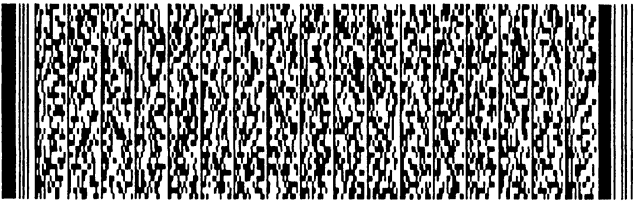


申請日期：91-9-3	案號：91120025
類別：C30B23/00, 27/00, B29D22/00, 23/00	

(以上各欄由本局填註)

公告本		發明專利說明書	593797
一、發明名稱	中文	獨立式(Al, Ga, In)N及形成其之分離方法	
	英文	Free-standing (Al, Ga, In)N and parting method for forming same	
二、發明人	姓名(中文)	1. 羅伯特·P·瓦多 2. 喬治·R·布蘭德斯 3. 麥克·A·蒂斯勒 4. 麥克·K·凱利	
	姓名(英文)	1. Robert P. Vaudo 2. George R. Brandes 3. Michael A. Tischler 4. Michael K. Kelly	
	國籍	1. 美國 2. 美國 3. 美國 4. 美國	
	住、居所	1. 美國康乃狄格州新米爾福市愉悅景路19號 2. 美國康乃狄格州索思伯利市沙恩道77號 3. 美國亞利桑那州鳳凰城市西薩爾茲奇道1401號 4. 德國雷昂伯市米爾街11號	
三、申請人	姓名(名稱)(中文)	1. 尖端科技材料公司	
	姓名(名稱)(英文)	1. Advanced Technology Materials, Inc.	
	國籍	1. 美國	
	住、居所(事務所)	1. 美國康乃狄格州丹伯里市康摩斯路7號	
	代表人姓名(中文)	1. 奧利佛·A·M·齊茨曼	
	代表人姓名(英文)	1. Oliver A. M. Zitzmann	
			

本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

2001/09/05 09/947,253

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

相關申請案之交互參照

本案係2001年8月14日提出申請之美國專利申請案第09/929,789號的部分延續，該案依序係1997年10月21日提出申請之美國專利申請案第08/955,168號的延續，該案依序又係1994年1月27日提出申請之美國專利申請案第08/188,469號，現獲准為美國專利第5,679,152號的部分延續。本案亦係2001年8月21日提出申請之美國專利申請案第09/933,943號的部分延續，該案依序係1997年10月21日提出申請之美國專利申請案第08/955,168號的延續，該案依序又係1994年1月27日提出申請之美國專利申請案第08/188,469號，現獲准為美國專利第5,679,152號的部分延續。

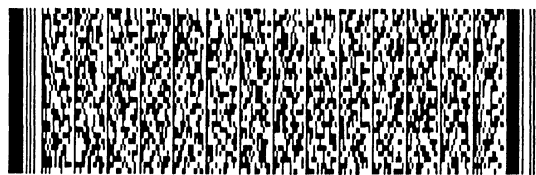
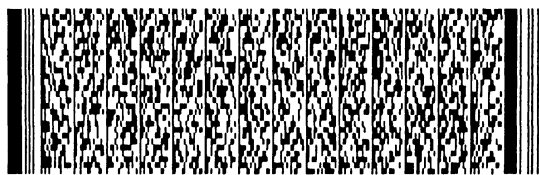
政府於本發明之權利

與本發明相關之研究工作係執行政府合約第DAAL01-98-C-0071、N00014-00-3-0013、及DASG60-00-C-0036號而進行。政府於本發明擁有特定權利。

發明之背景

發明之領域

本發明大致係關於形成獨立式物件之方法，及由該方法所形成的獨立式物件。尤其，本發明係關於獨立式(Al, Ga, In)N物件，及經由自其上成長(Al, Ga, In)N之基礎材料或層界面分離(Al, Ga, In)N，以產生作為適用於製造微電子或光電裝置之獨立式本體之經分離(Al, Ga, In)N材料，



五、發明說明 (2)

而形成該物件之方法。

相關技藝之說明

美國專利5,679,152說明於磊晶相容犧牲模板上製造獨立式(Al,Ga,In)N單晶物件，其中將一層單晶(Al,Ga,In)N沈積於模板上，及在成長溫度或接近成長溫度下將犧牲模板移除，而留下獨立式(Al,Ga,In)N。

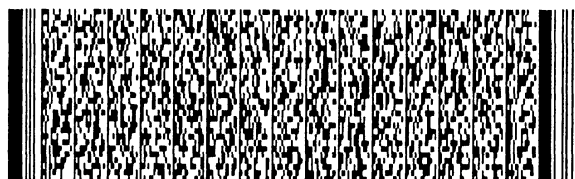
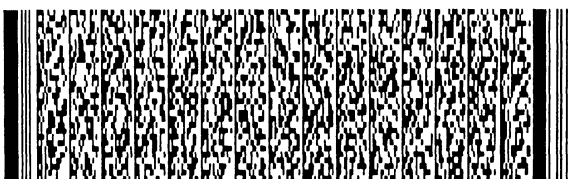
此方法由於當將異質磊晶(heteroepitaxial)基材材料使用作為模板時，由於模板係於原位移除，而不存在與基材相關之熱膨脹係數(TCE)的差，因而其產生低瑕疵密度(例如， $< 10^7$ 瑕疵/平方公分)的材料。結果可避免一般會伴隨異質磊晶材料之冷卻而來，且會造成龜裂及形態瑕疵之因TCE之不相符所致的內部應力。

本發明係關於獨立式(Al,Ga,In)N物件，及關於經由使(Al,Ga,In)N材料成長於犧牲模板上，及將(Al,Ga,In)N材料自模板界面分離，以產生裝置品質之單晶(Al,Ga,In)N獨立式物件，而形成該物件。

發明之概述

本發明之一廣義態樣係關於一種形成獨立式物件之方法，其包括將獨立式物件之構造材料沈積於基材上，以形成包括在基材與材料之間之界面的材料/基材複合物件，及將複合材料/基材物件界面改質，以使基材自材料分離，及產生獨立式物件。

在本發明之一較佳具體例中，界面之改質係在高溫，例如，在將獨立式物件之構造材料形成於基材上之溫度之



五、發明說明 (3)

500 °C 內的高溫下，及在材料／基材複合物件自高溫冷卻至較低溫度，例如，在環境溫度之前進行。在此具體例中，構造材料形成於基材上之溫度可為，例如，600 °C 或以上。

複合材料／基材物件之界面係在基材材料與獨立式物件之構造材料之間的三維區域。界面深度係界面改質程序的函數，且界面之面積係由複合材料／基材物件之面積所決定。典型上，界面深度為 10^{-4} 微米至 10^2 微米深。

本發明之一態樣係關於一種利用包括下列之步驟形成獨立式(Al, Ga, In)N 物件之方法：

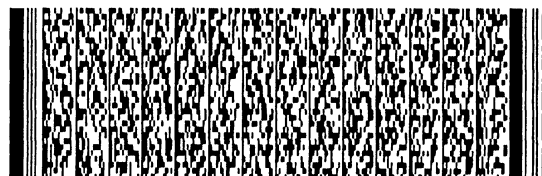
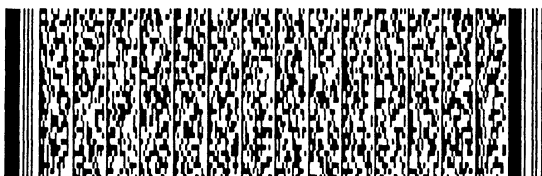
提供一磊晶相容的犧牲模板；

將單晶(Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N 材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件；及

將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N 物件。

如更完整揭示於後文，將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N 物件可以各種方式進行，例如，經由在(Al, Ga, In)N 材料自(Al, Ga, In)N 沈積於模板上之高溫冷卻至環境溫度之前，賦予界面能量，以使界面材料分解，及引發模板自(Al, Ga, In)N 之物理分離。

或者，可經由加熱及／或冷卻界面，經由雷射光束衝擊



五、發明說明 (4)

於界面上，經由使用可促進分離之中間層，經由其他界面材料之分解，經由於界面產生氣體，經由界面的聲音暴露，經由界面之電子束輻照，經由界面之rf偶合，經由蝕刻，經由界面材料的選擇性弱化，經由界面材料之選擇性脆化，經由在界面區域之橫向破裂，或經由其他的光子、聲波、物理、化學、熱或能量程序進行界面之改質，而達成(Al,Ga,In)N物件自模板之分離。

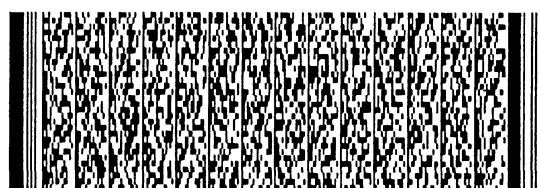
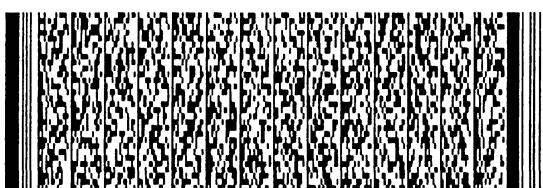
如更完整說明於後，此方法可相對於(Al,Ga,In)N沈積於模板上之環境而於原位或不於原位進行。

在一較佳具體例中，界面改質包括使雷射能量透過複合物件之犧牲模板或(Al,Ga,In)N材料而衝擊於界面上。

可在高溫，例如，(Al,Ga,In)N材料於模板上之成長溫度下，或於複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件冷卻至環境溫度後，或在低於(Al,Ga,In)N材料於模板上之成長溫度的一些其他溫度下進行界面改質，以達成犧牲模板自(Al,Ga,In)N材料之分離。以此方式，本發明之方法可於原位進行，即使複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件維持在與進行(Al,Ga,In)N材料之沈積相同的環境中，或者，本發明之方法可以不於原位的方式進行，其中將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件自成長環境移開，及在另一環境中進行界面改質，以使犧牲模板及(Al,Ga,In)N分離。

在另一態樣中，本發明係關於一種利用本發明之方法製得的獨立式物件。

在又另一態樣中，本發明係關於一種複合犧牲模板／



五、發明說明 (5)

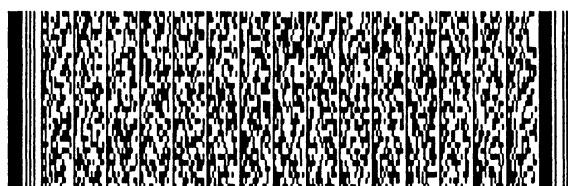
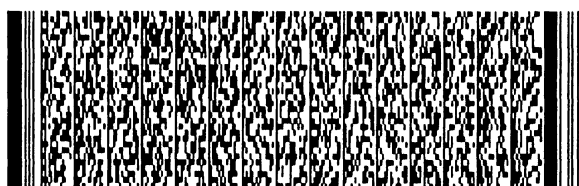
(Al, Ga, In)N 物件，其包括在犧牲模板與 (Al, Ga, In)N 之間之界面，其中此物件係在 (Al, Ga, In)N 之成長溫度之 300°C 內的溫度下，且此界面包含吸收的雷射能量。

此處所使用之術語「環境溫度」係指低於 40°C 之溫度，例如，室溫 ($\sim 25^{\circ}\text{C}$)。

此處所使用之術語「界面材料」係指下列任何材料：在界面或其附近的犧牲模板材料；在界面或其附近之未經摻雜或經摻雜的 (Al, Ga, In)N 材料；或在界面或在犧牲模板與 (Al, Ga, In)N 材料之間的一或多種中間層材料。

此處所使用之術語「(Al, Ga, In)N」係應廣義地解釋為包括單一物種 - Al、Ga、及 In - 之各別的氮化物，以及此種第 III 族金屬物種之二元、三元及四元組成物。因此，術語 (Al, Ga, In)N 包含化合物 AlN、GaN、及 InN，以及三元化合物 AlGaInN、GaInN、及 AlInN，及四元化合物 AlGaInN 作為包含於此專有名詞內之物種。當存在兩種以上的 (Ga, Al, In) 成份物種時，在本發明之廣義範圍內可使用所有可能的組成物，包括化學計量比例以及「偏離化學計量」比例（相對於存在於組成物中之各 (Ga, Al, In) 成份種類的相對存在莫耳分率）。因此，當明瞭以下主要參照 GaN 材料之本發明的論述係可應用至各種其他 (Al, Ga, In)N 材料物種之形成。此外，在本發明之範圍內的 (Al, Ga, In)N 材料可更包括少量的摻雜劑及／或其他不純物或內含材料。

本發明之各種其他態樣、特徵及具體例將可由隨後之揭



五、發明說明 (6)

示內容及隨附之申請專利範圍而更加明白。

發明、及其較佳具體例之詳細說明

將以下之美國專利及美國專利申請案之揭示內容的各別全體併入本文為參考資料：

1994年1月27日以Michael A. Tischler等人之名義提出申請之美國專利申請案第08/188,469號，現獲准為美國專利5,679,152；

1997年10月21日以Michael A. Tischler等人之名義提出申請之美國專利申請案第08/955,168號；

1997年12月3日以Robert P. Vaudo等人之名義提出申請之美國專利申請案第08/984,473號，現獲准為美國專利6,156,581；

1998年10月26日以Robert P. Vaudo等人之名義提出申請之美國專利申請案第09/179,049號；

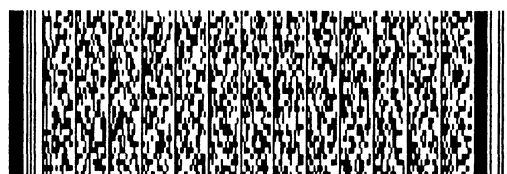
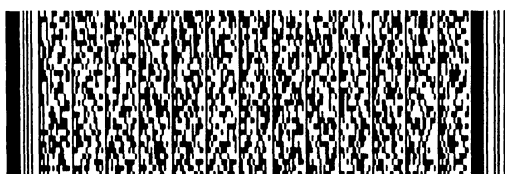
2000年3月13日以Robert P. Vaudo等人之名義提出申請之美國專利申請案第09/524,062號；

