



(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 I801418 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 11 日

(21) 申請案號：107132502

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 14 日

(51) Int. Cl. : H01L21/02 (2006.01)

H01L21/268 (2006.01)

(30) 優先權：2017/09/14 英國

1714802.4

(71) 申請人：愛爾蘭國立高威大學 (愛爾蘭) NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, GALWAY
(IE)

愛爾蘭

(72) 發明人：歐康納 傑拉德 O'CONNOR, GERARD (IE)；法立德 納札 FARID, NAZAR
(PK)；達斯 古普塔 皮納基 DAS GUPTA, PINAKI (IN)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

TW 201001556A1

TW 201421539A

TW 201718158A

US 7923317B2

US 2009/0130795A1

審查人員：王安邦

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：7 共 26 頁

(54) 名稱

處理目標材料之方法

(57) 摘要

本發明揭示一種處理一目標材料之方法。在一配置中，使用一輻射束來照射一多層結構。該多層結構包括含該目標材料之至少一目標層及不含該目標材料之一額外層。該額外層係金屬製的。在該多層結構之該照射期間，透過該額外層來照射該目標層。能量自該輻射束轉移至該目標層及該額外層便於引起該目標層之一熱致變化。該熱致變化包括以下之一或多者：該目標材料之晶體生長、該目標材料之提高的載子移動率、該目標材料之增加的化學穩定性，及該目標材料之電性質之增加的均勻性。

Methods of processing a target material are disclosed. In one arrangement, a multilayer structure is irradiated with a radiation beam. The multilayer structure comprises at least a target layer comprising the target material and an additional layer not comprising the target material. The additional layer is metallic. The target layer is irradiated through the additional layer during the irradiation of the multilayer structure. A transfer of energy from the radiation beam to the target layer and to the additional layer is such as to cause a thermally-induced change in the target layer. The thermally-induced change comprising one or more of: crystal growth in the target material, increased carrier mobility in the target material, increased chemical stability in the target material, and increased uniformity of electrical properties in the target material.

指定代表圖：

符號簡單說明：

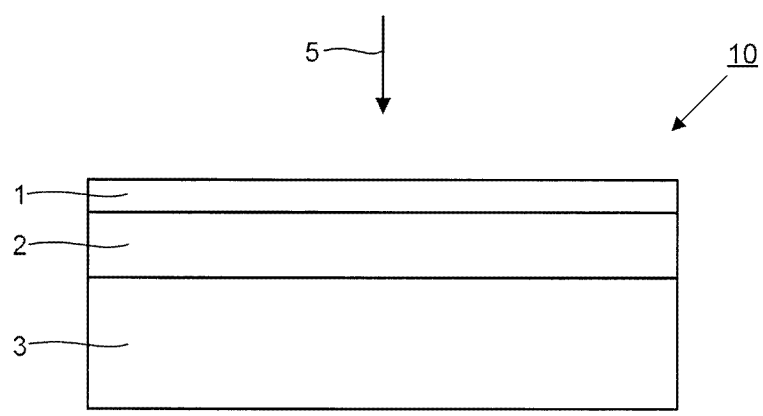
1 . . . 額外層

2 . . . 目標層

3 . . . 基板

5 . . . 輻射束

10 . . . 多層結構



【圖1】



I801418

【發明摘要】

【中文發明名稱】

處理目標材料之方法

【英文發明名稱】

METHOD OF PROCESSING A TARGET MATERIAL

【中文】

本發明揭示一種處理一目標材料之方法。在一配置中，使用一輻射束來照射一多層結構。該多層結構包括含該目標材料之至少一目標層及不含該目標材料之一額外層。該額外層係金屬製的。在該多層結構之該照射期間，透過該額外層來照射該目標層。能量自該輻射束轉移至該目標層及該額外層便於引起該目標層之一熱致變化。該熱致變化包括以下之一或多者：該目標材料之晶體生長、該目標材料之提高的載子移動率、該目標材料之增加的化學穩定性，及該目標材料之電性質之增加的均勻性。

【英文】

Methods of processing a target material are disclosed. In one arrangement, a multilayer structure is irradiated with a radiation beam. The multilayer structure comprises at least a target layer comprising the target material and an additional layer not comprising the target material. The additional layer is metallic. The target layer is irradiated through the additional layer during the irradiation of the multilayer structure. A transfer of energy from the radiation beam to the target layer and to the additional layer is such as to cause a thermally-induced change in the target layer. The thermally-induced change comprising

one or more of: crystal growth in the target material, increased carrier mobility in the target material, increased chemical stability in the target material, and increased uniformity of electrical properties in the target material.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 1 額外層
- 2 目標層
- 3 基板
- 5 輻射束
- 10 多層結構

【發明說明書】

【中文發明名稱】

處理目標材料之方法

【英文發明名稱】

METHOD OF PROCESSING A TARGET MATERIAL

【技術領域】

【0001】 本發明係關於處理一目標材料以引起該目標材料之一熱致變化，諸如晶體生長或提高均勻性。特定言之，本發明係關於在諸如顯示器之電子裝置之製造期間處理半導體材料，但可應用於其他材料。

【先前技術】

【0002】 眾所周知，處理金屬或半導體材料促進晶體生長且藉此改良電性質。例如，增大微晶之大小通常歸因於材料變得更靠近一非常規則單晶而提高載子移動率(且藉此減小電阻率)。用於驅動晶體生長之技術需要提供能量以藉由原子擴散來驅動原子重新定位及/或使其中先前不存在任何者之一晶相成核。此等技術亦需要在處理期間維持諸如透明度(例如就顯示器或PV應用而言)之其他性質。

【0003】 多晶矽(poly-Si)作為薄膜電晶體中之主動及/或摻雜層用於大面積電子器件中。例如，多晶矽可用於諸如一LCD或AMOLED之一顯示器之TFT中。一TFT由源極、汲極及閘極組成。當整合於一顯示裝置上時，多晶矽閘極材料必須高度導電。另一應用係在光伏打(PV)電池中，其中需要高度結晶、高度透明層來高效率提取光生電荷。

