb 離子所組成之族群中的一個或多個種類，以避免改變所述區域的電性。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述區域包括選自 IV 族元素的材料，且其中所述帶電粒子包括金屬離子，以增加將所述區域由非晶相轉變為結晶相的速率。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述金屬離子包括 Ni 離子。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述之在非晶相中處理基板的方法，更包括將整個所述區域的相由非晶相轉變為結晶相，其中所述區域小於整個所述基板。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之在非晶相中處理基板的方法，其中所述區域包括至少一結晶。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之在非晶相中處理基板的方法，更包括延伸至少一結晶的粒界以越過所述基板的所述區域直至整個所述基板轉變為結晶相為止。

200941549

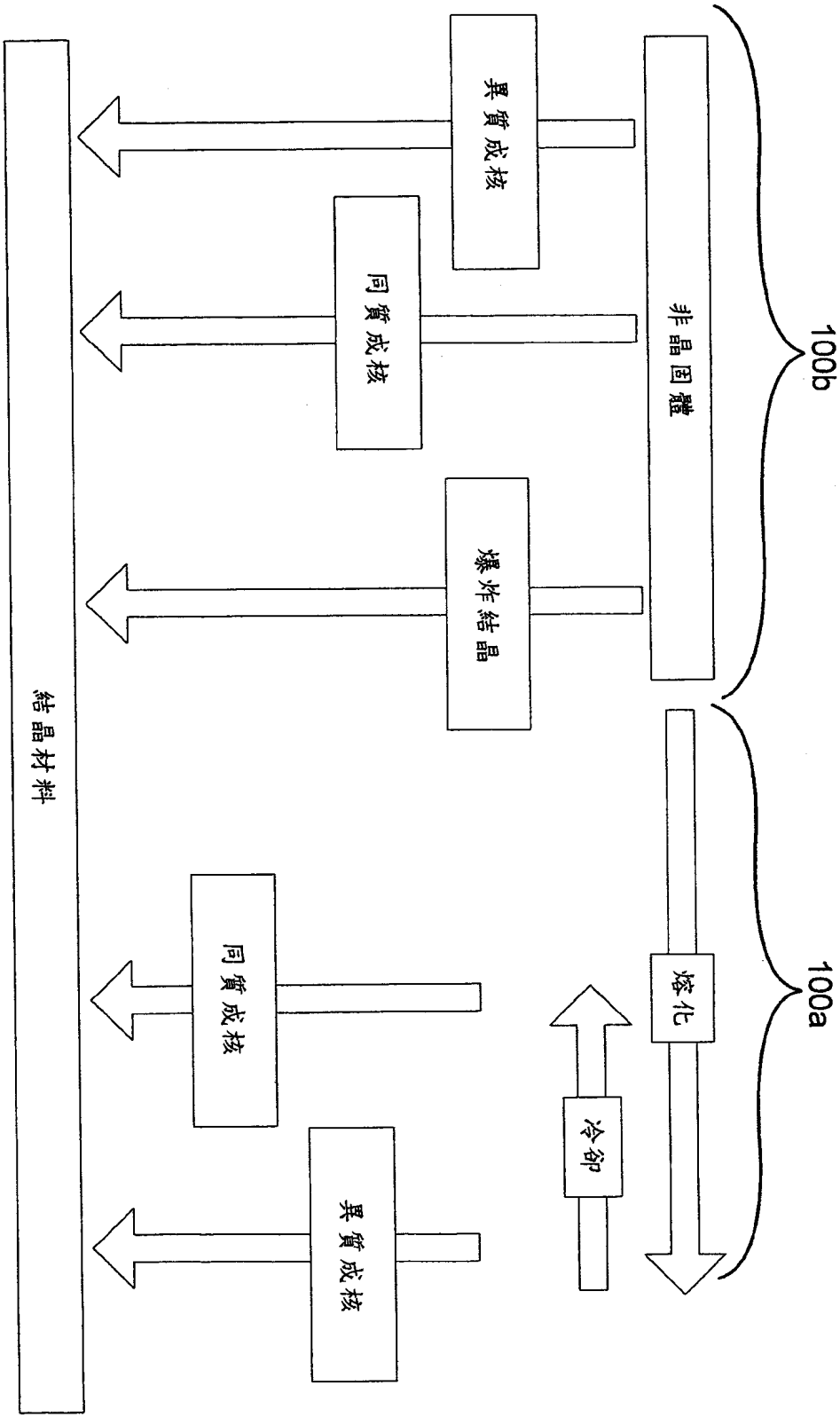


圖 1

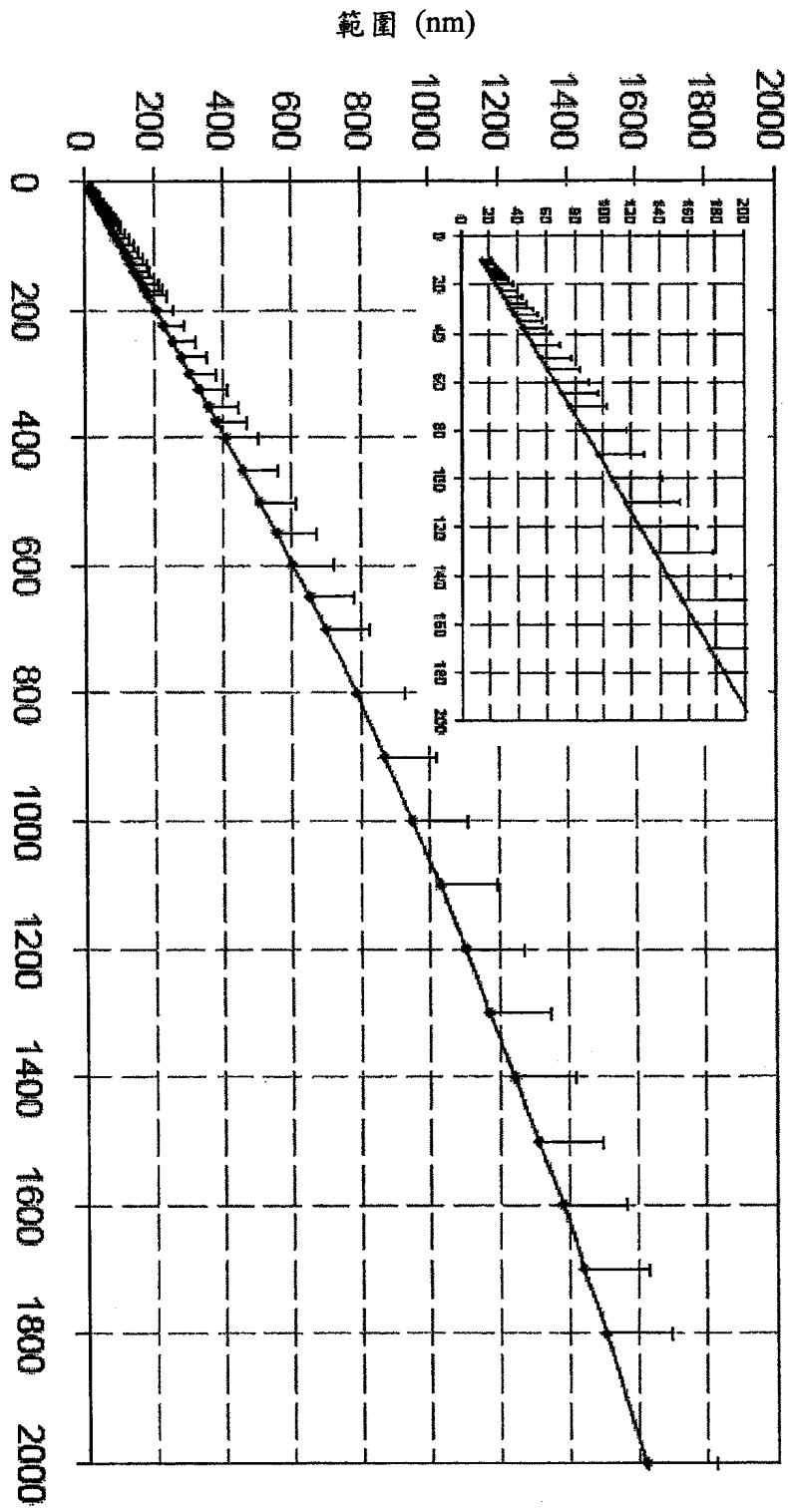

Ar 在矽中的範圍
範圍 (nm)
能量 (keV)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000