2000年6月28日以Jeffrey S. Flynn等人之名義提出申請之美國專利申請案第09/605,195號；

2001年8月14日以Michael A. Tischler等人之名義提出申請之美國專利申請案第09/929,789號；及

2001年8月21日以Michael A. Tischler等人之名義提出申請之美國專利申請案第09/933,943號；

本發明之一態樣係關於一種形成獨立式(Al, Ga, In)N材料之方法，其包括：提供一磊晶相容的犧牲模板；將單晶

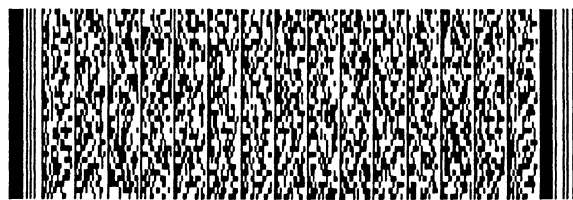
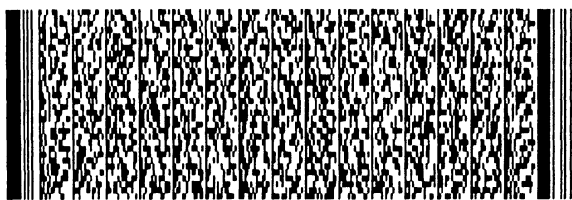


五、發明說明 (7)

(Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上；及經由將 (Al, Ga, In)N - 模板界面改質而使犧牲模板自 (Al, Ga, In)N 材料分離。

界面之改質可利用許多適當方式的任何方式進行，例如，經由在 (Al, Ga, In)N 材料冷卻至環境溫度之前加熱 (Al, Ga, In)N- 模板界面，經由雷射光束衝擊界面，經由使用可促進分離之中間層，經由分解界面材料，經由於界面產生氣體，經由界面的聲音暴露，經由界面之電子束輻照，經由界面之 rf 耦合，經由蝕刻，經由界面材料的選擇性弱化，經由界面材料之選擇性脆化，經由在界面區域之橫向破裂，或經由其他的光子、聲波、物理、化學、熱或能量程序。聲波程序可包括導引於界面之聲能，此界面材料，例如，經由特定聲能吸收型之中間層而易優先發生其之分離。化學程序可包括界面材料(諸如設置於界面之感光性材料)的光降解，其在光激發條件下釋放自由基而催化界面分解反應；或化學蝕刻，其中界面材料對引入於犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 複合物件之環境中的蝕刻劑特別敏感。熟悉技藝人士基於此處之揭示內容當可明白在犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 複合物件中使犧牲模板自 (Al, Ga, In)N 材料分離的各種方法。

在本發明之方法中，(Al, Ga, In)N 沈積可利用任何適當的程序進行，包括，但不限於，氫化物氣相磊晶術(HVPE)、金屬有機氣相磊晶術(MOVPE)、化學氣相沉積(CVD)、及分子束磊晶術(MBE)。美國專利5,679,152、美國專利6,156,581、美國專利申請案第09/179,049號及美國專利



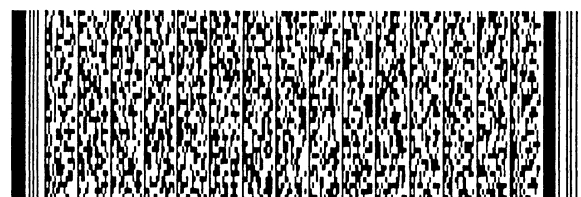
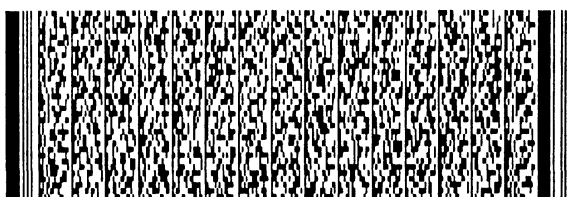
五、發明說明 (8)

申請案第09/524,062號說明具有足夠厚度，而於自模板分離之後可自支承(即獨立式)之(Al, Ga, In)N單晶材料的形成方法。

利用本發明之方法製得之獨立式(Al, Ga, In)N物件適合使用作為用於製造微電子及／或光電裝置之基材或其上之裝置前身結構。本發明之獨立式(Al, Ga, In)N物件具有三維(x, y, z)特徵，及在本發明之一具體例中，各次元x、y係至少100微米，及方向z係至少1微米。在本發明之另一較佳具體例中，單晶獨立式(Al, Ga, In)N物件係直徑d及厚度z之圓柱形或碟形形態，其中d係至少100微米及z係至少1微米。在一特佳具體例中，各次元d及z係至少200微米。在又另一具體例中，單晶獨立式(Al, Ga, In)N物件具有至少100微米之厚度次元z，及至少2.5公分之直徑次元。

如論述於此處之背景段落中，在冷卻至環境溫度之前將犧牲模板移除之一特殊優點為可減輕由TCE差所造成的瑕疵及龜裂。為使此效益最大化，最好在成長溫度之 $\pm 300^{\circ}\text{C}$ 內進行分離操作。然而，亦可將分離溫度控制於成長溫度、較成長溫度低之溫度或較成長溫度高之溫度下，以控制TCE差，及使材料中之熱應力減至最小(或進行控制)。於分離步驟中可適當地選擇性控制成長程序之其他條件(例如，壓力)，且其係熟悉技藝人士基於此處之揭示內容所可容易決定。

在分離程序中，將(Al, Ga, In)N - 模板界面局部加熱，以引發一材料之分解，而導致兩材料(模板材料及(Al, Ga,

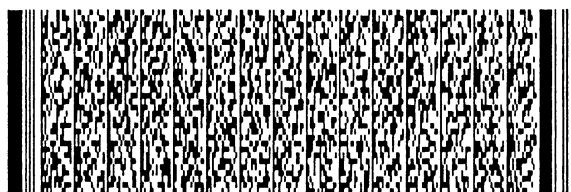
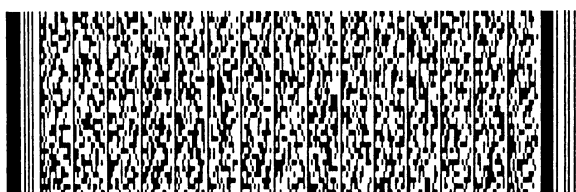


五、發明說明 (9)

In)N材料)之分離。

加熱(Al, Ga, In)N - 模板界面之一較佳方法係使用雷射輻射，如概略示於圖1。複合物結構10包括其上成長(Al, Ga, In)N材料16之犧牲模板12，模板材料及(Al, Ga, In)N材料於其間形成界面14。由例如，Nd:YAG雷射(未示於圖1)產生之相干光束20透射通過犧牲模板12(其對所選擇的雷射輻射為透明)，並於界面14之衝擊區域18衝擊於(Al, Ga, In)N材料(其對所選擇的雷射光(Nd:YAG(355奈米(nm)))之第三諧波以 $E_g < 3.49$ 電子伏特被吸收於AlGaInN材料中)為不透明)上。雷射能量於其之與犧牲模板之界面之吸收於不透明(Al, Ga, In)N材料中造成於界面處之材料的化學及／或物理變化。所產生之界面材料的劣化造成犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之分離。

在一說明具體例中，犧牲模板係由藍寶石形成，且高能量雷射光束在足夠的光束功率密度下被導引通過藍寶石並吸收於(Al, Ga, In)N材料中，而於(Al, Ga, In)N之薄界面層中引發熱分解，以致(Al, Ga, In)N自模板釋放為獨立式(Al, Ga, In)N晶體。在此具體例中，光源具有較(Al, Ga, In)N材料之能帶隙大的能量，以致其經有效率地吸收，但其低於藍寶石之能帶隙，以致光可透射通過藍寶石。舉例來說，Nd:YAG雷射(355奈米)之第三諧波適用於在1000℃下具有大於150毫焦耳／平方公分之分離臨限值的GaN-藍寶石系統。臨限雷射功率(其引發熱分解或其他物理及／或化學降解變化)係視許多因素而定，其包



五、發明說明 (10)

括，但不限於，光束大小及功率分佈、雷射能量之波長及吸收、進行分離之溫度、及經分解之材料的分解溫度。

可有效用於達成(Al, Ga, In)N與模板層之適當分離的主要雷射光束特徵為：

(i) 較(Al, Ga, In)N及犧牲模板材料之其中一者之能帶隙大，及較另一材料之能帶隙低的雷射光子能量；

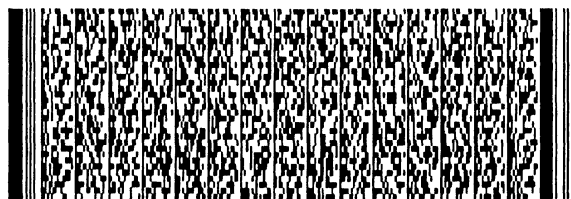
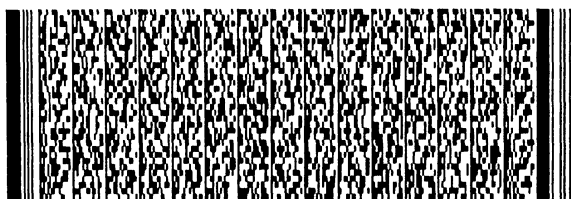
(ii) 夠高而可引發界面材料之化學及／或物理變化，而可至少使各別模板及(Al, Ga, In)N材料之界面黏著弱化的雷射功率密度；

(iii) 施加輻射之短脈衝以降低較深入至材料中(超越界面)之熱擴散，降低自吸收雷射能量發射之衝擊波，及大致降低產物(Al, Ga, In)N材料中之物理及／或化學變化之量，因而使對單晶(Al, Ga, In)N產物材料的損害減至最小；

(iv) 與施加輻射之脈衝結合，及視需要利用可有效分離晶體區域之脈衝速率使施加輻射光束於複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件上掃描；及

(v) 雖然大多數的光束分佈皆將有效(高斯(Gaussian)、高帽(Top Hat)等等)，但希望自高(光束中心)至低(光束邊緣)能量之均勻、圓柱形對稱及逐漸的過渡。

關於光束分佈，所使用之光束品質愈佳(較佳準直及較接近理想的高斯光束分佈)，則當通過光學元件或在到達樣品之前行進時，光束可維持適當形狀愈久。舉例來說，如需要或希望將雷射設置於距成長反應器之顯著距離處或



五、發明說明 (11)

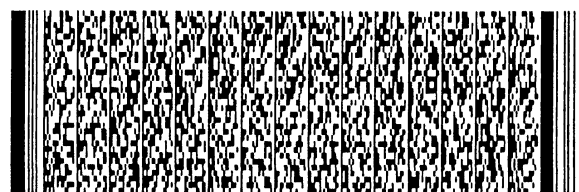
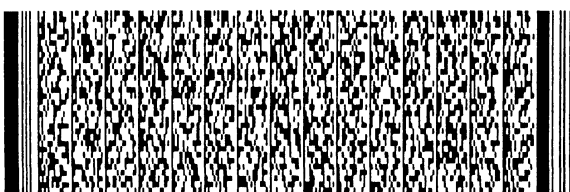
使用一雷射單元於容納多個(Al, Ga, In)N成長室(反應器)時，此因素重要。可使用設置於靠近複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件(晶圓)之光束均化器或擴散器於使光束分佈之邊緣較不明顯。可使用在模板之背側的經粗加工石英或消光於完成聚焦於複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件上之雷射照射能量之非必需的光束均化。

為分離較光束直徑大之區域，可使雷射光束掃描通過複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件，如圖2、3及4所示。

掃描最好係經由提供使釋放氣體(由於施加輻射之衝擊而由界面材料之分解所產生)自複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件逸出之路徑而完成。(Al, Ga, In)N在施加雷射能量下之熱分解將釋放出 N_2 為分解反應產物。然而，陷於界面之 N_2 將引發不均勻的應力，其會造成龜裂。因此，掃描最好係於晶圓之邊緣開始並向內進行，以致釋放的氮可容易地逸出。

圖2顯示複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件10，其中透射通過犧牲模板12之相干光束20於箭頭A所指示之方向中自物件10之頂端向下移動，以致受衝擊區域18經分解而形成通道。當光束20沿界面14向下移動時，經形成為分解產物之 N_2 經由受衝擊區域18之通道而自犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件10逸出。

圖3顯示當相干光束20完成其之橫越而於物件之底部邊緣處，完成界面14之分解，及自(Al, Ga, In)N層16釋放犧牲模板12，以致(Al, Ga, In)N層16形成如圖4所示之獨立式



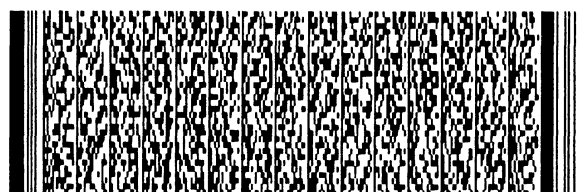
五、發明說明 (12)

(Al, Ga, In)N 晶圓產品物件時的犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件 10。

在達成犧牲模板與 (Al, Ga, In)N 材料之分離之衝擊過程中之雷射光束的掃描圖案包括使雷射光束以適合於分離操作的預定圖案移動。舉例來說，可方便地使雷射光束來回光柵掃描，及 / 或以周圍的圖案（對於大多數的晶圓其係圓形圖案）移動。光柵掃描係經由物理移動晶圓，經由使雷射光束偏向，或兩者之組合而完成。於犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 界面之脈衝雷射輻照中之在雷射脈衝之間的階梯大小可為在界面上之雷射光點大小的自約 1 至約 200%，但高於分離臨限值之雷射點大小的自約 10 至約 50% 更佳。

雖然經由在 (Al, Ga, In)N 材料於犧牲模板上之成長溫度附近進行雷射分離而使應變減至最小，但在本發明之廣義實行中亦可在低於成長溫度之較低溫度，例如在環境溫度下進行雷射分離操作。為在實質上低於成長溫度之溫度下照射犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 界面，以達成模板及 (Al, Ga, In)N 材料之分離，沿 (Al, Ga, In)N 晶面之雷射掃描可降低因殘留應變所致的龜裂。此種沿晶面之掃描在高溫下可能重要，但其在複合物處於應力下的情況中更為重要。

舉例來說，對成長於 c-平面藍寶石上之 c-平面 GaN，沿 GaN 之 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 平面的掃描可降低當於使犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件冷卻至環境室溫，並再加熱至成長溫度附近之溫度之後進行雷射分離時之龜裂的發生及程度。一般希望平行於 (Al, Ga, In)N 之 a-平面或沿低指數表面的掃描。



五、發明說明 (13)

雖然光束掃描有用，但如有具可覆蓋樣品面積之夠大光束尺寸及功率密度之雷射可茲利用，則可進行整個樣品的單一光束脈衝分離。

圖5係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件30之頂視平面圖。

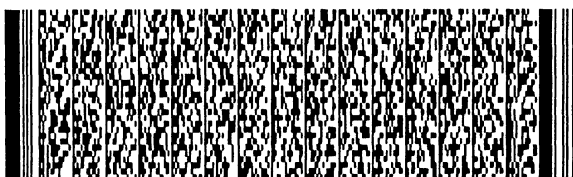
圖6係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件在光柵掃描雷射照射操作中之相關圖式，其中雷射光束往復橫越穿過物件，而達成犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之界面分離，及產生產物(Al, Ga, In)N晶圓物件。