【0004】 可藉由非晶矽(a-Si)之固相結晶來形成多晶矽，其中基板(例如玻璃)可支援所涉及之相對較高溫度(至少300°C)。其他基板(諸如在

撓性螢幕上製造數位顯示器所需之塑膠基板或其中其他溫度敏感組件存在於待結晶之非晶矽附近)需要不同技術。

【0005】 一最近開發方法係雷射結晶，其使用高強度UV雷射短脈衝來將非晶矽加熱至高於矽之熔點但不熔化或損壞基板及/或任何周圍溫度敏感組件。此程序併入稱為高側壁成長(SLG)及順序橫向固化(SLS)之程序。雷射脈衝由材料吸收以導致藉由自一非晶固體至一熔融狀態之加熱及接著快速冷卻以形成一多晶材料來相變。必須小心控制雷射脈衝之持續時間及加熱影響區之大小。必須顯著提高非晶材料之溫度以實現晶疇之成核。例如，非晶矽具有約11.95 kJ/mol之一結晶焓，其中所報告之「容積」結晶溫度在600°C至800°C之範圍內。SLG及SLS係已經最佳化以產生此局部溫度且在快速冷卻上建立定向晶體之程序。可藉由控制熔融矽之冷卻來形成具有微晶大小之一可控範圍之多晶矽。

【0006】 多年來，已使用準分子雷射源來提高多晶矽材料之結晶度(或將非晶矽轉換為多晶矽)。雷射依UV中之308 nm操作以將能量耦合至透射可見波長之矽中。使用長線束(例如750 mm×0.030 mm)。長線束確保可以高達「10代(G10)」薄片(2880 mm×3130 mm)之最高速度覆蓋大面積顯示器(TV、公共螢幕等等)。準分子雷射具有一低重複率(300 Hz至600 Hz)且為有效實施20數量級之再結晶，通常在各位置處需要雷射脈衝。此限制處理速度。亦需要使光束保持高均勻性以確保各電晶體被相同程度退火。約10億個TFT電晶體可遍佈於一典型G10面板中。

【0007】 可包含保熱層來輔助基於準分子之雷射誘發結晶程序。此等保熱層包括諸如矽之氧化物及氮化物之介電材料。將介電材料沈積於待結晶之非晶層鄰近處。保熱層具有通常為1微米級或更大之一厚度。在雷

射誘發結晶程序之持續期間，保熱層保持附著至材料。可使用充當一保熱層之一圖案化介電層來優先輔助雷射誘發結晶程序，其中介電層緊鄰待結晶層。使用一介電層之原因係吾人認為金屬層將在此背景中抑制結晶程序。

【0008】 已提出使用依10 kHz操作之多模式綠色雷射之替代技術作為成本比準分子雷射低之替代方案，但業界未廣泛採用此等替代技術。

【0009】 一替代方法係金屬誘發結晶(MIC)，其允許一非晶矽薄膜在低至140°C之溫度處藉由在非晶矽與諸如鋁、金或銀之一金屬膜(其充當結晶程序之一催化劑)接觸時使非晶矽退火來結晶。一MIC程序所需之退火被一般宏觀應用且維持比與雷射結晶相關聯之加熱長很多之一時間。不使用一雷射來執行退火。

【0010】 MIC一般涉及：1)與金屬之界面處之非晶材料之結合弱化，其提高界面處之非晶原子之移動率；2)提供非晶原子之傳輸之快速短程擴散路徑之界面效應；及3)界面熱力學效應，其進一步有利於界面處之晶體生長。

【0011】 非晶矽當前存在兩種類型之MIC程序。

【0012】 此等MIC程序之第一者發生於(例如)將結晶鋁用作為非晶矽上之催化層時。矽原子在高於140°C之溫度處優先潤濕與鋁之高角晶界之界面。當達到潤濕非晶矽層之一臨界厚度時，使矽結晶成核。一壓縮應力產生於鋁層中且一拉伸應力產生於非晶矽層中。由於拉伸材料具有用於容納更多原子之空間，所以此應力梯度驅動一擴散程序，其導致來自鋁層之鋁晶粒溶解於非晶矽層中。隨著此等鋁羽流在非晶矽中發展，其經歷確保其朝向表面傳播之一對流力。此效應引起導致一結晶矽相形成於金屬下

方之固態層交換。在一低溫處實現程序中之所有步驟。

【0013】 MIC程序之第二者導致形成具有與周圍區域之一最小晶格失配之一金屬半導體化合物。作為一實例，在加熱一非晶矽層上之一鎳層之後，在結晶鎳非晶矽界面處形成NiSi₂。結晶矽自NiSi₂相析出且遷移至非晶矽材料中。此導致形成結晶矽之針狀晶體結構。在晶體界面處晶種之程序越多，形成之結晶材料越多。

【發明內容】

【0014】 本發明之一目的係提供用於處理目標材料以實現目標材料之所要熱致變化(諸如結晶度提高)之替代技術。

【0015】 根據本發明之一態樣，提供一種處理一目標材料之方法，其包括：使用一幅射束來照射一多層結構，該多層結構包括含該目標材料之至少一目標層及不含該目標材料之一額外層，其中：該額外層係金屬製的；在該多層結構之該照射期間，透過該額外層照射該目標層；及能量自該幅射束轉移至該目標層及該額外層便於引起該目標層之一熱致變化，該熱致變化包括以下之一或多者：該目標材料之晶體生長、該目標材料之提高載子移動率、該目標材料之增加化學穩定性及該目標材料之電性質之增加均勻性。

【0016】 因此，提供允許在一目標材料之選定區域中高效率驅動熱致變化且對目標材料之其他區域及/或周圍層或附近裝置結構影響最小或無影響之一方法。與其中同時處理目標材料之整個層(例如藉由使一準分子雷射掃描表面)之替代方法相比，時間及能量成本更低。熱致變化可包括晶體生長、提高載子移動率、增加化學穩定性及電性質之增加均勻性之任何組合。發明者已發現，額外層之金屬性促進熱致變化(例如晶體生

長)。此有點令人吃驚，因為在基於準分子之雷射誘發結晶之背景中，金屬層被認為會抑制結晶。

【0017】 在不受理論約束之情況下，可認為在照射之後目標層中之電子之分佈因電子自金屬額外層之表面透過光電及熱離子發射而發射至周圍環境之發射而修改。此發射之後引起之電荷失衡暫時更改額外層及目標層兩者中之電子密度且藉此暫時影響(例如降低)目標層中之組成原子之結合強度。對結合強度之暫時影響有助於以下之一或多者：目標材料之晶體生長、目標材料之提高載子移動率、目標材料之增加化學穩定性及目標材料之電性質之增加均勻性。多層薄結構之電荷中性透過其連接至一接地電路徑及透過其表面與懸浮離子及電子交互作用以使周圍環境影響多層結構來恢復。