圖 2

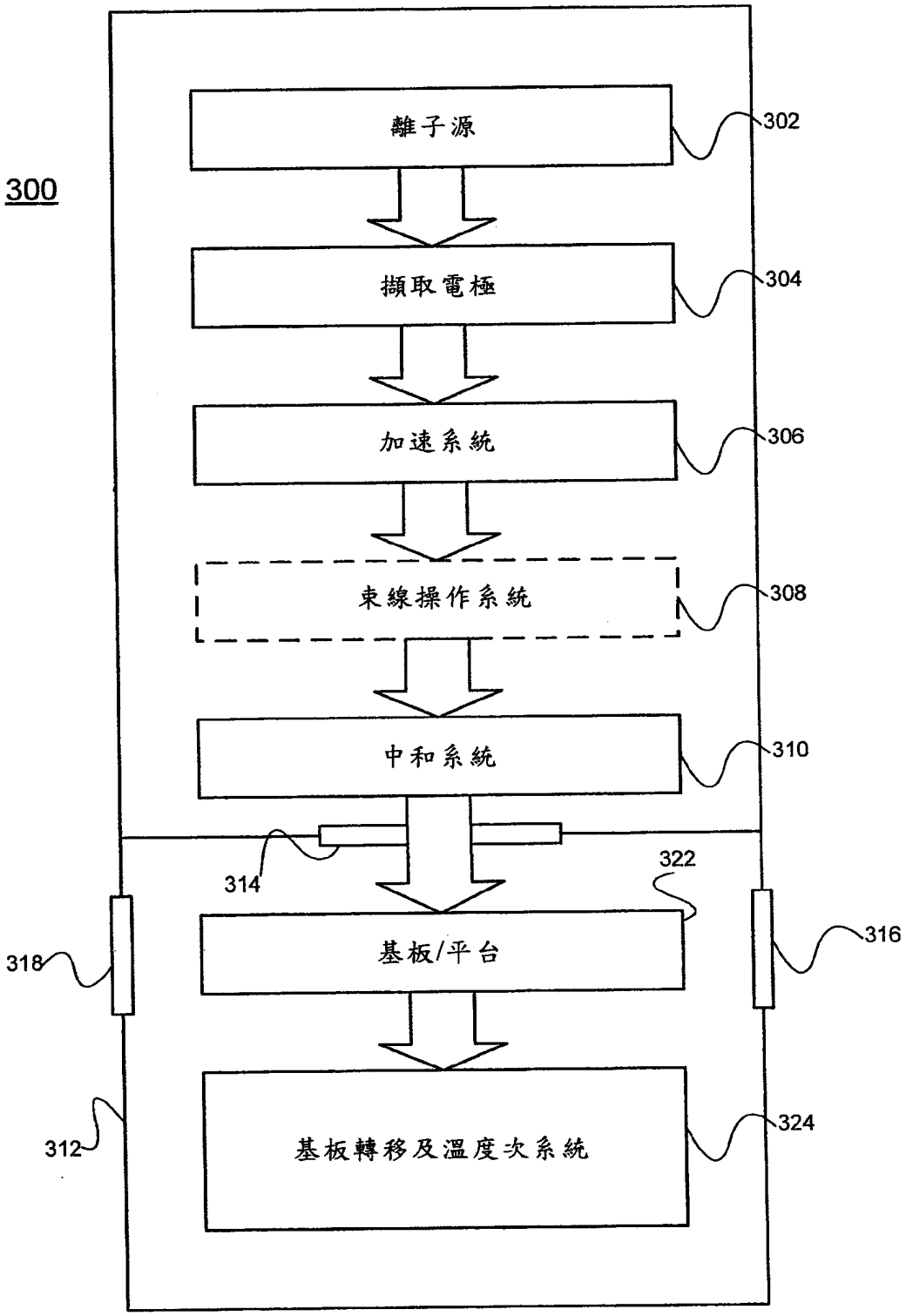

300
離子源
302
擷取電極
304
加速系統
306
束線操作系統
308
中和系統
310
314
322
基板/平台
316
318
312
基板轉移及溫度次系統
324