圖7係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件在周圍雷射照射操作中之相關圖式，其中雷射光束係於物件30之周圍開始以圓形動作移動，並如圖所示連續以逐步較小直徑的圓弧繼續。

雷射分離程序需要雷射光到達(Al, Ga, In)N與模板材料之間的界面。為達成此程序，雷射輻射必需透射通過(Al, Ga, In)N及模板材料之其中一者，並被吸收於此等材料之另一者中。關於(Al, Ga, In)N的成長，雷射輻射之路徑係視犧牲模板的性質而定。

舉例來說，如模板係具有較(Al, Ga, In)N大之能帶隙的材料諸如藍寶石，則雷射光可透射通過藍寶石(稱為背側層或材料，由於此「側」在成長程序中係「背面」或背襯層)，及(Al, Ga, In)N材料可吸收雷射光束。

然而，當模板具有較(Al, Ga, In)N低之能帶隙時(例如，Si、GaAs、SiC、InP、較低能帶隙的(Al, Ga, In)N等等)，



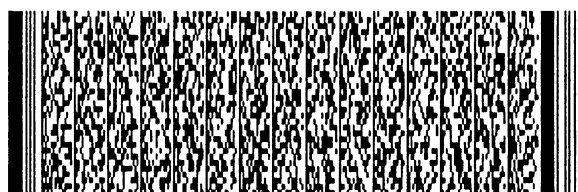
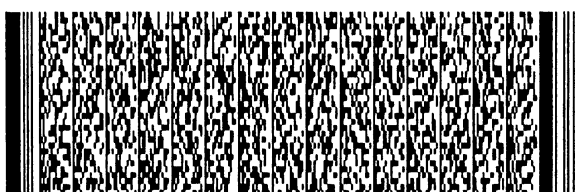
五、發明說明 (14)

雷射光束可透射通過(Al, Ga, In)N材料並被吸收於犧牲模板中。經吸收的光造成加熱，其可使任一材料化學改質。一般將使具較(Al, Ga, In)N材料大之能帶隙能量的模板背側照明。犧牲模板之說明性的構造材料包括，但不限於，藍寶石、較大能帶隙的(Al, Ga, In)N、尖晶石等等。

或者，可使用一或多個中間層於在(Al, Ga, In)N／模板界面吸收光。此種中間層之適當材料包括更易藉相鄰層之加熱分解，而改良(Al, Ga, In)N成長或作為其晶種的材料或其之組合。如使用具較(Al, Ga, In)N層及模板之能帶隙小之能帶隙的雷射能量吸收層，則雷射光可通過複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之任一表面。舉例來說，可將10微米的InGaN層成長於藍寶石表面上，然後再將厚的GaN層成長於InGaN上。易被吸收於InGaN層中，以達成InGaN層之化學或物理改變的光將亦可容易地通過GaN或藍寶石層。

亦可經由將(Al, Ga, In)N層重度摻雜，以有效降低能帶隙，而形成中間層。舉例來說，可使用摻雜劑Si、O或Ge於產生將更易吸收入射輻射之重度n型摻雜的(Al, Ga, In)N層。或者，可使用摻雜劑Mg、Zn、Be於產生將更易吸收入射輻射之重度p型摻雜的(Al, Ga, In)N層。為此，超過 1×10^{18} ／立方公分之摻雜劑濃度為較佳。高度瑕疵的區域(諸如可見於藍寶石上之GaN中)可提供能帶隙的降低。

背側或前側照明模板可為均勻，或者可將其圖案化，以可於特定的區域中雷射分離。例如，可使用犧牲模板之圖



五、發明說明 (15)

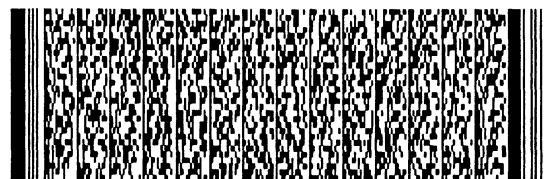
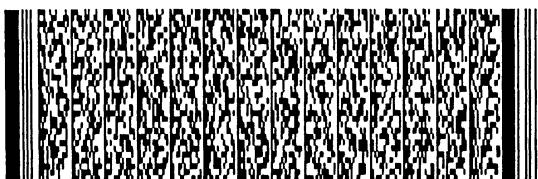
案化，或使用圖案化中間層，以促進橫向磊晶過度成長(LEO)，作為瑕疵降低之技術，或促進在較佳方向中之滑動或龜裂。

例如，可選擇中間層，以致可將其選擇性地蝕刻或分解，而使經成長的(Al, Ga, In)N自犧牲模板分離。或者，可選擇中間層以與加熱源結合，或以其他方式促進有助於(Al, Ga, In)N材料之分離的化學或物理變化。

舉例來說，圖8係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之概略描述，其包括由中間層40分離之犧牲模板層38及(Al, Ga, In)N層42，其中雷射光束36衝擊於中間層上，而達成中間層之分解及犧牲模板層38自(Al, Ga, In)N層42之釋放。

圖9係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之概略描述，其包括由中間層40分離之犧牲模板層38及(Al, Ga, In)N層42，其中衝擊於中間層上之雷射光束36被中間層吸收。然而，在此具體例中，被中間層吸收之雷射光束能量引發鄰接於中間層之(Al, Ga, In)N材料的分解。此種(Al, Ga, In)N材料之分解自(Al, Ga, In)N層42釋放犧牲模板層38。

在分離程序中，光透射至(Al, Ga, In)N-模板界面之需求係指必需視模板材料及雷射而自複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之(Al, Ga, In)N側或模板側將雷射導引至界面。因此，以期望方式選擇模板材料及使用於分離之雷射能量，以致通過模板(對於複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之模板側雷射照射)或通過(Al, Ga, In)N材料(在複合



五、發明說明 (16)

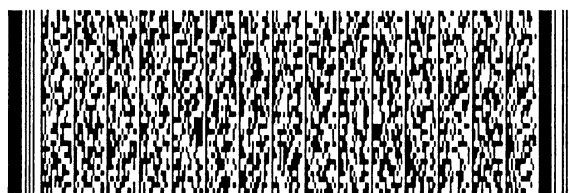
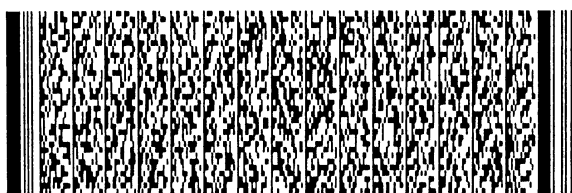
犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之(Al, Ga, In)N側雷射照射的情況中)之雷射光束的路徑不會顯著地阻礙(吸收或反射)光束。舉例來說，如使用UV雷射於複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之模板側雷射照射，則模板如期地對由雷射所產生之UV輻射高度透明。

亦必需考慮通過室內環境(在所產生之雷射光束與複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之間的環境)之雷射光束路徑，以確保衝擊於物件上之光束具有達成模板及(Al, Ga, In)N之分離的適當特性(強度)。此外，雷射光束之入射角不可過淺，以致光被介於其間的表面反射。

在一說明具體例中，使用UV雷射，且直接在複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之背側有效地使用UV透明石英並透射UV雷射輻射。或者，可使用藍寶石、AlN或其他對用於分離之光為透明的材料，但此等材料必需亦可與其於成長室(反應器)中之位置相容。舉例來說，可將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件設置於HVPE反應器中，且其可暴露至腐蝕性氣體及高溫，因此，模板材料必需可與反應器環境相容(例如，保持用於支承成長於其上之(Al, Ga, In)N材料的結構完整性，以及使雷射照射能量導引至複合物件之界面區域的透射比)。

圖10係用於進行利用HVPE之(Al, Ga, In)N成長之原位雷射分離裝置及雷射光自複合物之背側(透過模板)透射至複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件的概略說明。

在圖10之系統中，雷射50設有用於調節功率，以提供用



五、發明說明 (17)

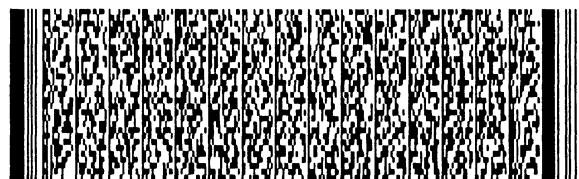
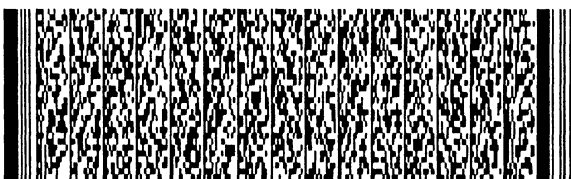
於分離之適當特性之輻射的波片52及偏光鏡54。在圖10中以大的示意箭頭顯示雷射光束。可利用反射鏡56及相關的能量計58測量光束之功率，此兩構件只有在功率測量過程中方才出現。因此，可使用功率測量測定雷射光束之特性，以致利用適當的波片52及偏光鏡54位置／設定於調節功率。

在分離過程中在正常操作中之雷射光束衝擊於反射鏡62上，並被反射至x-y掃描器60。x-y掃描器60選擇性地轉移雷射光束，將其導引至反射鏡64，並由此導引通過裝置於(Al, Ga, In)N成長反應器66中之台座68。複合晶圓物件係設置於台座68上，且其包括成長於犧牲模板72上之(Al, Ga, In)N層70。

犧牲模板係對雷射光束為透明，以致通過台座68之光束接著透射通過犧牲模板72而至模板／(Al, Ga, In)N界面。雷射能量於界面被吸收而達成犧牲模板72自(Al, Ga, In)N材料之分離，並產生獨立式(Al, Ga, In)N單晶物件形態的(Al, Ga, In)N材料。

可將成長反應器66構造及設置成如以上所論述進行HVPE，或者，可使用對另一(Al, Ga, In)N成長程序構造及設置之成長反應器，以例如，進行MOVPE、CVD、MBE或技藝中已知用於將(Al, Ga, In)N材料沈積／成長於基材上之方法或技術。

在設置於利用x-y掃描器60掃描之圖10的系統中，雷射光束之路徑在於台座68上之複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N

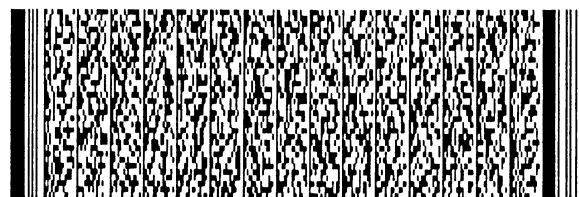
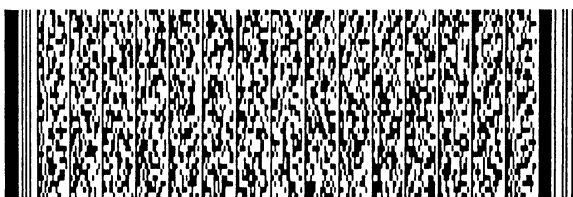


五、發明說明 (18)

物件的整個截面積上不受阻礙。此依序需要具有適當大之截面積的台座，以致光束可掃描通過形成於模板上之(Al, Ga, In)N層的整個成長面積。或者，可使台座上之複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件旋轉及移動，以使(Al, Ga, In)N材料之整個成長面積分離。亦可將雷射偏向及晶圓移動結合(例如，可進行複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之旋轉，並使雷射光束偏向，以自邊緣掃描至中心)。為控制出自大台座開口之熱損耗，可將一或多個透明擋板設置於台座之下端。

由於將台座68利用作為複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之支承結構，因而其以對雷射光束高度透明較佳。在紫外雷射之情況中，台座例如可由UV透明石英形成，以使光可透射至複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件。此種石英材料係不含氣泡且包含極少顆粒，以不對入射的雷射輻射產生吸收較佳。亦可使用其他對UV輻射為透明或至少為高度透射性的構造材料(諸如藍寶石、AlN等等)。對於其他類型的雷射輻射(例如，紅外、氬準分子、CO₂、或任何其他適當波長之電磁光束或輻射)，可於技藝技能內容容易地決定台座的適當構造材料。

於複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件中使用透明背側材料有可在(Al, Ga, In)N沈積於犧牲模板上之過程中直接監測成長程序，且可經由反饋控制構件及技術使用此種監測於控制成長程序的額外優點。此種反饋迴路操作可容易地實行作為(Al, Ga, In)N成長之整體程序控制次系統及原位



五、發明說明 (19)

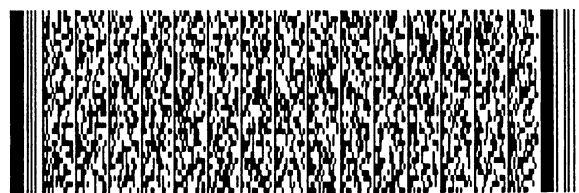
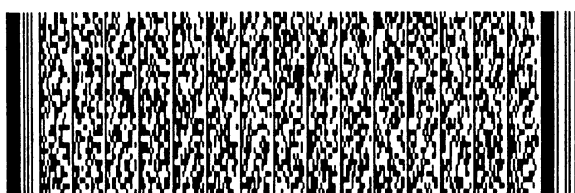
分離系統的部分。

可修改台座或其他反應器壁材料之表面，或甚至複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之犧牲模板背面，以將透射至複合物件之犧牲模板／(Al, Ga, In)N界面的光束成形。舉例來說，可將此等表面粗加工以使入射光束擴散，或可將其成形成一系列的微透鏡，以促進聚焦於特定區域中，或可將其遮蔽，以防止一些區域中的照明。

在(Al, Ga, In)N成長及分離系統之組合中，應對光學元件的選擇及設置相當謹慎，以使其可與雷射波長相容，且使其可在雷射之操作過程中使反射減至最小，以使犧牲模板及(Al, Ga, In)N材料彼此分離。由於反射會造成光束分佈的干涉或不利變化，因而使其減至最小較佳。亦可使用干涉帶於進行與光條紋之分離作為更完整論述於後之部分釋放技術。

在(Al, Ga, In)N成長及分離系統中，成長反應器係適當地由可與成長環境(其例如可包括至高1200℃之溫度的成長條件，存在氣相試劑諸如NH₃、HCl、及GaCl，及可為低於大氣壓力、超過大氣壓力、或大氣壓力的壓力值)相容的材料構成。

在使用背側照明進行分離操作時，如先前所論述，其上成長(Al, Ga, In)N之模板必需對雷射輻射透明，且模板之背側及複合晶圓物件裝置具(例如，台座及任何配合其使用之晶圓裝置具或設置元件)必需維持不含雷射吸收沈積物諸如背側(Al, Ga, In)N。



五、發明說明 (20)