【0018】 該方法可特別應用於在用於製造顯示器之大面積電子配置之TFT閘極區域中以及在基於PV之裝置中由非晶矽選擇性地形成多晶矽。該方法允許在對透明度影響最小或無影響之情況下提高結晶度。歸因於施加於基板之非常低熱負荷，該方法亦可與使用撓性基板之卷對卷或片對片大規模製造平台相容。可在無熔化或損壞風險之情況下使用塑膠基板。

【0019】 該方法亦可應用於其他透明導電材料，例如用於顯示器。在此背景中，熱致變化可包括可提高載子移動率之局部結晶。

【0020】 該方法可特別應用於促進氧化銦鎵鋅(IGZO)之結晶、提高IGZO之載子移動率、提高IGZO之均勻性及/或提高IGZO之化學穩定性。該方法亦可應用於其他介電質(諸如薄膜電池技術中之金屬氧化物)之結晶。

【0021】 該方法亦可應用於減小金屬軌道(諸如使用奈米粒子墨水或其他簡單低溫沈積程序所形成之軌道)之電阻。可藉由使輻射束之頻率與奈米粒子墨水之諧振電漿子頻率或沈積金屬之晶粒大小匹配來增大沈積金屬之晶粒大小。可藉由提供一明確界定之粒子大小分佈來提高效率。

【0022】 在一實施例中，該多層結構之該照射引起該額外層之至少一照射部分在發生該目標層之該熱致變化(例如晶體生長)之後脫離該目標層。因此，該額外層在達成其促進該目標材料之熱致變化之目的之後自發脫離該目標材料，且無需任何額外處理步驟。

【0023】 在一實施例中，該輻射束之一通量經選擇使得在該目標層之任何部分在由該輻射束照射期間不進入一熔融相之情況下達成該目標層之該熱致變化(例如晶體生長)。避免熔融狀態提高該目標材料之晶體生長之品質以有利於小晶粒之一均勻分佈發展。

【0024】 在一替代實施例中，該輻射束之通量經選擇使得該目標層之至少一部分在由該輻射束照射之至少一部分期間進入熔融狀態。進入至熔融狀態中能夠視需要形成較大微晶。

【0025】 在一實施例中，該目標層及該額外層經組態使得來自該雷射輻射之能量自該額外層之電子至該目標材料之晶格之轉移比來自該雷射輻射之能量自該額外層之電子至該額外層之晶格之轉移快。此效應有利於在該熱致變化(例如晶體生長)期間由該額外層有效培養該目標層。儲存於該額外材料之電子系統中之能量後續熱化至該額外材料之晶格可便於引起該額外層在發生該熱致變化之後脫離該目標層。

【圖式簡單說明】

【0026】 參考附圖，現將依舉例方式進一步描述本發明，其中：

圖1示意性地描繪根據一實施例之一多層結構之照射；

圖2(a)至(f)係一TFT圖案((a))及藉由照射之不同處理階段中之一閘極區域之放大圖((b)至(f))之光學顯微鏡影像；

圖3描繪不同通量方案之範圍；

圖4描繪無處理((a))之後及由不同通量方案中之照射處理((b)至(c))之後之矽之SEM影像；

圖5描繪非晶矽、奈米晶矽(nc-Si)及微晶矽(c-Si)之拉曼(Raman)光譜；

圖6描繪四個通量方案之各者中之處理之後之矽材料之AFM影像；及

圖7描繪繪示包括Al作為一目標材料及Mo作為一額外層之一多層結構之處理的影像。

【實施方式】

【0027】 本發明之實施例係關於處理一目標材料以引起該目標材料之一所要熱致變化。該熱致變化通常涉及該目標材料之晶體生長。該晶體生長可導致將一非晶材料轉換為一多晶材料。替代地，該晶體生長可導致在處理之前已為多晶之一目標材料之微晶的平均大小增大。

【0028】 在一實施例中，該晶體生長便於藉由減少自該目標材料之不規則性散射(諸如晶界或自理想晶格週期性之其他偏差)來減小該目標材料之電阻率，或提高該目標材料之電荷載子之移動率。

【0029】 該熱致變化可包括以下一或多者之任何組合：該目標材料之晶體生長、該目標材料之提高的載子移動率、該目標材料之增加的化學穩定性，及該目標材料之電性質之增加的均勻性。

【0030】 如圖1中所示意性描繪，方法包括使用一輻射束5來照射一

多層結構10。多層結構10包括至少一目標層2及一額外層1。額外層1係金屬製的。目標層2包括目標材料，基本上由目標材料組成，或由目標材料組成。額外層1不包括目標材料。在多層結構10之照射期間，透過額外層1來照射目標層2。因此，輻射束5部分穿過額外層1而到達目標層2。來自輻射束5之能量係貯存(deposited)於額外層1及目標層2中。

【0031】 在所展示之實施例中，多層結構10包括含一基板3上之目標層2及額外層1之一堆疊。在一實施例中，基板3係(例如)由一塑膠或一玻璃或一陶瓷形成之一撓性基板。基板3可(例如)經組態以與一卷對卷或片對片製程相容。可視需要進一步提供一或多個層，其包含額外層1之頂部上、額外層1與目標層2之間及/或目標層2與基板3之間的一或多個層。

【0032】 輻射束5及多層結構10經組態(例如藉由針對輻射束來適當選擇通量及/或脈衝長度，及/或藉由針對多層結構10來適當選擇材料及層厚度)使得能量自輻射束5轉移至目標層2及額外層1，便於引起目標材料之所要熱致變化(例如晶體生長)。

【0033】 發明者已發現，在特定通量範圍內，額外層1培養目標層2且延長目標材料之溫度足夠高以促進熱致變化(諸如晶體生長)(經由加熱晶格中之原子之固態擴散)之一時期，同時允許能量轉移之峰值速率保持足夠低以避免目標材料在照射期間的任何熔化。通常期望避免熔化，因為此會對目標層2 (其旨在促進結晶)中所產生之結晶材料的品質產生負面影響。例如，當發生熔化時，會產生具有微晶大小之一次佳分佈之一多晶結構，其包含(例如)可引起結構及/或電子性質之不均勻性的過大微晶。然而，在其他實施例中，所要熱致變化可獲益於進入至熔融相中，在該情況中，輻射束之一通量可經選擇，使得在由輻射束照射的至少一部分期間，