圖 3

200941549

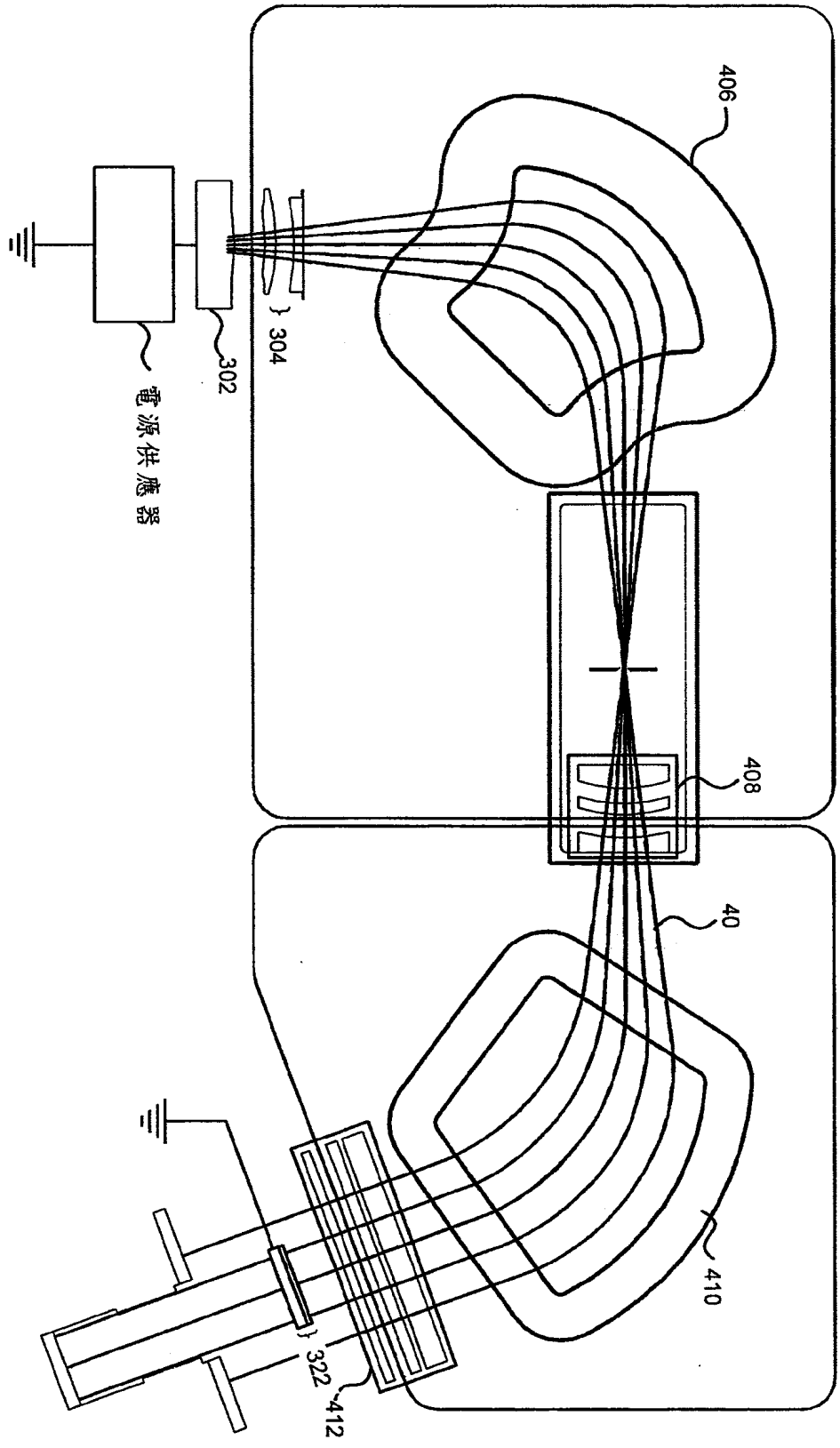


圖 4

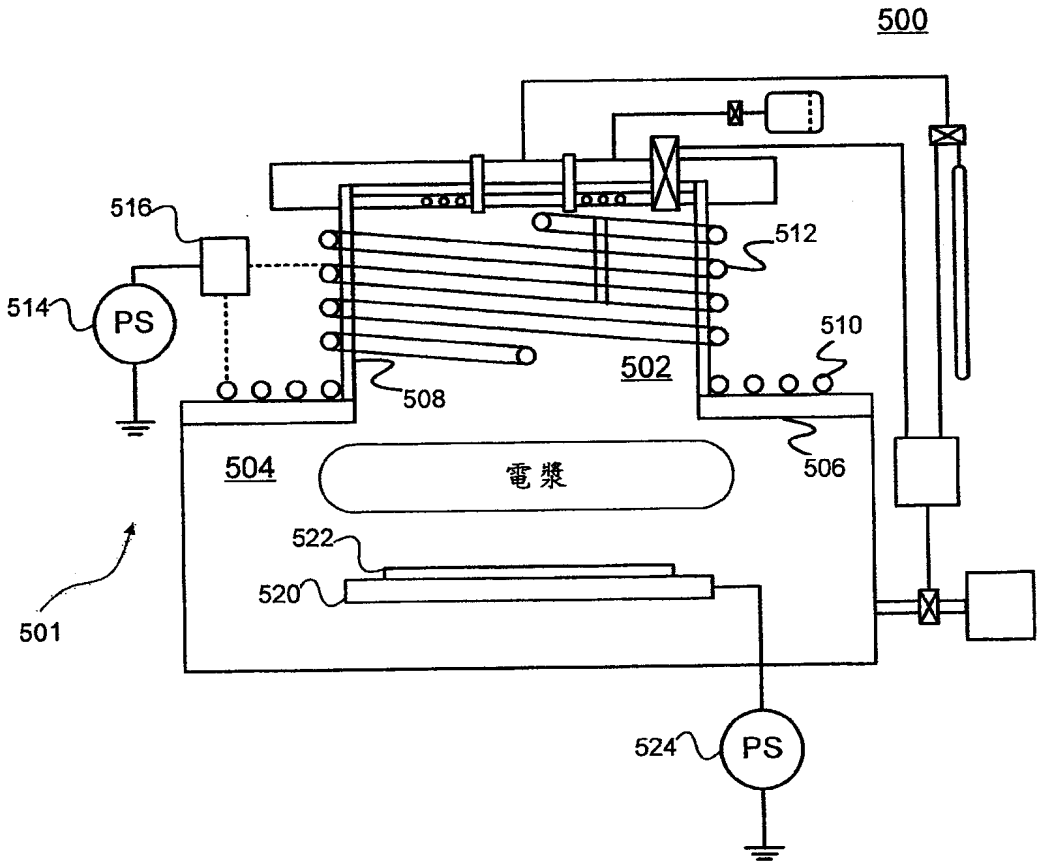