最好可採用各種防止背側沈積物之方式。

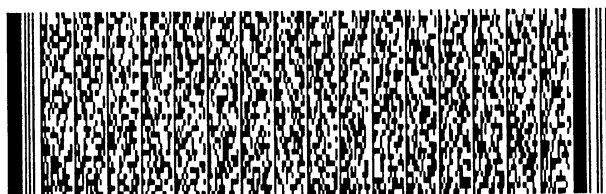
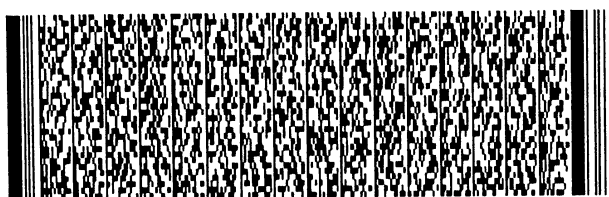
舉例來說，將概略描述於圖10之說明系統設計成使晶圓可保持於與成長及模板移除相同的位置。此種設置可使成長與模板移除操作之間的溫度變化減至最小。成長及模板移除程序亦可經由使 $(Al, Ga, In)N$ 層於一或數個室或反應器之部分中成長於犧牲模板上，及將所得之複合晶圓物件輸送至個別的模板移除室或區域而進行。可在輸送過程中將複合晶圓物件加熱，以使溫度變化減至最小。

模板移除操作可經由以與論述於上之背側照明方法相對的方式，將雷射光導引至複合犧牲模板/ $(Al, Ga, In)N$ 物件之正面，使用適當的雷射(及雷射照射能量之波長)將雷射光束透射通過 $(Al, Ga, In)N$ ，及例如使中間層或模板熱分解而進行。

關於進行分離步驟之另一方法，可成長數個具有不同化學計量(及因此具有不同能帶隙)之不同界面層，以可利用可調節雷射分離數個層。

如前所述，將模板之背側及複合晶圓物件裝置具維持不含雷射吸收沈積物較佳，且當使用於實行本發明時，亦可有利地抑制在複合物件之側面及上表面邊緣上的沈積物，以促進LIL0程序。如沈積 $(Al, Ga, In)N$ 材料之相同氣體到達犧牲模板之背面並反應，則所產生之沈積物會阻止雷射光束到達分離界面。為避免此種不利後果及使背側沈積物之發生減至最少，可採用以下的方法。

在一種方法中，可利用真空、靜電力或不會阻擋或嚴重



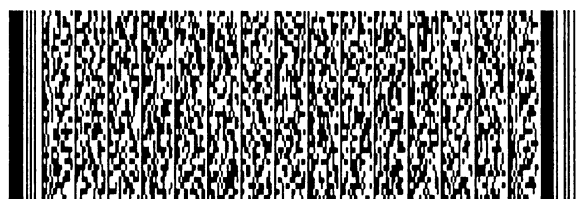
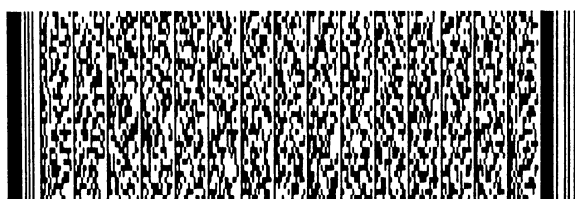
五、發明說明 (21)

減弱雷射輻射，且可將複合晶圓物件足夠緊密地向平坦的複合晶圓物件裝置具固定，以阻止成長氣體流到達犧牲模板之背側的其他方式或技術將複合晶圓物件自背側固定。

另一種方法為可以惰性氣體沖洗複合晶圓物件中之犧牲模板的背側，以將成長氣體流導離犧牲模板之背面，或抑制在背面之反應。

又另一種方法為可使用對雷射輻射為透明，在成長及模板移除溫度下軟化或熔融，且不會使顯著的不純物脫氣或與成長程序氣體反應的材料，諸如硼矽酸鹽玻璃，於使背側與成長程序氣體（例如，源試劑氣體、成長程序之產物氣體、及任何相關的負載氣體、稀釋劑氣體等等）密封。可提供複合晶圓物件形狀的適當玻璃，或可在成長之前將玻璃塗布於犧牲模板之背側上。亦可使用玻璃材料於改變應力，且可相對地選擇特定TCE之玻璃，以使應力減至最小，或於複合晶圓物件中引發期望的應力。可使用玻璃材料於覆蓋犧牲模板之整個背側，或可利用其於覆蓋犧牲模板之周圍，因而作為密封。

在防止背側沈積物之再一種方法中，可將犧牲模板之背側及複合晶圓物件裝置具塗布抑制沈積物之材料，諸如，比方說，經濺鍍、蒸發、或電漿增進化學氣相沉積(PECVD)塗布的 SiO_2 或 Si_3N_4 。經由使一或多種成長氣體物種之吸附至固體表面減至最少，可使不期望的沈積物減至最少。或者，可在分離之前將抑制層移除（例如，經由原位蝕刻或其他移除成長抑制層之技術），因而同時將任何



五、發明說明 (22)

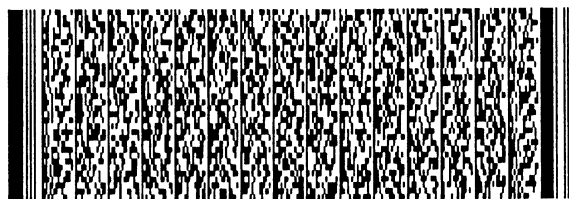
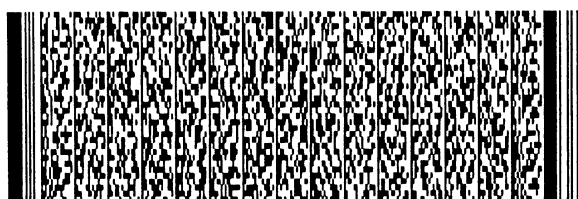
可能存在的沈積物移除。

使背側沈積物減至最少之再一種方法為可將成長氣體流的物理障礙物置於犧牲模板及複合晶圓物件之邊緣上，以阻斷氣體之路徑及使不期望區域中之沈積物減至最少。舉例來說，可利用具有可於複合晶圓物件之前側發生成長，但防止在複合晶圓物件之背側發生顯著成長之開口的蓋板。最好將蓋板形成及配置成使雷射光可到達成長區域之界面，同時可使在分離操作中產生之氣體釋放。舉例來說，可於蓋板中設置溝槽，以提供氣體釋放之路徑。

在一具體例中，蓋板最好成錐形，以提供遮蔽效應，且可降低(Al, Ga, In)N在成長過程中之沈積於蓋板上。

圖11係使用在晶圓裝置具82上之蓋板80之成長及分離系統之一部分的概略圖式。將犧牲模板84設置於晶圓裝置具82上，及經由在於圖11中以箭頭G概略指示之氣體流中傳送源氣體，而使(Al, Ga, In)N材料86成長於犧牲模板上。蓋板80如圖所示作成錐形，以致在成長程序中產生之吸收材料的沈積物88係以不會干擾雷射能量之透射至在犧牲模板84與成長於模板上之(Al, Ga, In)N材料之間之界面的方式限於局部。藉由此種設置，於圖11中以箭頭L概略表示之雷射光束不受干擾地透射通過模板而至界面。蓋板因而遮蔽模板防止不利的成長效應，且自蓋板之頂部開口之表面的錐形(向下張開的通道側面)使(Al, Ga, In)N材料之黏著至蓋板減至最少。

現更詳細考慮犧牲模板，可將模板之上表面，或與模板



五、發明說明 (23)

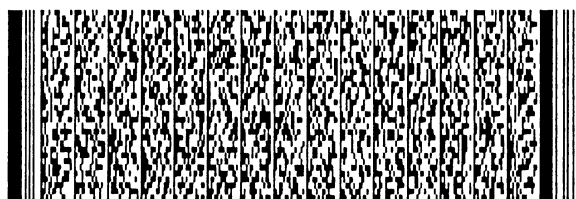
結合的邊緣遮蔽表面以可促進在分離程序中之氣體逸出，同時亦抑制在模板表面上之成長的方式成形。其之一種完成方式係經由將 SiO_2 層沈積於模板表面之邊緣上，然後將 SiO_2 層成型，以使模板材料暴露，因而形成渠溝。如長徑比(渠溝高度對渠溝寬度之比)夠高，則將有極少或沒有 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 形成於渠溝中。例如可將渠溝設置成形成徑向溝槽之陣列，以促進氣體自界面區域之逸出。或者，可進行成型形成渠溝，以致溝槽經分支，而促進在分離過程中之氣體釋放。

於進行成長之相同裝置中進行分離程序可增進將待達成之分離操作定時的彈性，以及促進其中進行分離操作之局部環境的控制。

如分離係在超過 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料之分解溫度(例如，對 GaN 為 800°C)的溫度下進行，則可將裂解氮(例如，原子 N 、或 NH_3)引入，並在分離過程中維持於局部環境中，以保護複合晶圓物件之前側防止熱分解。可將 HCl 加至分離程序之局部環境，以促進經由於界面之分解反應而殘留之第III族元素的移除。

在分離操作中，在複合晶圓物件之背側會發生分解，並阻止光到達界面。在此情況，可使用連續雷射操作及利用 HCl 之蝕刻於清除至界面之路徑。或者，可在諸如 N_2 大氣之環境中適當地進行分離環境。

在一些情況中，如其中存在金屬之區域經成功分離的話，最好保留經由界面分解反應所產生之第III族金屬。



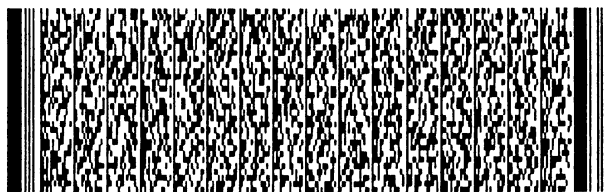
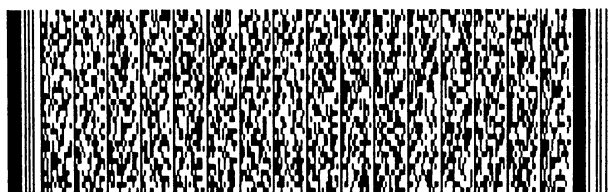
五、發明說明 (24)

金屬將反射來自已經分離之區域的雷射光，而防止由強烈曝光對界面區域造成的進一步損害。經由監測自反射性表面反射之光，可監測提升(lift-off)的進行。

可控制其中進行分離之裝置中的壓力，以使分離過程中的應力平衡。舉例來說，在其中進行分離之室中之低於大氣壓力的條件可有助於達成自分離界面的氣體釋放。一般而言，在自約 10^{-6} 托爾(Torr)至約 10^{10} 托爾之範圍內的壓力可與分離程序相容且為較佳。較高的壓力可能需要較高的分解溫度(更強烈的加熱或雷射能量)。在一具體例中，分離操作中之局部壓力可為 >1000 托爾，尤其係如成長程序係於高壓下進行時。

可調整(Al, Ga, In)N材料及模板層之厚度，以使包含模板及(Al, Ga, In)N材料之複合晶圓物件中的應力減至最小。在(Al, Ga, In)N - 模板系統中在成長溫度下由於薄膜及模板之不同材料性質而典型上存在應力。一般而言，由於累積於較薄層中之相對應力將會造成龜裂，而使應力釋放，因而薄的犧牲模板將較更厚的層更易產生應力瑕疵及裂紋。較厚的犧牲模板將較不易彎曲且更易再利用。

關於(Al, Ga, In)N材料之厚度，在大厚度之增加應力與小厚度的缺乏剛性及強度之間存在平衡。存在於(Al, Ga, In)N - 模板系統中之應力將由於各種因素，包括材料性質隨距模板之增加距離之變化，而隨增加的(Al, Ga, In)N厚度而增加。未龜裂的厚膜更易操縱及維持其之形狀，而不斷裂。



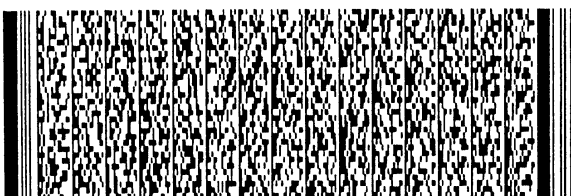
五、發明說明 (25)

產物(Al, Ga, In)N材料之自支承性質係視獨立式材料之面積而定。較大面積的(Al, Ga, In)N物件需要相當大的厚度於自支承。一般而言，當成長於外來模板(在此情況中之「外來」係指異於(Al, Ga, In)N產物材料)上時，產物(Al, Ga, In)N之材料品質係隨增加的厚度而改良。舉例來說，對於具2英吋直徑之經完全分離的產物晶圓，希望(Al, Ga, In)N材料之厚度在分離之前係超過50微米。然而，可將較薄的薄膜部分分離，因此而由犧牲模板部分支承。如未分離之面積係總面積之<50%，則經由冷卻至環境溫度(例如，室溫)所引發之熱應力可完成分離程序。

亦可經由在稍低於(例如，<5°C以下)熱分解溫度(臨限溫度)之溫度下引發複合模板／(Al, Ga, In)N物件之局部加熱，而產生可促進分離的弱化界面。

或者，可於成長之後經由犧牲模板之化學或物理移除而促進分離。將使(Al, Ga, In)N及犧牲模板材料彼此分離之各種方法結合，諸如，比方說，經由雷射分離與化學蝕刻結合，或經由熱／物理／化學步驟之其他組合，亦係在本發明之範圍內。

可改變分離程序相對於成長程序的時刻，以使材料品質最大化，管理於材料中產生之應力，及改良(Al, Ga, In)N獨立式單晶產品物件之程序製造性。為製造個別的(Al, Ga, In)N晶圓，分離程序可當(Al, Ga, In)N成長完成時進行，例如，於將100至1000微米之(Al, Ga, In)N成長於犧牲基材上之後。分離可於成長完成後或於成長程序中發



五、發明說明 (26)

生。

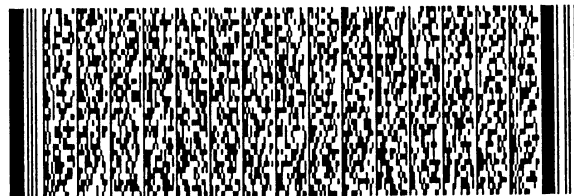
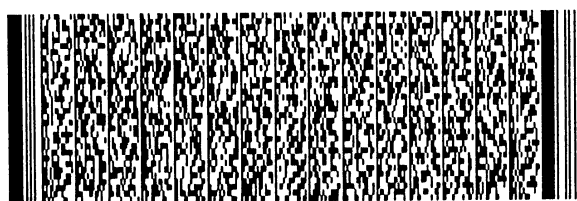
在成長程序中進行分離的彈性可達成程序變化，諸如在非常薄的(Al, Ga, In)N厚度下部分分離材料，然後再繼續成長。部分分離可促進應力釋放，同時仍可保留足夠的材料於成長過程中支承(Al, Ga, In)N材料。由於伴隨雷射輻照的熱分解會於界面釋放氣態分解產物，因而經由使用較低雷射功率密度之部分分離將可降低氣體產生及降低龜裂。當成長完成時經部分分離的(Al, Ga, In)N可經由進一步雷射分離，經由未分離材料於冷卻過程中之破裂，或經由其他適當的熱、機械及／或化學方式，而完全移除。