目標層的至少一部分進入熔融狀態。

【0034】 在不受理論約束之情況下，可認為輻射束由額外層1之材料中之電子部分吸收。此吸收在額外層1中產生彈道電子。受激電子保持彈道，直至其經受散射。電子可與其他電子或晶格離子一起彈性或非彈性散射。在本發明之實施例中，額外層1之厚度經選擇以使彈道電子能夠傳播至額外層1與目標層2之間之界面。在一實施例中，額外層1具有小於200 nm、視情況小於150 nm、視情況小於100 nm之一厚度，視情況為20 nm至70 nm範圍內之一厚度。

【0035】 在其中受激電子在額外層1中經受彈性散射之情況中，其方向被改變但其攜載之能量保持相同。在其中受激電子與額外層1中之其他電子一起經受非彈性散射之情況中，彈道電子將能量轉移至其他電子以在額外層1中產生以一電子溫度為特徵之一熱電子氣。

【0036】 所得熱電子氣在其耦合至額外層1之晶格之前在整個額外層1中擴散。額外層1之材料及雷射參數經選擇以確保此時框相對較長(例如3微微秒至50微微秒)。一旦電子耦合至晶格，則額外層1之晶格加熱且產生一升高晶格溫度。

【0037】 額外層1中之加熱電子與目標材料交換能量。電子能量可被視為部分反射及透射穿過額外層1與目標層2之間之界面之一波。額外層1中之受激或加熱電子在兩個材料之間之界面處依諸多方式與目標材料交換能量。雷射激發之彈道電子可穿透至目標材料中且透過電子-電子散射、衝擊離子化及電子晶格耦合來與目標材料之電子及晶格子系統交換能量。取決於界面處之電子能帶結構，額外層1中之熱電子可藉由界面處之電子-電子散射及電子-聲子耦合來與目標材料之電子及晶格子系統交互作

用。最後，加熱額外層1之晶格亦可透過界面處之聲子-聲子耦合來將能量耦合至目標材料之晶格。

【0038】 輻射束亦部分透射穿過額外層1而至目標層2。因此，輻射束亦直接加熱目標材料中之電子。因此，經加熱或在層之間交換之電子將能量轉移至目標材料之晶格。

【0039】 發生於界面處或目標材料中之自電子至晶格之此能量轉移理論上在其發生於額外層1中之前發生於目標材料中。因此，來自雷射輻射之能量自額外層1之電子至目標材料之晶格之轉移比來自雷射輻射之能量自額外層1至額外層1之晶格之轉移快。當熱最終到達額外層1之晶格時，期望額外層1自發脫離多層結構10之剩餘部分。

【0040】 當額外層1存在於多層結構10上時，額外層1暫時培養目標材料之加熱晶格。歸因於額外層1之脫離(其發生於雷射脈衝入射於多層結構上之後的1微妙至1毫秒內)而即時限制任何培養。

【0041】 在非常低通量(本文中指稱通量方案I)處，額外層1最終經足夠加熱以使其脫離多層結構10，但加熱不足以同時引起目標材料之晶體之顯著生長，即使具有上文所提及之培養效應。

【0042】 在較高通量(本文中指稱通量方案II)處，由目標材料直接吸收輻射束及由額外層1培養之組合在適合於在不融化目標材料之情況下發生所要熱致變化(例如晶體生長)之目標材料之晶格中提供隨時間之一溫度分佈。在此階段(其中額外層1之晶格仍相對較冷)中，目標材料之賦能晶格不足以中斷額外層1，因此，額外層1保持與多層結構10接觸且繼續培養。藉由選擇目標材料及額外層1之材料使得來自雷射輻射之能量自額外層1之電子至目標材料之晶格之轉移比來自雷射輻射之能量自額外層1之

電子至額外層1之晶格之轉移快來促進此效應。此係(例如)目標材料包括非晶矽且額外層1之材料包括諸如Mo之一金屬時之情況。

【0043】 在較高通量(本文中指稱通量方案III)處，電子能量耦合至額外層1之晶格發生於一較短時標內，其導致額外層1之晶格之加熱比較低通量處所觀察到之加熱快。此影響電子能量自額外層1至目標層2之轉移且藉此限制形成一所要熱致變化(例如一晶相)，例如其中一高斯(Gaussian)光束用於輻射之情況中之一輻射束之一外環之熱致變化。額外層1與多層結構10非常快分離以減少上文所討論之電子擴散及培養效應。

【0044】 在仍較高通量(本文中指稱通量方案IV)處，光機械地中斷額外層1 (如同方案III)但所施加之通量亦熔化目標材料，其會導致目標材料之次最佳結晶，如上文所討論。

【0045】 圖2中所描繪之實驗結果中例示晶體生長機制與通量之相依性。

【0046】 圖2(a)描繪包括閘極區域之一TFT圖案之一光學顯微鏡影像。圖2(b)描繪在閘極區域上方施加包括非晶矽之一目標層之後之對應於閘極區域之一者之一區域之一放大顯微鏡影像。圖2(c)至(f)描繪在目標層上施加作為一塗層之一額外層(其包括Mo)且隨後由不同通量處之一高斯輻射束點處理所得多層結構之後之圖2(b)之區域。

【0047】 在此實例中，藉由磁控濺鍍來沈積由一40 nm厚之Mo層組成之額外層。使用依1030 nm之一波長傳遞500毫微微秒(fs)脈衝之一毫微微秒脈衝雷射來產生高斯輻射束點。使用一掃描系統之100 mm焦距透鏡(NA=0.014)來將雷射聚焦於樣品上。掃描系統透過反射器及反射鏡之一組合耦合至一加工台(用於準確樣品定位)。藉由調整操縱反射鏡之速度來