圖 5

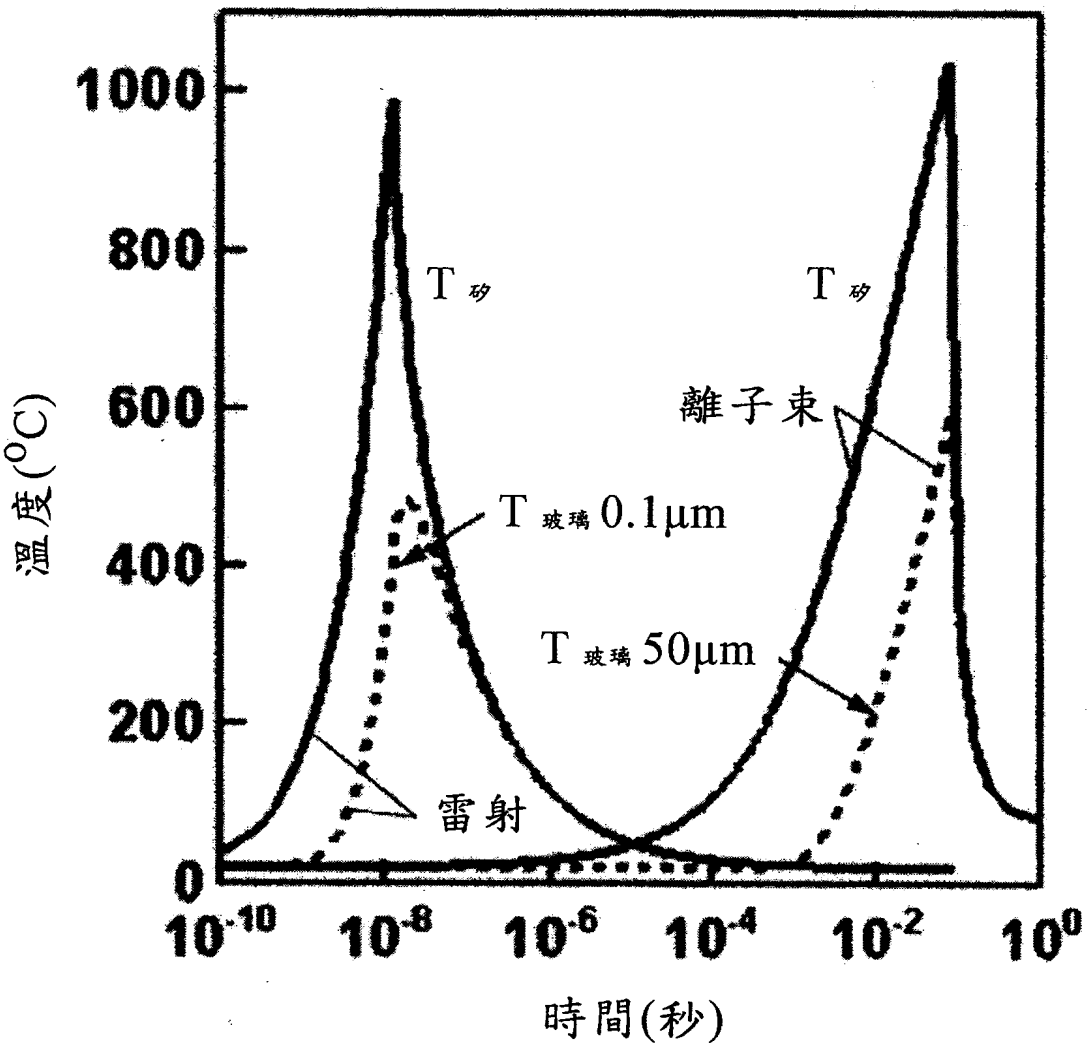

1000
800
600
400
200
0
溫度(°C)
T 矽
T 矽
離子束
T 玻璃 0.1μm
T 玻璃 50μm
雷射
10-10
10-8
10-6
10-4
10-2
100
時間(秒)