或者，可於小面積中對具大於20微米之(Al, Ga, In)N厚度進行完全分離。亦可使用後續的加熱(或雷射操作)於完成分離或在進一步成長使(Al, Ga, In)N再附著至模板或反應器組件的情況中使材料再次分離。

可於成長程序中及／或其後將分離程序重複一或多次。如前文所說明，可使用HCl或其他適當試劑於將會阻礙進一步之雷射透射至模板／(Al, Ga, In)N物件之界面之於分解之後存在之過剩的第III族元素(Al, In, Ga)移除。

除了在成長過程中分離之外，亦可將成長暫時中斷，以進行分離操作。可於成長-分離交替步驟之完整的序列中將此序列重複一或多次。

由於接近成長溫度之分離可釋放與異質磊晶術相關的應力，因而對於超過1-100毫米之非常大厚度的產物(Al, Ga, In)N材料可更容易地進行成長。接著可以如更完整揭示於



五、發明說明 (27)

2000年3月13日提出申請之先前共同申請中之美國專利申請案第09/524,062號中之方式將獨立式(Al, Ga, In)N產品物件加工成個別晶圓。

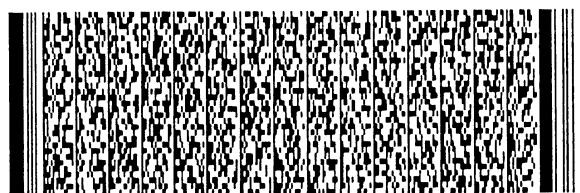
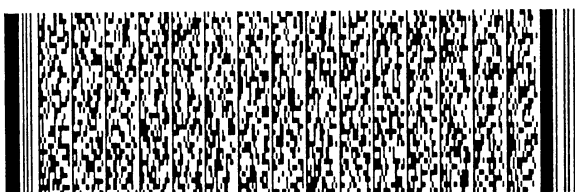
一般而言，分離程序最好係視期望的(Al, Ga, In)N產物，而當自約0.01至約100毫米之成長完成時進行。

雖然分離程序係在包含模板／(Al, Ga, In)N物件之反應器冷卻至環境溫度(例如，室溫)之前於成長溫度或接近成長溫度下進行最佳及最有利，但分離程序亦可於模板／(Al, Ga, In)N物件經冷卻至環境溫度後進行。

一般而言，如可基於此處之揭示內容於技藝技能內容易地決定，分離操作可於任何適當溫度下進行。

可在大於、低於、等於、或實質上等於(Al, Ga, In)N成長於犧牲模板上之原始溫度的高溫下進行分離。分離係在(Al, Ga, In)N材料於模板上之成長溫度之400℃之內，300℃之內，250℃之內，200℃之內，150℃之內，100℃之內，75℃之內，及50℃之內(依增加偏好的次序)的溫度下適當地進行。模板／(Al, Ga, In)N複合物件之高溫條件有利於至少部分減輕TCE應力，以致在高溫條件下之分離產生無應力或實質上無應力的(Al, Ga, In)N獨立式物件。可能需要保護AlGaInN防止熱分解，其例如可利用含氮環境而達成。

如前文所論述，希望在模板／(Al, Ga, In)N複合物件之照明側上或在其之邊緣上不存在有害的光吸收或光減弱沈積物，由於此等沈積物會干擾光透射進入至需要雷射分離



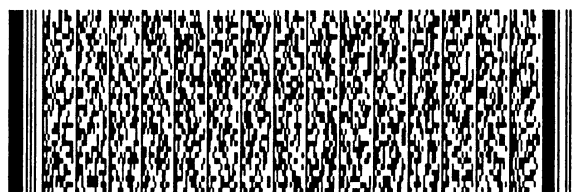
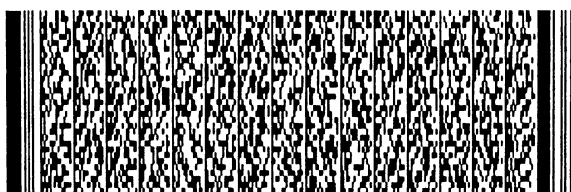
五、發明說明 (28)

的物件中。在(Al, Ga, In)N成長於模板上之過程中利用濺鍍或PECVD SiO_2 或其他成長抑制劑使背側沈積物減至最少較佳。此情況中之抑制劑可於分離之前利用化學方式移除。移除成長抑制劑層有利用其移除任何背側沈積物的附加效益。大於50奈米之 SiO_2 厚度為較佳，及大於300奈米之厚度為最佳。

背側沈積物及在複合模板/(Al, Ga, In)N物件之邊緣之沈積物的防止可利用以上關於原位分離所說明之方法(例如，分離係在用於進行成長程序之反應器中進行)有利地進行。亦可進行非於原位的分離，其中將複合模板/(Al, Ga, In)N物件自反應器移出，以進行後續的分離。非於原位之分離免除原位分離所要求之不阻斷雷射光束的需求。此外，使用非於原位之分離伴隨有使用及配置保護複合模板/(Al, Ga, In)N物件之邊緣及背側部分之構件的額外彈性。

亦可使用於成長之後以物理或化學方式將複合模板/(Al, Ga, In)N物件之邊緣移除，以消除在複合物件之邊緣之厚的(Al, Ga, In)N成長，作為防止此等經黏附區域造成產物(Al, Ga, In)N物件之龜裂的加工技術。此種過度成長移除用之物理技術例如可包括，但不限於，研磨、切割、或沿晶面分開。此種過度成長之化學移除可經由蝕刻(於 H_3PO_4 或於HCl中)或利用沈積物之UV光輔助蝕刻完成，其中聚焦於特定區域上之UV光使蝕刻之速率及程度提高。

在非於原位之分離中使雷射能量衝擊於複合模板/(Al,



五、發明說明 (29)

Ga, In)N 物件之界面上之雷射參數係與原位分離所使用者類似。

掃描型態，包括在複合模板／(Al, Ga, In)N 物件之邊緣之掃描的開始，對於在非於原位之分離中之散出氣體的釋放尤其重要。由於在非於原位之分離中在複合模板／(Al, Ga, In)N 物件中存在更多應變，因而沿晶面的掃描較達成原位分離之掃描更為重要。在可取得具足夠光束大小及光束功率密度以分離整個區域之雷射的情況中，可有利地使用單光束分離，而不需掃描。

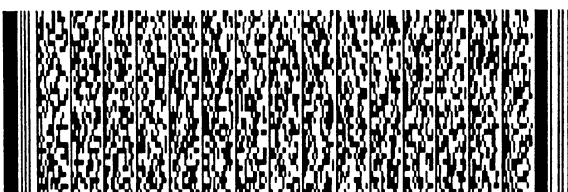
太薄而無法自支承之(Al, Ga, In)N 層在分離之前可藉由重力或經由黏合至適當的物理支承結構而支承。

非於原位之分離有可容易到達複合模板／(Al, Ga, In)N 物件之前側及背側的優點。方位的易接近使選擇模板及供非於原位之分離操作作用之中間層的自由度提高。

在原地及非於原位之分離操作兩者中，可降低應變及龜裂之中間層甚為有利。中間層可在將模板引入至成長反應器中之前設置於犧牲模板上，或者，中間層可在開始(Al, Ga, In)N 材料之有效成長之前，在成長室中於原位形成。

在本發明之廣義實行中可使用薄層之臨限下／部分分離，以提供作為後續成長之晶種的殘留表面製品。亦可利用厚層之臨限下／部分分離再接著進行弱化界面之化學蝕刻作為改良方法良率的技術。

在分離過程中自界面釋放之氣體會造成薄膜龜裂，降低方法良率。使用較低功率密度可降低氣體釋放量，及降低



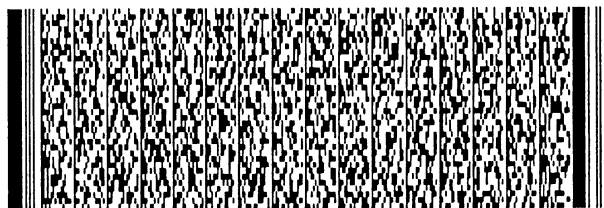
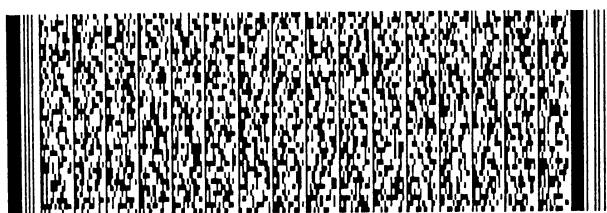
五、發明說明 (30)

在分離程序中之晶圓龜裂的機率。

於分離後，可能需要清潔(Al, Ga, In)N物件，以將由界面分解所產生之殘留的第III族金屬移除。在室溫或高溫下使用之酸諸如HCl或HF，對此有效。

為避免於分離或部分分離後之(Al, Ga, In)N材料的熱驟變，需要在速率 $<20^{\circ}\text{C} / \text{分鐘}$ 下的緩慢冷卻程序，雖然可使用更快速的冷卻於改良製造性。可經由實驗改變時間-溫度升溫表，及進行(Al, Ga, In)N產品物件之形態定性及最終使用測試，容易地決定適合於製得期望特性之指定終產物(Al, Ga, In)N物件的冷卻速率，而無需過多的實驗。

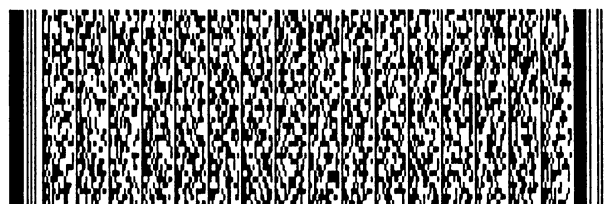
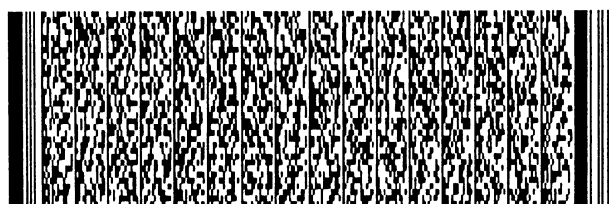
雖然本發明在此主要係就使用雷射引發分離作說明，但亦可使用其他形式的標的界面加熱(例如，使用熱、聲音、電子束輻照、rf耦合、或多重光子程序(例如，在兩個不同的雷射輻射波長下進行，或經由UV光與使用標的雷射結合等等))。可於兩個以上之光子／輻射源的相交之下引發界面處的物理或化學變化，需要其之組合以達成改質及分離。多重光子程序更完整說明於以下的參考文獻中：(參見，例如，Misawa, Hiroaki, Juodkazis, Saulius, Sun, Hong-Bo, Matsuo, Shigeki, Nishii, Junji, 經由毫微微秒雷射微製造形成光子晶體(Formation of photonic crystals by femtosecond laser microfabrication), Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng. (2000), 4088(雷射精密微製造(Laser Precision Microfabrication))29-32; Kuebler, Stephen M.,



五、發明說明 (31)

Cumpston, Brian H. , Ananthavel, Sundaravel , Barlow, Stephen , Ehrlich, Jeffrey E. , Erskine, L. L. , Heikal, Ahmed A. , McCord-Maughon, D. , Qin, J. , Rockel, H. , Rumi, M. , Marder, S. R. , Perry, J. W. , 使用二光子活化化學性之立體微製造(Three-dimensional micro-fabrication using two-photon-activated chemistry) , Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng. (2000) , 3937(微-及毫微-光子材料及裝置(Micro-and Nano-photonic Materials and Devices)) , 97-105 ; Sun, Chi-Kuang , Huang, Yong-Liang , Liang, Jian-Chin , Wang, Jiun-Cheng , Gan, Kian-Giap , Kao, Fu-Jen , Keller, Stacia , Mack, Michael P. , Mishra, Umesh , Denbaars, Steven P. , GaN中之大近諧振三次非線性(Large near resonance third order nonlinearity in GaN) , Opt. Quantum Electron. (2000) , 32(4/5) , 619-640 ; 及Neogi, Arup , Yoshida, Haruhiko , Mozume, Teruo , Georgiev, Nikolai , Akiyama, Tomoyuki , Wada, Osamu , 利用毫微微秒光學激發之次能帶間過渡引發帶間二光子吸收(Intersubband-transition-induced interband two-photon absorption by femtosecond optical excitation) , Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng. (2000) , 3940(半導體中之超快現象IV(Ultrafast Phenomena in Semiconductors IV)) , 91-97) 。

雖然在此將局部界面加熱描述為一種改變複合模板／

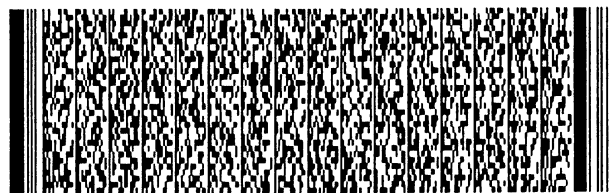
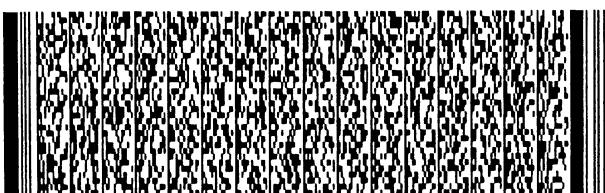


五、發明說明 (32)

(Al, Ga, In)N 物件之界面之物理及化學性質之方法，但本發明係應廣義地解釋為包括達成促進 (Al, Ga, In)N 材料自犧牲模板之分離之在界面之物理或化學變化的任何方式或方法。比方說，在本發明之廣義實行中考慮植入技術，例如，離子植入，以產生破裂用的弱化區域。或者，本發明包括均勻地加熱或激發整個樣品（不僅侷限於界面），但包括在較低之加熱或激發程度下弱化的中間層。又再一選擇為在本發明之廣義範圍內考慮使用使界面更具化學反應性之方法或中間層，以致可容易地將界面區域蝕刻掉，包括在複合模板／(Al, Ga, In)N 物件冷卻至室環境之前蝕刻。

雖然已說明單一的 (Al, Ga, In)N 層及具有中間層之 (Al, Ga, In)N 層，但本發明並不因此受限，且 (Al, Ga, In)N 產品物件亦可包括，或結合再一磊晶層、裝置結構、裝置前身、其他沈積材料、或由此等材料製成之裝置，只要其不會妨礙界面加工，而造成複合模板／(Al, Ga, In)N 物件之模板及 (Al, Ga, In)N 部分的脫層即可。此等前述的層、結構、前身、及材料，可視 (Al, Ga, In)N 物件之最終用途的需要及／或適用性而於進行分離之前或之後沈積。在本發明之廣義實行中亦考慮包含此等結構之系統。