使用一基於電流計之光束掃描系統掃描雷射束點。雷射依最大功率操作且使用半波片及偏光板之一組合來衰減以保持最佳光束形狀且獲得較高脈衝至脈衝穩定性。

【0048】 圖2(c)描繪 45 mJcm^{-2} 之一通量(與高斯束點相關聯之峰值通量)處之照射之結果。通量足夠高以引起束點之一中央區域中之額外層(Mo)脫離。額外層保持於其他位置中。通量不夠高以無法在任何位置引起非晶矽轉換為多晶矽。因此，圖2(c)描繪其中額外層脫離之區域中之通量方案I。

【0049】 圖2(d)描繪 82 mJcm^{-2} 之一通量(與高斯束點相關聯之峰值通量)處之照射的結果。在此情況中，通量引起一較大區域上方之額外層(Mo)脫離。另外，在一中央區域(其中通量在束點內最大)中，促進非晶矽之晶體生長，以導致形成多晶矽之一奈米晶形式(奈米晶矽)。在中央區域外之區域中，通量太低以致於無法形成奈米晶矽，而是觀察到非晶矽。其中觀察到奈米晶矽的區域對應於其中通量係在通量方案II中且藉由額外層1之培養有效所引起目標材料之晶體生長之一區域。

【0050】 圖2(e)描繪 145 mJcm^{-2} 之一通量(與高斯束點相關聯之峰值通量)處之照射的結果。在此情況中，中央區域中之通量(對應於通量方案III)係足夠高以改變電子能量耦合至額外層中之晶格的速率；提高能量耦合之速率意謂依類似於目標層之一速率來加熱額外層。此加熱使額外層變形，且修改其在光束中央部分中的光學及電子性質。然而，奈米晶矽係形成於圍繞中央區域之一環形區域中，該環形區域對應於其中通量係在通量方案II中之一區域。在奈米晶矽之環形區域外，通量下降至低於形成奈米晶矽所需之位準(對應於通量方案I)，且再次在一外環中觀察到非晶矽。

【0051】圖2(f)描繪 320 mJcm^{-2} 之一通量(與高斯束點相關聯之峰值通量)處之照射的結果。在此情況中，通量較高使得其引起一中央區域(其中通量係在通量方案IV)中之非晶矽熔化，以導致形成一微晶矽相(c-Si)。

【0052】圖3描繪對應於其中目標層2包括非晶矽且額外層1包括Mo之實例性實施方案之四個通量方案的通量範圍。

【0053】圖4描繪以下各者之SEM影像：(a)一類閘極區域中之未曝光非晶矽、(b)藉由透過包括Mo之一額外層1施加一相對較低能量脈衝(在通量方案II中)所產生之奈米晶矽，及(c)藉由通過施加一較高能量脈衝(在通量方案IV中)熔化及重新固化矽所產生之微晶矽。

【0054】圖5描繪一非晶矽層、一奈米晶矽區域及一微晶矽區域之拉曼光譜。分別使用位於通量方案II及IV中之一單一脈衝來產生奈米晶矽及微晶矽區域。

【0055】圖6描繪四個通量方案之各者中之處理之後之矽材料的AFM影像。通量方案II提供微晶之一所要細粒均勻分佈。通量方案IV提供大微晶但較小均勻性。

【0056】上文所討論之圖2至圖6繪示使用非晶矽作為目標材料及Mo作為額外層所獲得的實驗結果。方法可應用於材料之其他組合。其他材料可包括以下之一或多者：一透明導電材料、一介電材料、一金屬、一金屬氧化物、IGZO。

【0057】圖7描繪將處理應用於包括Al作為目標材料及Mo作為額外層之一多層結構的結果。圖7(a)描繪不明顯損壞下伏Al膜之情況下之Mo的選擇性移除。圖7(b)至(d)係展示分別為 0.4 Jcm^{-2} 、 0.8 Jcm^{-2} 及 1.4 Jcm^{-2} 之遞增通量處之下伏Al之晶體生長的AFM影像。圖7(b)至(c)描繪在不發

生Al之任何熔化的情況下於通量方案II下產生的細粒晶體生長。圖7(d)描繪源自高通量(通量方案IV)處之Al之熔化的大晶粒。

【0058】 在本發明之實施例中，照射多層結構10引起額外層1之至少一照射部分在發生目標層2之熱致變化(例如晶體生長)之後脫離目標層2。脫離可發生之原因係額外層1未在一開始就完全黏合至目標層2 (例如因為額外層1及目標層2具有不同晶體結構且無法混合)。替代地或另外，當輻射束加熱額外層1中之電子且此繼而加熱額外層之晶格時，額外層1之晶格會想要膨脹但受限於目標層2 (即，存在差動熱膨脹)。壓縮應力累積且額外層2之材料破裂。方便脫離之原因係其避免需要單獨處理來移除額外層1。可藉由適當選擇額外層1之材料來促進脫離。藉由選擇額外層1之材料使得其具有明顯不同於目標材料及/或多層結構10中目標材料下方之任何層之熱性質之熱性質(例如明顯不同之電子-聲子耦合(例如其中額外層具有一較長電子-聲子耦合時間)、熔化溫度、膨脹係數及/或發射率)來促進脫離。替代地或另外，可藉由選擇額外層1之材料使得其具有明顯不同於目標材料之機械性質(例如明顯不同之熱膨脹係數、晶格常數)來促成脫離。替代地或另外，額外層1具有在室溫及常壓處形成具有不同於目標材料之對稱性及/或明顯不同於目標材料之晶格參數之一結晶結構之一材料。例如，在其中目標材料包括矽(其形成一類鑽石結構(其包括互穿fcc結構))之情況中，額外層1可由採用室溫及常壓處之一bcc結構之一材料(諸如Mo)形成。替代地或另外，依使得額外層1僅鬆弛黏合至多層結構10 (例如使用蒸鍍或濺鍍)之一方式施加額外層1。替代地或另外，額外層1之材料可經選擇使得其不與目標層2中之目標材料或多層結構10中目標層2下方之任何其他層混合。

【0059】 儘管由於所涉及之程序之時標而移除額外層1，但額外層1仍促成目標材料之熱致變化(例如晶體生長)。在額外層1脫離之前執行培養。

【0060】 輻射束可為一脈衝雷射束。在一實施例中，輻射束之一單一脈衝能夠引起目標材料之晶體生長。然而，可視需要將一個以上輻射脈衝施加於目標材料之一給定區域。多個脈衝可允許進一步控制結晶程序。在一特定實施例中，將複數個脈衝施加於其中促進晶體生長之目標材料之各區域，其中在各該區域中，一第一脈衝引起晶體生長且一後續脈衝引起進一步晶體生長。在另一實施例中，可在自額外層轉移至由(例如)一半導體或介電質組成之一目標材料時使用一第二定時雷射脈衝來進一步賦能給一目標中之一受激電子。