圖 6

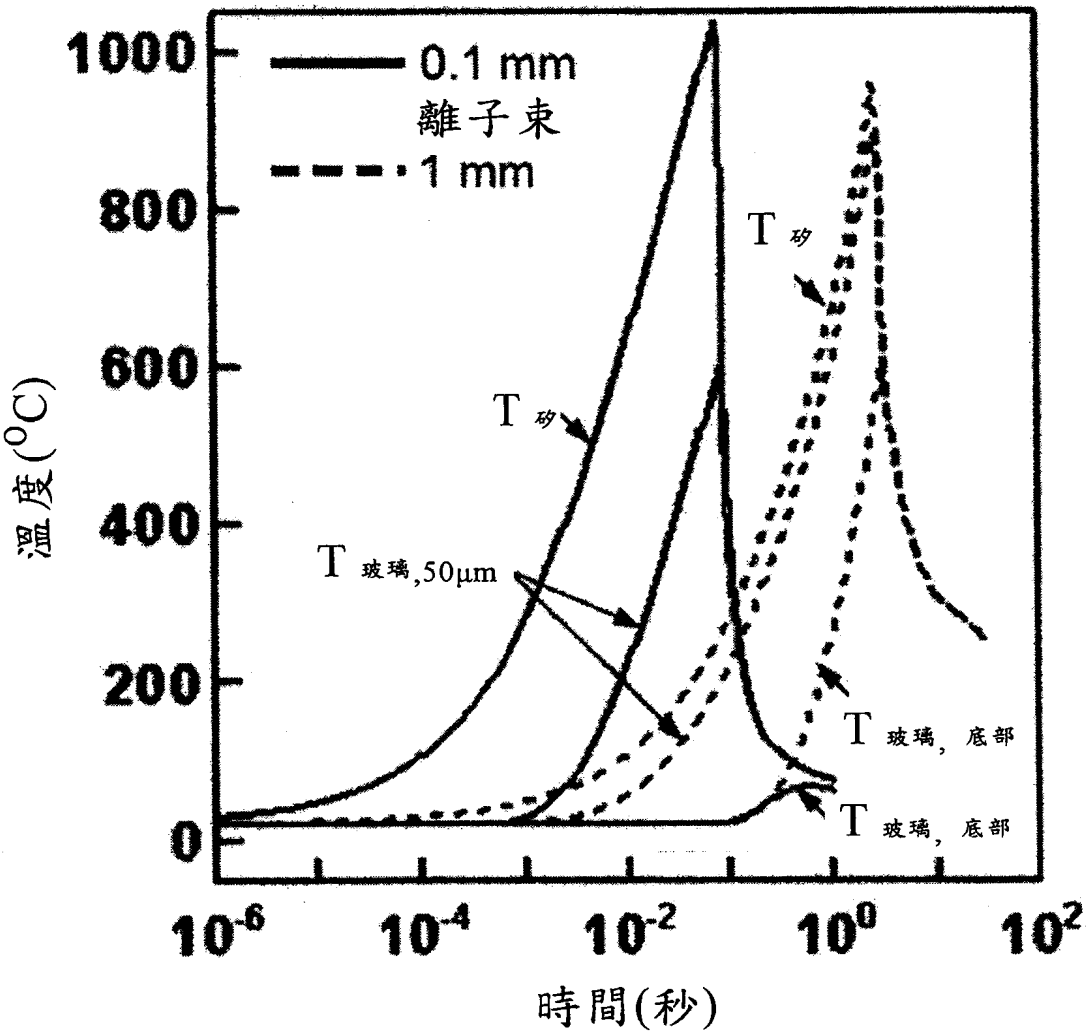

1000
800
600
400
200
0
溫度(°C)
0.1 mm
離子束
1 mm
T 矽
T 矽
T 玻璃,50μm
T 玻璃, 底部
T 玻璃, 底部
10-6
10-4
10-2
100
102
時間(秒)