此外，雖然本發明在此主要係參照在犧牲模板上之 (Al, Ga, In)N 材料作說明，但本發明係要廣義地包括具有在不同相或類型之材料之間之界面的異質複合材料結構，其中界面對能量或其他改質敏感，而使界面區域之材料可分離成個別的組成部分，包括可在界面改質之高溫下加工，以



五、發明說明 (33)

使複合體界面脫層成組成部分之複合材料結構，或於高溫加工及冷卻之後在環境溫度下界面脫層之相對的複合材料結構。

本發明之特徵及優點由以下的實施例作更完整展示。

實施例1

經由將GaN HVPE成長於藍寶石上，及於成長室中在接近HVPE成長溫度下使複合GaN／藍寶石物件雷射分離，而製得400微米厚度之獨立式GaN。

在此程序中，將犧牲(0001)藍寶石晶圓裝入至HVPE反應器之成長室中。將藍寶石加熱至大約1000℃，及使藍寶石之表面暴露至GaCl氣體及NH₃氣體165分鐘。GaCl係經由使HCl於熔融Ga上方流動而生成。NH₃／HCl比為23。

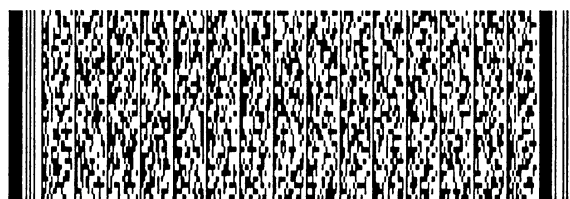
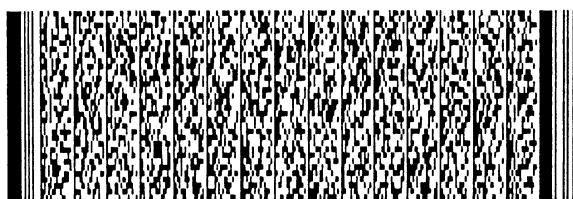
終止GaCl之流動，及將GaN-藍寶石複合物控制在接近成長溫度及在大氣壓力下，維持NH₃流動以保護GaN表面。

利用Nd:YAG雷射產生供GaN及藍寶石層之界面脫層用的分離輻射。使用雷射功率計及波片-偏光鏡組合將Nd:YAG雷射之第三諧波調整至90毫焦耳。將雷射輻射透過UV透射性石英台座及藍寶石模板導引至GaN-藍寶石界面。

在輻照過程中，使GaN-藍寶石複合物旋轉，及以電光學方式調節雷射光束，以使光束自邊緣掃描至中心，直至整個晶圓面積皆經曝光為止。

使GaN及藍寶石冷卻至室環境。

將獨立式GaN及犧牲藍寶石自成長室移出。所得之獨立式GaN材料大約為400微米厚，在視覺上透明且無裂紋，具



五、發明說明 (34)

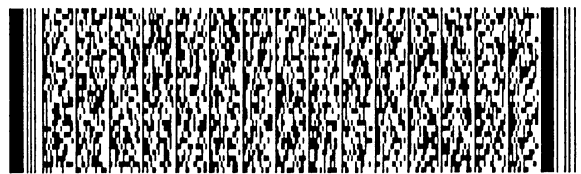
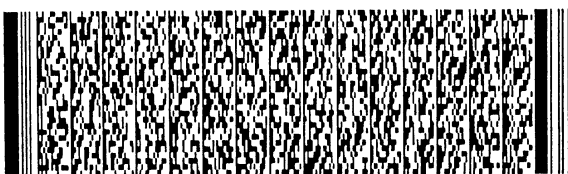
有低於 10^7 / 平方公分之差排密度及低於200 弧秒(arcsec)之(0004) 雙晶x-射線搖擺曲線半寬。

實施例2

在此實施例中，經由將GaN HVPE 成長於藍寶石上，及於高溫下雷射分離，而製得40 毫米直徑之獨立式GaN 晶圓。

進行以下之程序步驟：

- (1) 將(0001) 藍寶石晶圓之背側濺鍍塗布300 奈米之 SiO_2 。晶圓之邊緣同時接受到一些塗層，但防止 SiO_2 沈積於晶圓之前側(成長側)上。
- (2) 將此經濺鍍塗布之犧牲(0001) 藍寶石晶圓裝入至水平HVPE 反應器之成長室中。
- (3) 將藍寶石加熱至大約 1000°C ，及使用經由使HCl 於熔融Ga 上方流動所產生之GaCl(在此程序中在35 之 NH_3 / HCl 比下)，使藍寶石之表面暴露至GaCl 氣體及 NH_3 氣體180 分鐘。
- (4) 終止GaCl 流動。
- (5) 終止 NH_3 流動。
- (6) 將GaN / 藍寶石複合物自成長室移出。
- (7) 於將其自成長室移出後，使GaN / 藍寶石複合物在室環境溫度下維持數天的期間。
- (8) 藉由 SiO_2 之HF 蝕刻數小時及物理研磨之組合將位於藍寶石側面及於GaN-藍寶石複合物之邊緣上的GaN 沈積物移除。
- (9) 將GaN / 藍寶石複合物裝入至真空室中，使GaN 表面位



五、發明說明 (35)

於SiC顆粒之床內。

(10) 將1公分厚之石英碟置於GaN／藍寶石複合物上，使經粗加工表面(消光)置於最靠近GaN／藍寶石，以使雷射光束均化。

(11) 將真空室抽真空並填充N₂氣體。

(12) 將GaN／藍寶石複合物加熱至大約900℃。

(13) 使用雷射功率計及波片-偏光鏡組合將來自Nd:YAG雷射之第三諧波的輻射調整至100毫焦耳，然後將雷射輻射透過石英窗、石英碟及藍寶石導引至真空室至GaN／藍寶石界面。

(14) 以電光學方式調節雷射光束，以使光束於一邊緣開始掃描通過晶圓，並平行於GaN之 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 平面掃描，直至整個晶圓面積皆經曝光為止。

(15) 使GaN及藍寶石冷卻至室環境溫度。

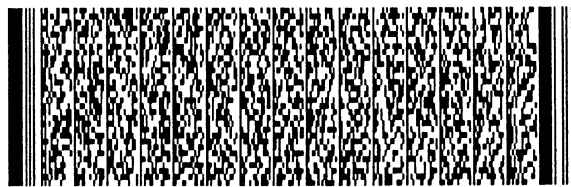
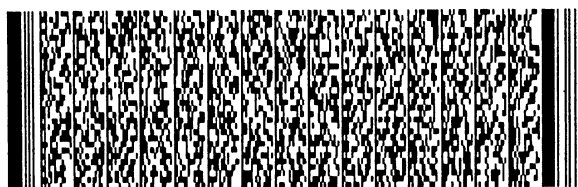
(16) 將GaN及藍寶石置於稀HF溶液中30分鐘，隨後將獨立式GaN自HF移出並於去離子水中清洗。

(17) 使用磨料顆粒將GaN材料作成40毫米直徑圓晶圓之大小，其具有一標示 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向之平側。

(18) 使用9微米及3微米鑽石玻料將晶圓拋光至均勻厚度及機械拋光。

(19) 將晶圓化學機械拋光，以產生磊晶完成的GaN晶圓。

完成之40毫米直徑的獨立式GaN晶圓大約為200微米厚，在視覺上透明且無裂紋，具有大約 2×10^7 ／平方公分之差排密度，及低於1奈米之方均根表面糙度。

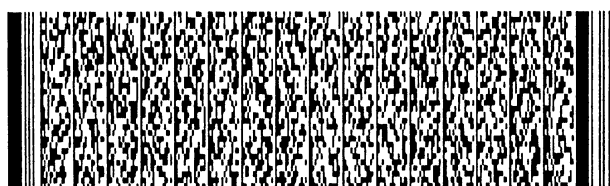


五、發明說明 (36)

雖然本發明在此已關於各種說明態樣、特徵及具體例作說明，但當明瞭在本發明之實行中可有許多變化、修改及其他具體例，因此，應將本發明廣義地解釋為涵蓋在其之精神及範圍內之所有此等變化、修改及其他具體例。

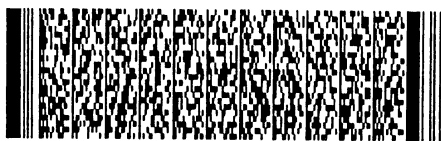
元件編號之說明

10	複合物結構
12	犧牲模板
14	界面
16	(Al, Ga, In)N 材料
18	衝擊區域
20	相干光束
30	複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件
36	雷射光束
38	犧牲模板層
40	中間層
42	(Al, Ga, In)N 層
50	雷射
52	波片
54	偏光鏡
56	反射鏡
58	能量計
60	x-y 掃描器
62	反射鏡



五、發明說明 (37)

- 64 反 射 鏡
- 66 (Al, Ga, In)N 成 長 反 應 器
- 68 台 座
- 70 (Al, Ga, In)N 層
- 72 犧 牲 模 板
- 80 蓋 板
- 82 晶 圓 裝 置 具
- 84 犧 牲 模 板
- 86 (Al, Ga, In)N 材 料
- 88 沈 積 物



圖式簡單說明

圖1係利用雷射輻射加熱(Al, Ga, In)N - 模板界面之概略描述。

圖2至4顯示自物件之頂部至底部雷射照射複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件(圖2及3)，而形成經分離的犧牲模板及獨立式(Al, Ga, In)N單晶晶圓(圖4)。

圖5係複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之頂視平面圖。

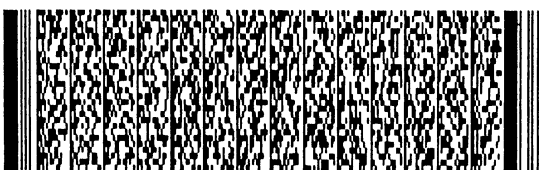
圖6係圖5之複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件在光柵掃描雷射照射操作中之相關圖式，其中雷射光束往復橫越穿過物件，而達成犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之界面分離，及產生產物(Al, Ga, In)N晶圓物件。

圖7係圖6之複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件在周圍雷射照射操作中之相關圖式，其中雷射光束係於物件之周圍開始以圓形動作移動，並連續以逐步較小直徑的圓弧繼續。

圖8係複合犧牲模板／中間層／(Al, Ga, In)N物件之概略描述，其中衝擊的雷射能量被中間層吸收，而達成其之分解及自(Al, Ga, In)N層釋放犧牲模板層。

圖9係複合犧牲模板／中間層／(Al, Ga, In)N物件之概略描述，其中被中間層吸收之衝擊雷射能量引發與其相鄰之(Al, Ga, In)N材料的降解，而達成犧牲模板自(Al, Ga, In)N產物層之分離。

圖10係用於進行利用HVPE之(Al, Ga, In)N成長之裝置及雷射光自複合物之背側(透過模板)透射至複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件的概略說明。



圖式簡單說明

圖11係使用在晶圓裝置具上之蓋板之成長及分離系統之部分的概略圖式。

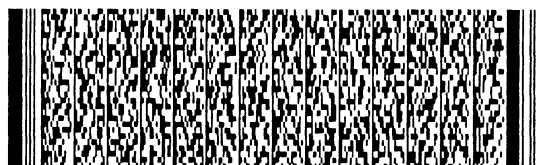
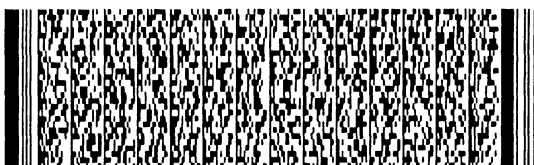


四、中文發明摘要 (發明之名稱：獨立式(Al, Ga, In)N及形成其之分離方法)

一種利用包括下列之步驟形成獨立式(Al, Ga, In)N物件之方法：提供一磊晶相容的犧牲模板；將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件；及將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件。利用此種方法製得之獨立式(Al, Ga, In)N物件具優良的形態特性，且適合使用作為基材，例如，用於製造微電子及／或光電裝置及裝置前身結構。

英文發明摘要 (發明之名稱：Free-standing (Al, Ga, In)N and parting method for forming same)

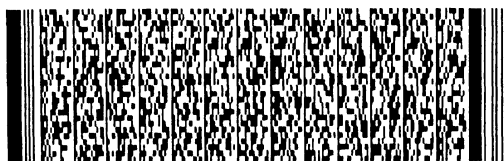
A method of forming a free-standing (Al, Ga, In)N article, by the steps including: providing an epitaxially compatible sacrificial template; depositing single crystal (Al, Ga, In)N material on the template to form a composite sacrificial template/(Al, Ga, In)N article including an interface between the sacrificial template and the (Al, Ga, In)N material; and interfacially modifying the composite sacrificial template/(Al, Ga, In)N article to part the sacrificial template from the



四、中文發明摘要 (發明之名稱：獨立式(Al, Ga, In)N及形成其之分離方法)

英文發明摘要 (發明之名稱：Free-standing (Al, Ga, In)N and parting method for forming same)

(Al, Ga, In)N material and yield the free-standing (Al, Ga, In)N article. The free-standing (Al, Ga, In)N article produced by such method is of superior morphological character, and suitable for use as a substrate, e.g., for fabrication of microelectronic and/or optoelectronic devices and device precursor structures.