【0061】 在一實施例中，雷射脈衝持續時間小於1 ns，視情況小於100 ps，視情況小於50 ps，視情況小於10 ps，視情況小於1 ps，視情況小於100 fs，視情況小於50 fs。例如，通常可使用數十微微秒或數十毫微微秒之脈衝持續時間。

【0062】 在一實施例中，輻射束包括IR、可見光或UV光譜中之雷射輻射。

【0063】 在由方法處理之後存在於目標材料中之晶粒大小之分佈取決於用於照射多層結構之輻射束之性質(特定言之，所施加之各脈衝之通量及持續時間及脈衝之數目)。如上文所提及，期望得到相對較小晶粒來達成均勻機械及/或電性質。在實施例中，晶粒大小分佈經控制使得一平均晶粒大小(其界定為晶粒體積之立方根)小於100 nm，視情況小於50 nm，視情況小於20 nm。

【0064】 在一實施例中，額外層1包括鉬或鎢。在一特定實施例中，目標材料包括非晶矽，額外層包括鉬或鎢且由輻射束之一單一脈衝提供之通量係在 50 mJcm^{-2} 至 125 mJcm^{-2} (對應於通量方案II)、視情況 70 mJcm^{-2} 至 110 mJcm^{-2} 之範圍內。在此實施例中，目標材料中被賦能之電子在由透射穿過額外層之輻射加熱時於比發生於額外層中之電子之時框短之一時框內耦合至晶格。在其他材料中，此透射輻射可藉由多光子或雪崩吸收來吸收以導致諸如金屬氧化物之陶瓷材料快速加熱。

【符號說明】

【0065】

- 1 額外層
- 2 目標層
- 3 基板
- 5 輻射束
- 10 多層結構

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種處理一目標材料之方法，其包括：

使用一輻射束來照射一多層結構，該多層結構包括含該目標材料之至少一目標層，及不含該目標材料之一額外層，其中：

該額外層係金屬製的；

在該多層結構之該照射期間，透過該額外層來照射該目標層；

在該多層結構之該照射期間，該輻射束部分穿過該額外層而到達該目標層使得該輻射束藉由在該目標層及該額外層兩者中貯存(depositing)能量而轉移能量至該目標層及該額外層；且

能量自該輻射束轉移至該目標層及該額外層便於引起該目標層之一熱致變化，該熱致變化包括該目標材料之晶體生長。

【第2項】

如請求項1之方法，其中該輻射束之一通量經選擇使得在該目標層之任何部分於由該輻射束照射期間不進入一熔融相的情況下達成該熱致變化。

【第3項】

如請求項1之方法，其中該輻射束之一通量經選擇使得該目標層的至少一部分在藉由該輻射束之該照射的至少一部分期間進入一熔融狀態。

【第4項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該額外層具有小於200 nm之一厚度。

【第5項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該多層結構之該照射引起該額外層的至少一照射部分在發生該目標層之該熱致變化之後脫離該目標層。

【第6項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該輻射束係一脈衝雷射束。

【第7項】

如請求項6之方法，其中該輻射束之一單一脈衝引起該目標材料之晶體生長。

【第8項】

如請求項6之方法，其中該脈衝雷射束之一脈衝持續時間小於1 ns。

【第9項】

如請求項6之方法，其中該脈衝雷射束包括IR或可見光輻射。

【第10項】

如請求項6之方法，其中將複數個脈衝施加於其中促進晶體生長之該目標材料的各區域，其中在各該區域中，該複數個脈衝之一第一脈衝引起晶體生長，且該複數個脈衝之一後續脈衝引起進一步晶體生長。

【第11項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括非晶矽。

【第12項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括一透明導電材料。

【第13項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括氧化銻鎵鋅。

【第14項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括一介電材料。

【第15項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括一金屬或金屬氧化物。

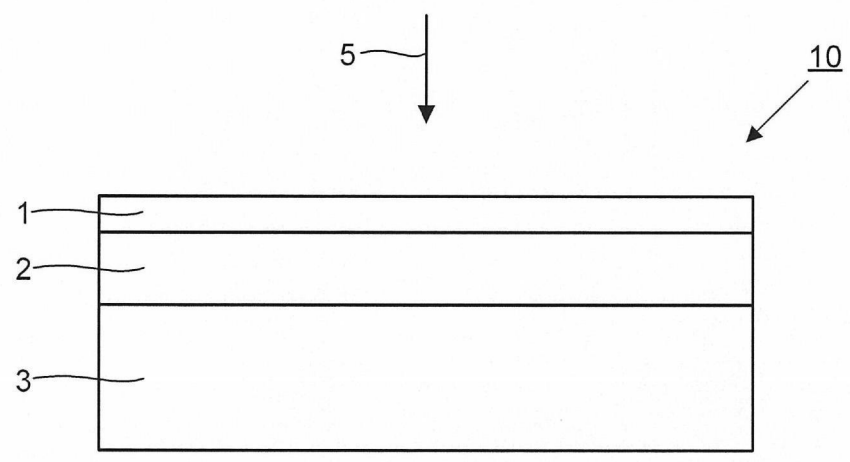
【第16項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該額外層包括鉬或鎢。