圖 7

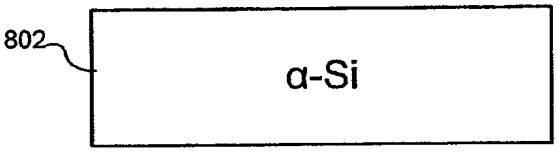


圖 8A

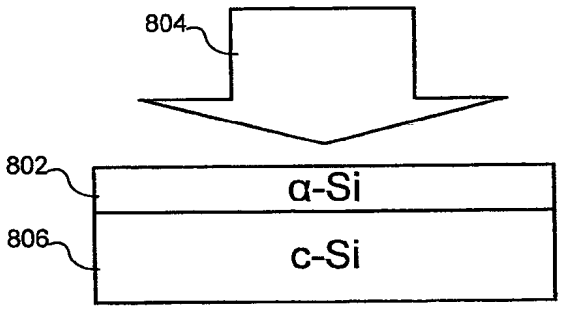


圖 8B

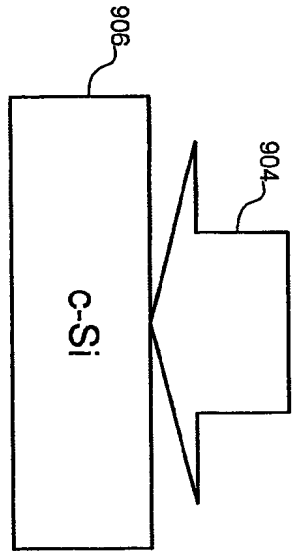


圖 9B

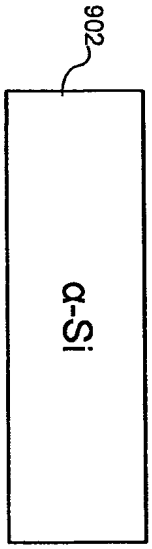


圖 9A

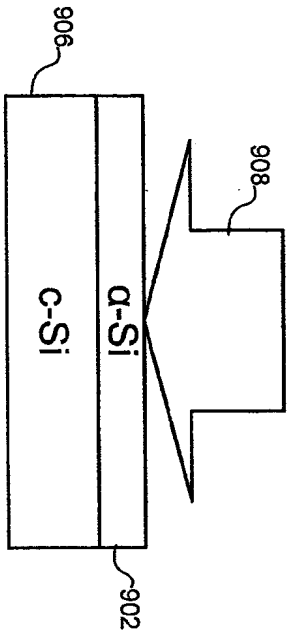


圖 9C

200941549

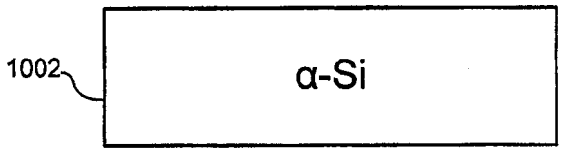


圖 10A

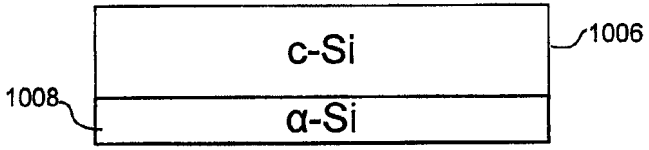


圖 10C

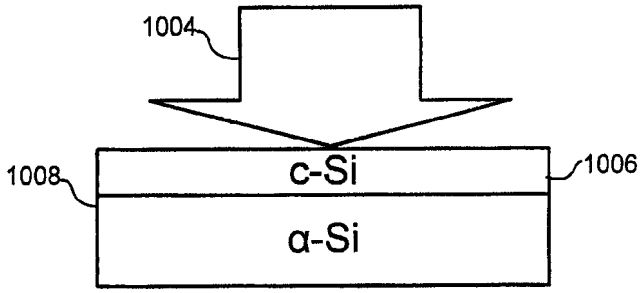


圖 10B

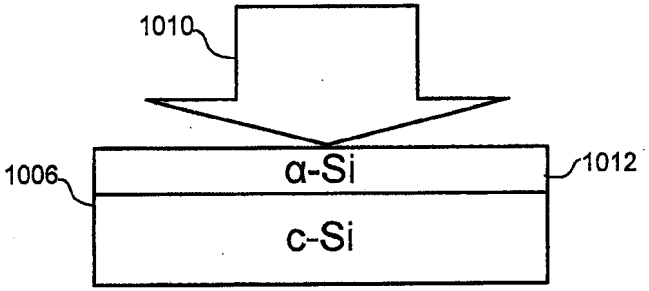


圖 10D

四、指定代表圖：

（一）本案之指定代表圖：圖 1。

（二）本代表圖之元件符號簡單說明：

100a：熔化與固化機制

100b：固相結晶轉變機制

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。