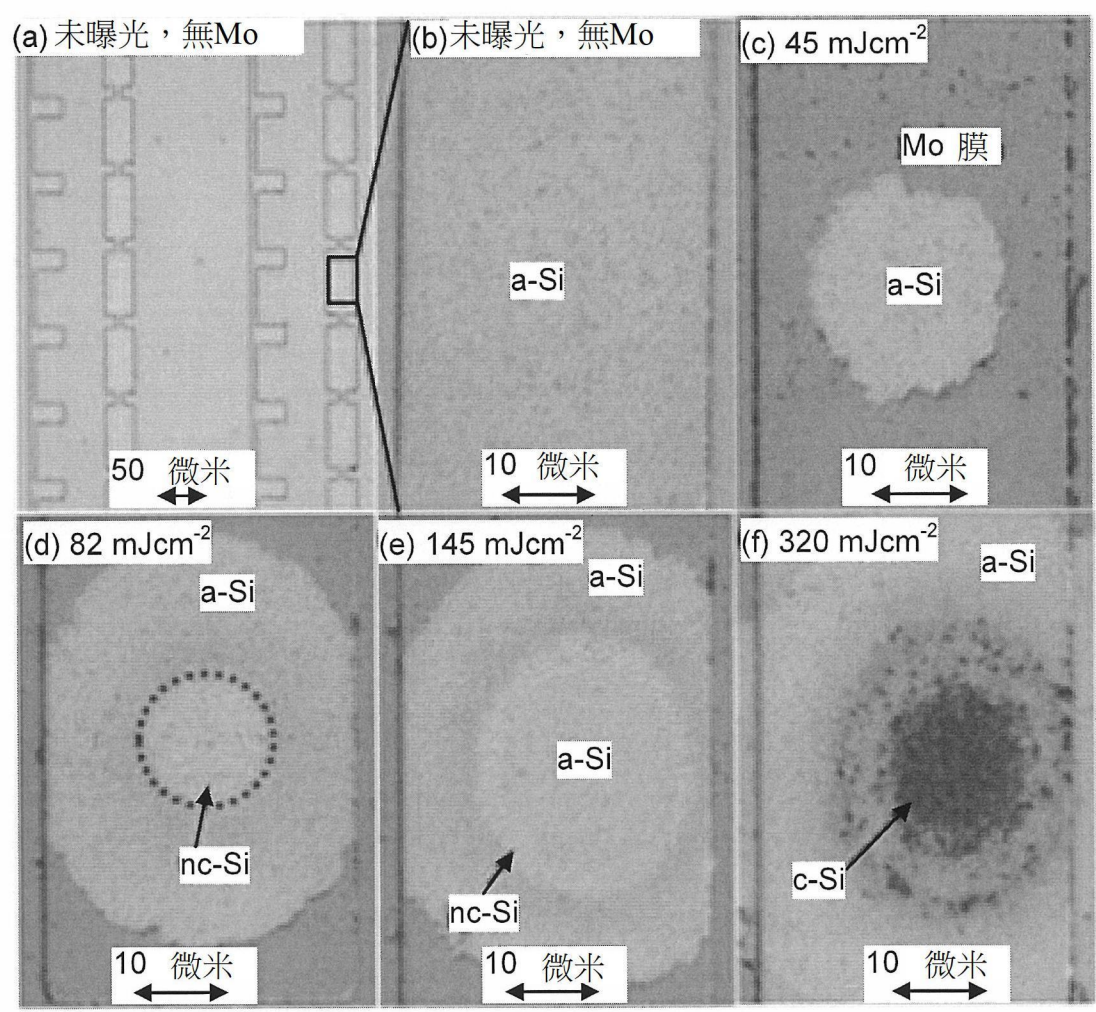
【第17項】

如請求項1至3中任一項之方法，其中該目標材料包括非晶矽，該額外層包括鉬或鎢，且由該輻射束之一單一脈衝提供之通量係在 50 mJcm^{-2} 至 125 mJcm^{-2} 之範圍內。

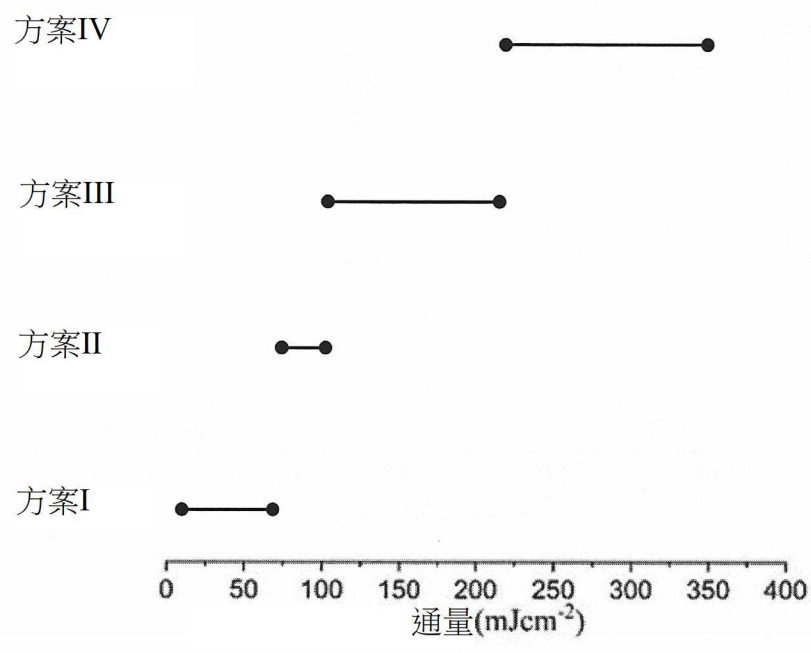
【發明圖式】



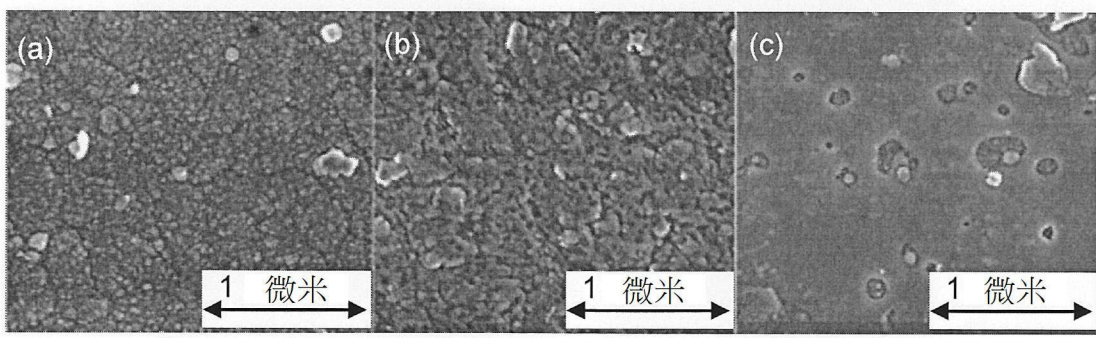
【圖1】



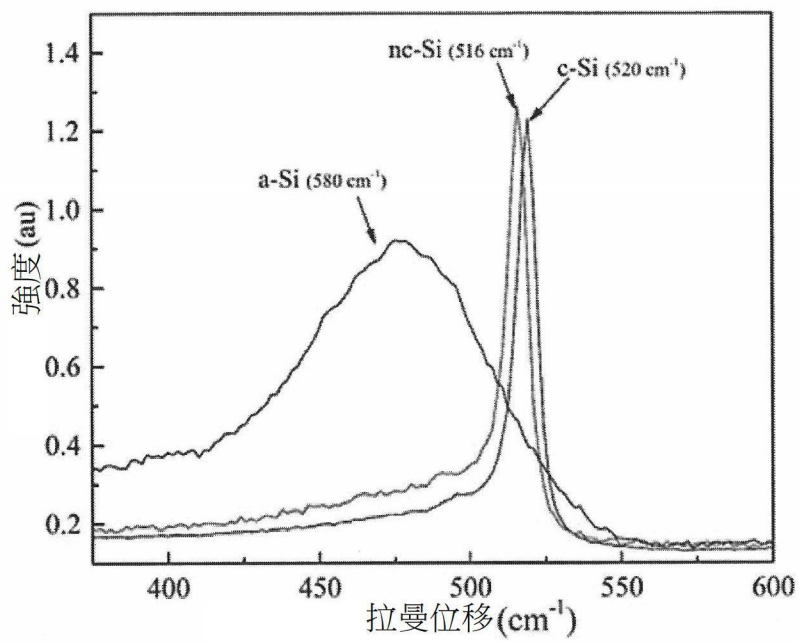
【圖2】



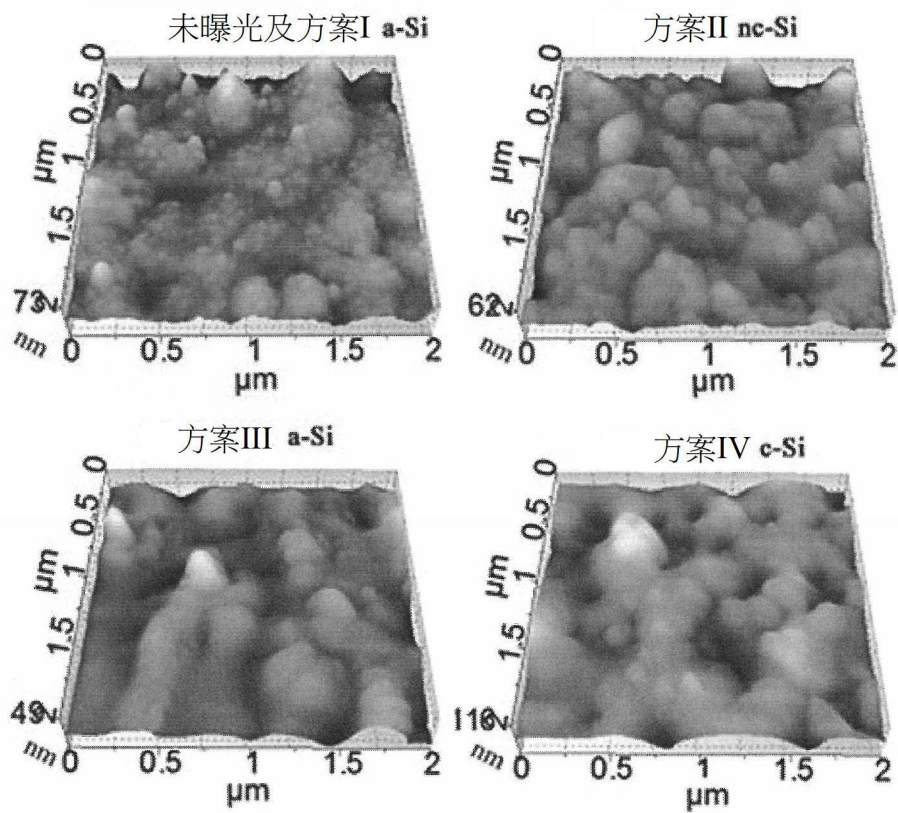
【圖3】



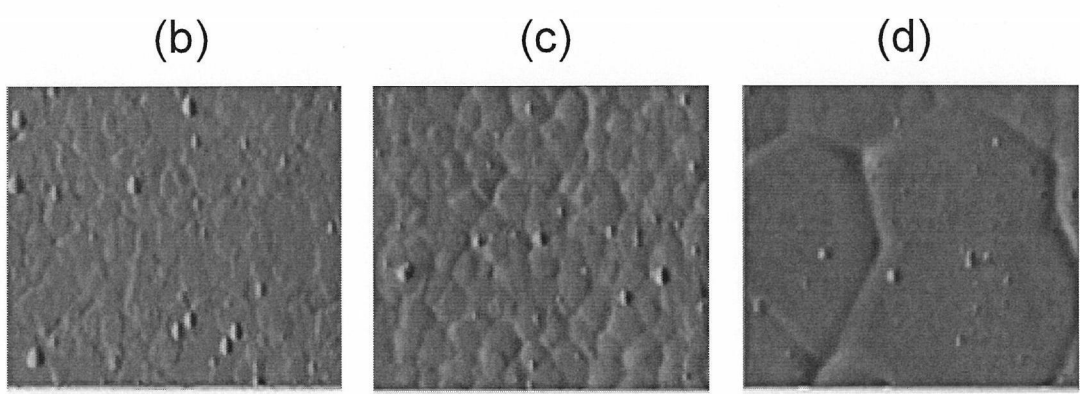
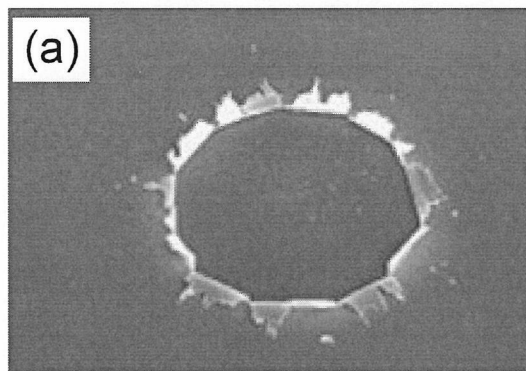
【圖4】



【圖5】



【圖6】



【圖7】