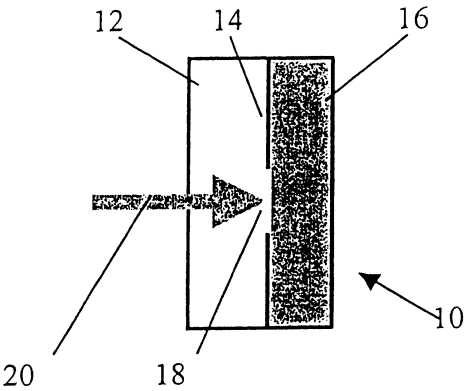
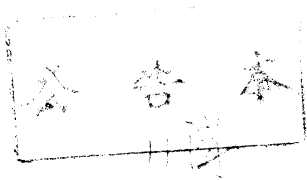


圖 1

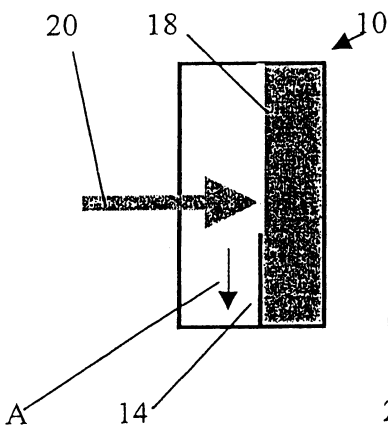


圖 2

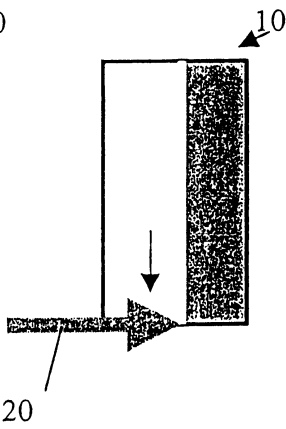


圖 3

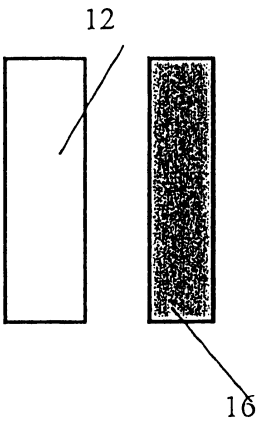
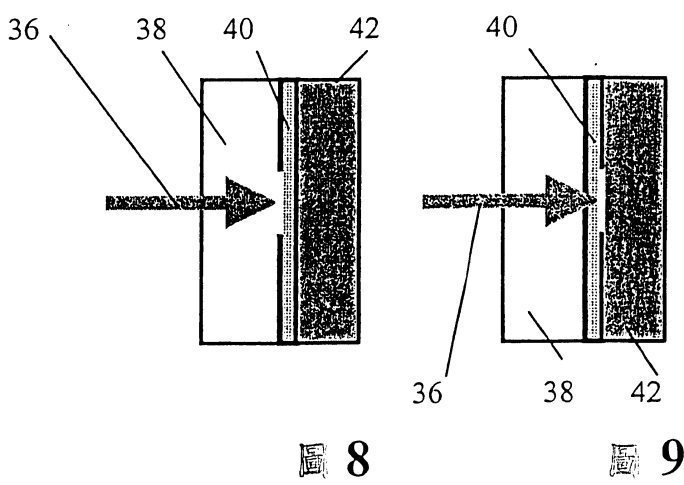
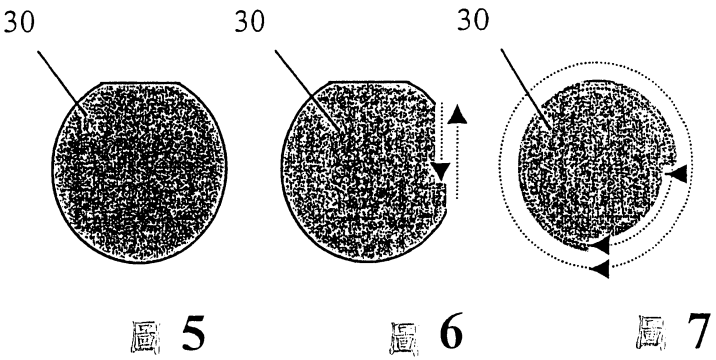


圖 4



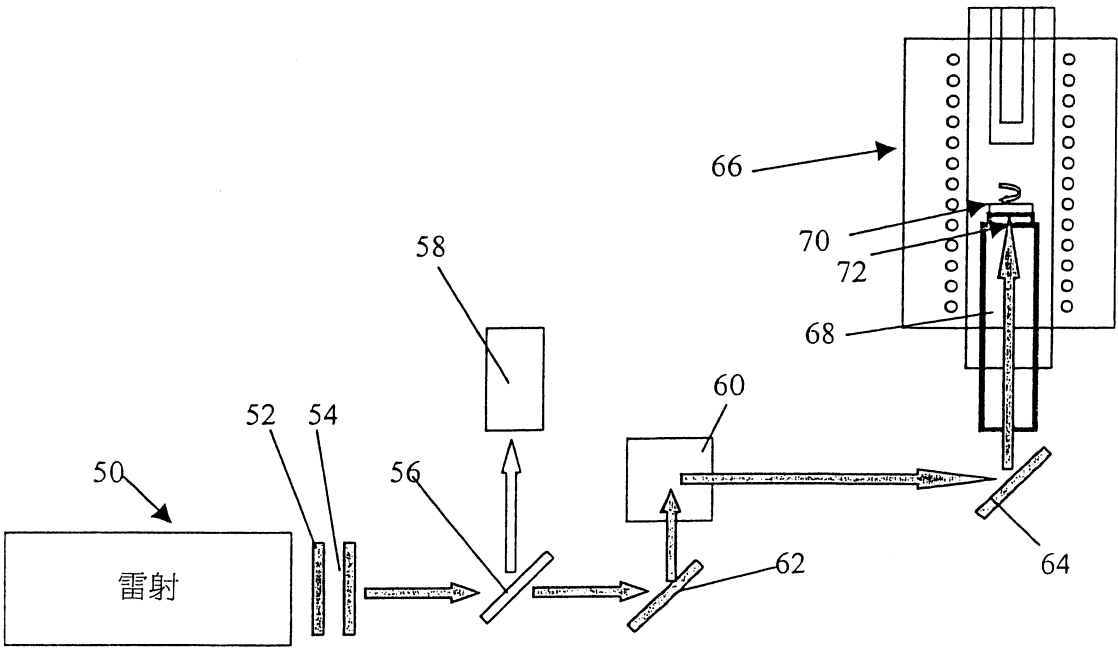


圖 10

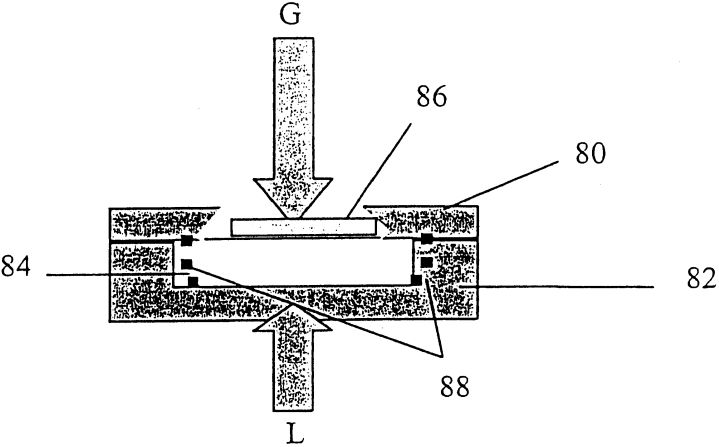


圖 11

1. 一種形成獨立式(Al, Ga, In)N物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件；

其中將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括至少一下列步驟：

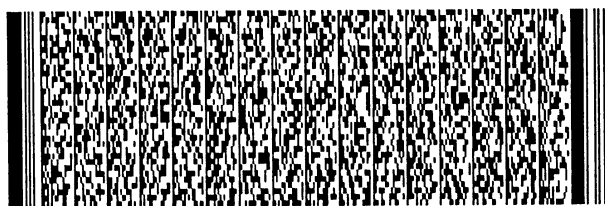
- (a) 氫化物氣相磊晶術(HVPE)；
- (b) 金屬有機氣相磊晶術(MOVPE)；
- (c) 化學氣相沉積(CVD)；及
- (d) 分子束磊晶術(MBE)；

及

將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件，

其中將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括至少一下列步驟：

- (i) 將能量集中於界面；
- (ii) 將界面加熱至活化或引發物理或化學變化之溫度；
- (iii) 將界面冷卻至低於成長溫度之溫度；
- (iv) 將界面能量改質；
- (v) 將界面能量激發；
- (vi) 於界面提供一中間層；



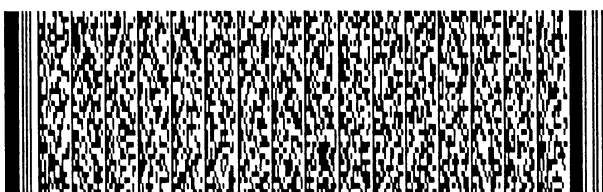
六、申請專利範圍

- (vii) 於界面產生氣體；
- (viii) 分解界面材料；
- (ix) 使聲能衝擊於界面上；
- (x) 將選自包括質子、電子、離子、及粒子束之衝擊介質衝擊於界面上；
- (xi) 將雷射光束衝擊於界面上；
- (xii) rf 偶合至導電性界面；
- (xiii) 蝕刻界面；
- (xiv) 使界面材料選擇性弱化；
- (xv) 使界面材料光降解；
- (xvi) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之光子改質；
- (xvii) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之聲波改質；
- (xviii) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之物理改質；
- (xix) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之化學改質；及
- (xx) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之熱改質。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將能量集中於界面。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將界面加熱至活化或引發物理或化學變化之溫度。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將界面冷卻至低於成長溫度之溫度。



六、申請專利範圍

5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將界面能量改質。

6. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將界面能量激發。

7. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括於界面提供一中間層。

8. 如申請專利範圍第7項之方法，其中，該中間層經摻雜摻雜劑。

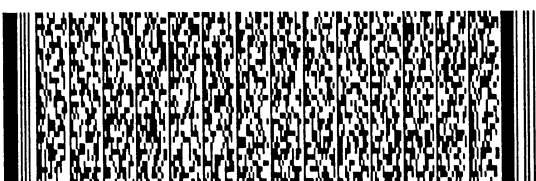
9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中，該摻雜劑包含選自包括Si、Ge、O、Mg、Be、及／或Zn之至少一摻雜劑種類。

10. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括於界面產生氣體。

11. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括分解界面材料。

12. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括使聲能衝擊於界面上。

13. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲



六、申請專利範圍

模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將選自包括質子、電子、離子、及粒子束之衝擊介質衝擊於界面上。

14. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將雷射光束衝擊於界面上。

15. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括rf耦合至導電性界面。

16. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括蝕刻界面。

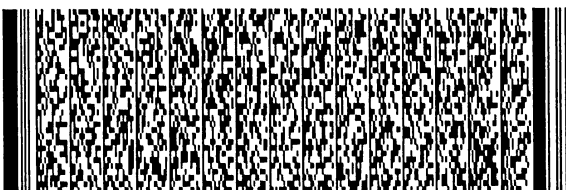
17. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括使界面材料選擇性弱化。

18. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括使界面材料光降解。

19. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括選自包括光子、聲波、物理、化學、熱及能量方法之方法。

20. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將單晶(Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上之步驟包括氫化物氣相磊晶術(HVPE)。

21. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該將單晶(Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上之步驟包括金屬有機氣相磊晶



六、申請專利範圍

術(MOVPE)。

22. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括化學氣相沉積(CVD)。

23. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括分子束磊晶術(MBE)。

24. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟係在進行將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之溫度之500℃內的溫度下進行。

25. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟係在進行將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之溫度之300℃內的溫度下進行。

26. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟係在進行將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之溫度之200℃內的溫度下進行。

27. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟係在進行將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之溫度之150℃內的溫度下進行。

28. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲



六、申請專利範圍

模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟係在進行將單晶 (Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上之步驟之溫度之 100°C 內的溫度下進行。

29. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟係在進行將單晶 (Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上之步驟之實質上相同的溫度下進行。

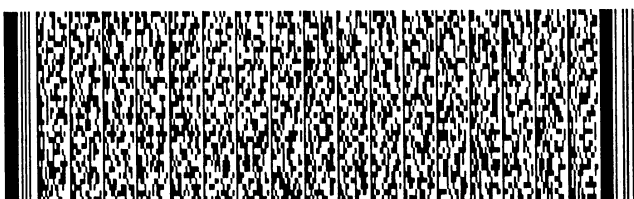
30. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括自Nd:YAG雷射在355奈米附近之波長下將雷射能量衝擊於界面上。

31. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件在 1000°C 下具有大於100毫焦耳／平方公分之分離臨限值。

32. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該犧牲模板係由藍寶石形成。

33. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有大於(Al, Ga, In)N及犧牲模板材料之其中一者之能帶隙，及低於另一材料之能帶隙的光子能量。

34. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有夠高而可引發界面材料之化學及／或物理變化，而可至少使各別模板及(Al, Ga,



六、申請專利範圍

In)N材料之界面黏著弱化的功率密度。

35. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量經脈衝。

36. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有實質上的高斯(Gaussian)光束分佈。

37. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有實質上的高帽(Top Hat)式光束分佈。

38. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有自高(光束中心)至低(光束邊緣)能量之均勻、圓柱形對稱的過渡。

39. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量具有自高(光束中心)至低(光束邊緣)能量之均勻、圓柱形對稱及逐漸的過渡。

40. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該犧牲模板於其之背側具有經粗加工的石英或消光。

41. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量



六、申請專利範圍

衝擊於界面上，及該雷射能量係以包括雷射光束及／或複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之移動的預定掃描圖案衝擊。

42. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該移動包括光柵掃描移動。

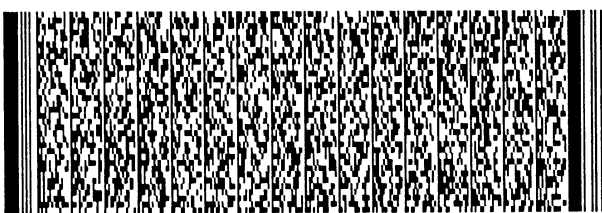
43. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該移動包括同心向內的周圍移動。

44. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該移動包括脈衝階梯移動，其中該在連續雷射脈衝之間的階梯大小係高於分離臨限之雷射光束之點大小的自1至200%。

45. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該移動包括脈衝階梯移動，其中該在連續雷射脈衝之間的階梯大小係高於分離臨限之雷射光束之點大小的自10至50%。

46. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量係以預定的掃描圖案衝擊，其中該掃描圖案係選自包括沿(Al, Ga, In)N晶面之圖案，及沿選自包括a-平面、m-平面、r-平面、及c-平面之低指數(Al, Ga, In)N晶面之圖案。

47. 如申請專利範圍第41項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量係沿(Al, Ga, In)N晶面以預定的掃描圖案衝擊，其中該(Al, Ga, In)N材料包括c-平面GaN及該犧牲模板包括c-平面藍寶石，及該掃描圖案包



六、申請專利範圍

括沿GaN之 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 平面掃描。

48. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該界面包括圖案化界面材料。

49. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該界面包括一圖案化中間層。

50. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量係以於界面形成氣體離開通道之預定掃描圖案衝擊。

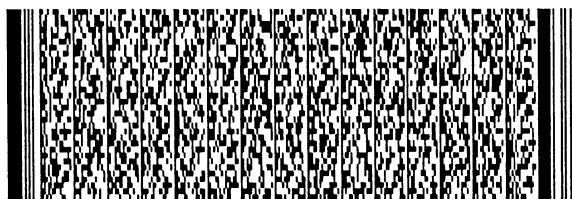
51. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量透射通過犧牲模板而至界面。

52. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，及該雷射能量透射通過(Al,Ga,In)N而至界面。

53. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該模板在將單晶(Al,Ga,In)N材料沈積於模板上之步驟中經蓋板遮蔽。

54. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件於其之背側上經在將單晶(Al,Ga,In)N材料沈積於模板上之步驟中軟化之玻璃密封。

55. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件在將單晶(Al,Ga,In)N材料沈積於模



六、申請專利範圍

板上之步驟中於其之背側上經 SiO_2 材料密封。

56. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件在將單晶 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料沈積於模板上之步驟中於其之背側上經 Si_2N_3 材料密封。

57. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件界面改質，以使犧牲模板自 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料分離，及產生獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件之步驟係於經引入裂解氮之方法環境中進行。

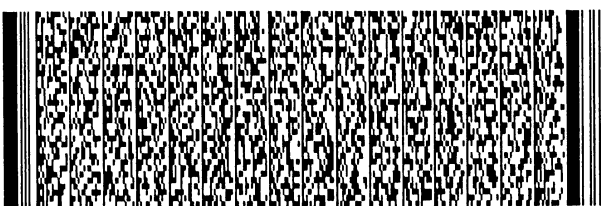
58. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件界面改質，以使犧牲模板自 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料分離，及產生獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件之步驟係於經引入 HCl 之方法環境中進行。

59. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件界面改質，以使犧牲模板自 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料分離，及產生獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件之步驟係於壓力在自 10^{-6} 托爾(Torr)至 10^{10} 托爾之範圍內的方法環境中進行。

60. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件界面改質之步驟包括將雷射能量衝擊於界面上，並監測雷射能量之反射率以控制方法。

61. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，在該將複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件界面改質之步驟開始時，該犧牲模板上之 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料具有大於50微米之厚度。

62. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，在該將複合犧



六、申請專利範圍

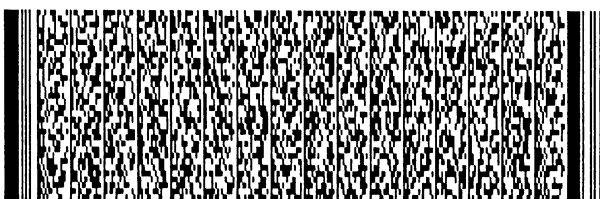
犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質之步驟開始時，該犧牲模板上之(Al, Ga, In)N材料具有在自100至1000微米之範圍內的厚度。

63. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料部分分離。

64. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料部分分離，其中該未經分離之面積係於界面處之犧牲模板之總面積的<50%，且其更包括藉由選自包括下列之分離完成步驟完成分離：(i)使犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件冷卻至環境溫度，以完成犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之分離，及(ii)化學蝕刻以完成分離。

65. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括研磨、切割或沿低指數晶面分開。

66. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括蝕刻界面。



六、申請專利範圍

67. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，於該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(AI, Ga, In)N材料分離，及產生獨立式(AI, Ga, In)N物件之步驟之後，使獨立式(AI, Ga, In)N物件冷卻至環境溫度。

68. 如申請專利範圍第67項之方法，其中，該獨立式(AI, Ga, In)N物件係在 $<20^{\circ}\text{C}$ ／分鐘之速率下冷卻至環境溫度。

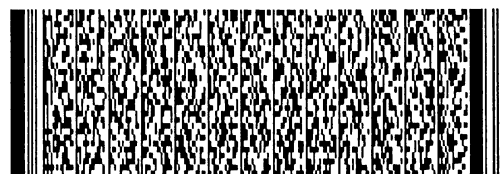
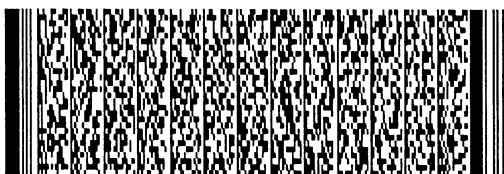
69. 一種形成獨立式物件之方法，包括在高溫下將獨立式物件之構造材料沈積於基材上，以形成包括在基材與該材料之間之界面的複合材料／基材物件；在高溫下將複合材料／基材物件界面改質，以使基材自材料分離，及產生獨立式物件，此高溫係(i)在沈積構造材料之溫度的 500°C 內，及(ii)高於環境溫度；及使獨立式物件冷卻至環境溫度。

70. 一種利用如申請專利範圍第1項之方法形成之獨立式物件。

71. 一種利用如申請專利範圍第69項之方法形成之獨立式物件。

72. 一種複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件，包括在犧牲模板與(AI, Ga, In)N之間之界面，其中該物件係在(AI, Ga, In)N之成長溫度之 300°C 內的溫度下，且該界面包含吸收的雷射能量，其中該吸收的雷射能量係在355奈米左右之波長下。

73. 如申請專利範圍第72項之複合犧牲模板／(Al, Ga,



六、申請專利範圍

In)N 物件，其中該犧牲模板係由藍寶石形成。

74. 如申請專利範圍第1項之方法，其中，該複合犧牲(A1, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(A1, Ga, In)N材料之間的中間層。

75. 一種形成獨立式(A1, Ga, In)N物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

在高溫下將單晶(A1, Ga, In)N材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(A1, Ga, In)N材料之間之界面的複合犧牲模板／(A1, Ga, In)N物件；

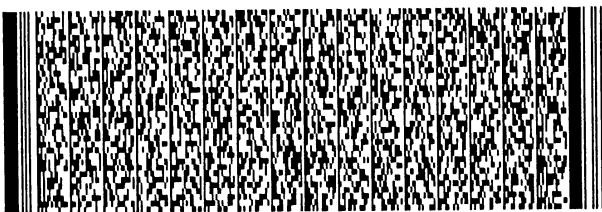
其中將單晶(A1, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括至少一下列步驟：

- (a) 氫化物氣相磊晶術(HVPE)；
- (b) 金屬有機氣相磊晶術(MOVPE)；
- (c) 化學氣相沉積(CVD)；及
- (d) 分子束磊晶術(MBE)；

及

在獨立式(A1, Ga, In)N物件冷卻至環境溫度之前，將複合犧牲模板／(A1, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(A1, Ga, In)N材料至少部分分離，而產生獨立式(A1, Ga, In)N物件，

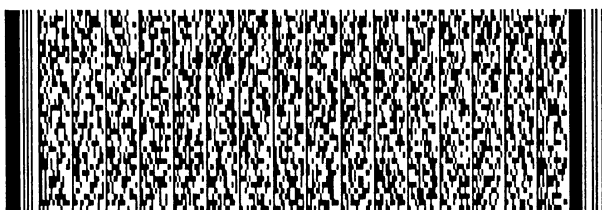
其中將複合犧牲模板／(A1, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(A1, Ga, In)N材料至少部分分離，而產生獨立式(A1, Ga, In)N物件，包括至少一下列步驟：



六、申請專利範圍

- (i) 將能量集中於界面；
- (ii) 將界面加熱至活化或引發物理或化學變化之溫度；
- (iii) 將界面冷卻至低於成長溫度之溫度；
- (iv) 將界面能量改質；
- (v) 將界面能量激發；
- (vi) 於界面提供一中間層；
- (vii) 於界面產生氣體；
- (viii) 分解界面材料；
- (ix) 使聲能衝擊於界面上；
- (x) 將選自包括質子、電子、離子、及粒子束之衝擊介質衝擊於界面上；
- (xi) 將雷射光束衝擊於界面上；
- (xii) rf 耦合至導電性界面；
- (xiii) 蝕刻界面；
- (xiv) 使界面材料選擇性弱化；
- (xv) 使界面材料光降解；
- (xvi) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之光子改質；
- (xvii) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之聲波改質；
- (xviii) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之物理改質；
- (xix) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之化學改質；及
- (xx) 使複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之熱改質。

76. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質之步驟包括選自包括下列之步驟：將能量集中於界面；將界面加熱至活化或引



六、申請專利範圍

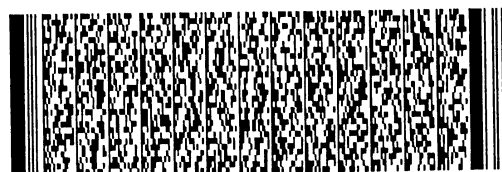
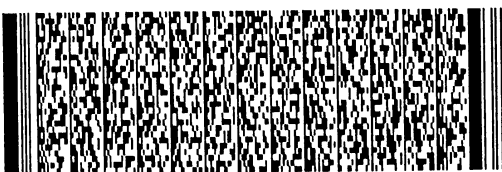
發界面材料之物理或化學變化之溫度；冷卻界面；使界面冷卻然後將界面再加熱；將界面能量改質；將界面能量激發；於界面提供一中間層；將界面摻雜；於界面產生氣體；使界面材料分解；使聲能衝擊於界面上；使粒子束能量衝擊於界面上；rf耦合至導電性界面；蝕刻界面；引發橫向界面龜裂，使界面層脆化；使界面材料選擇性弱化；及使界面材料光降解。

77. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料至少部分分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之500℃內的溫度下分離。

78. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料至少部分分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之300℃內的溫度下分離。

79. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料至少部分分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在選自包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之100℃內之溫度及實質上與該高溫相同溫度的溫度下分離。

80. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該複合犧牲



六、申請專利範圍

模板／(Al, Ga, In)N 物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N 材料之間的中間層，且其中該至少一中間層可有效提供下列之至少一者：犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料之增進的分離性，降低的能帶隙，降低的熱分解溫度，增進的蝕刻性，及相較於(Al, Ga, In)N 材料及／或犧牲模板之增進的成長。

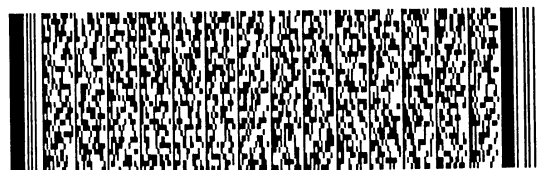
81. 如申請專利範圍第75項之方法，其中，該將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料至少部分分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N 物件之步驟包括在高溫下使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料部分分離，及利用選自包括下列之分離步驟完成分離：(i) 當冷卻至環境溫度時使界面破裂，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料分離，及(ii) 化學蝕刻。

82. 如申請專利範圍第75項之方法，其更包括在將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件界面改質，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N 材料至少部分分離，及產生獨立式(Al, Ga, In)N 物件之該步驟中利用氮或其他含氮物種保護複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件之前側材料。

83. 一種形成獨立式(Al, Ga, In)N 物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

在高溫下將單晶(Al, Ga, In)N 材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N 材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N 物件；及



六、申請專利範圍

在獨立式(Al, Ga, In)N物件冷卻至環境溫度之前，使雷射能量衝擊於界面上，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料至少部分分離，而產生獨立式(Al, Ga, In)N物件。

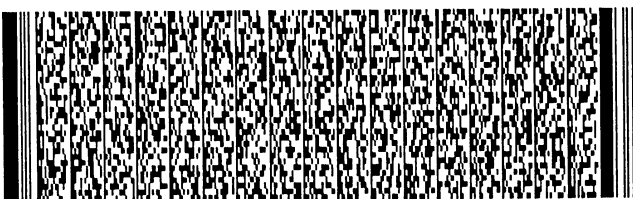
84. 如申請專利範圍第83項之方法，其包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之500℃內的溫度下分離。

85. 如申請專利範圍第83項之方法，其包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之300℃內的溫度下分離。

86. 如申請專利範圍第83項之方法，其包括在選自包括下列之溫度下分離：(i)將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之100℃內的溫度下，及(ii)實質上與將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫相同之溫度下。

87. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層可有效提供下列之至少一者：犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之增進的分離性，降低的能帶隙，降低的熱分解溫度，增進的蝕刻性，及增進的成長。

88. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層可有效提供下列之至少一者：中間層之增進的能量吸收；中間層之



六、申請專利範圍

減低的熱分解溫度；犧牲模板及(Al, Ga, In)N材料之減低的熱分解；界面材料之雷射能量轉變成更可分離的材料；及(Al, Ga, In)N材料之增進的成長。

89. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係於原位沈積。

90. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係非於原位沈積。

91. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該使雷射能量衝擊於界面上，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料至少部分分離，而產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括選自包括下列之步驟：在高溫下使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料部分分離，及選自包括下列之再一步驟：(i)當冷卻至環境溫度時使界面破裂，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，及(ii)化學蝕刻。

92. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該界面經由低於臨限的分離而弱化。

93. 如申請專利範圍第83項之方法，其更包括在高溫下的分離過程中利用氮或其他含氮物種保護複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之前側材料。

94. 如申請專利範圍第83項之方法，其更包括利用HCl自



六、申請專利範圍

獨立式(A1, Ga, In)N物件移除殘留的(A1, Ga, In)。

95. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該獨立式(A1, Ga, In)N物件具有自1至1000微米之厚度。

96. 如申請專利範圍第83項之方法，其更包括將該獨立式(A1, Ga, In)N物件形成為厚度自100至1000微米之晶圓。

97. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該獨立式(A1, Ga, In)N物件係厚度自1至100毫米之(A1, Ga, In)N毛胚。

98. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該獨立式(A1, Ga, In)N物件係於沈積步驟中分離。

99. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該獨立式(A1, Ga, In)N物件係於沈積步驟後分離。

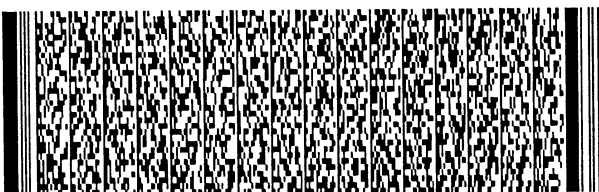
100. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該使雷射能量衝擊於界面上之步驟係於多個衝擊中進行。

101. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，於該沈積及使雷射能量衝擊於界面上之後再進行單晶(A1, Ga, In)N材料的額外沈積。

102. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，將該複合犧牲模板／(A1, Ga, In)N物件自沈積步驟之環境轉移至另一環境。

103. 如申請專利範圍第83項之方法，其中將該複合犧牲模板／(A1, Ga, In)N物件維持於與沈積步驟類似的環境中。

104. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該犧牲模板



六、申請專利範圍

構成複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件中之背側模板，及該使雷射能量衝擊於界面上之步驟係使雷射能量透射通過該背側模板而進行。

105. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該使雷射能量衝擊於界面上之步驟包括光柵掃描。

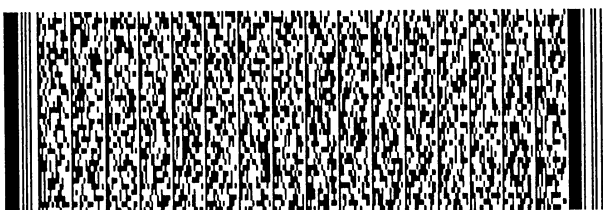
106. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該使雷射能量衝擊於界面上之步驟包括自複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之外側邊緣光掃描。

107. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該犧牲模板係由藍寶石形成，及該使雷射能量衝擊於界面上之步驟包括沿複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之(Al, Ga, In)N材料之 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向光柵掃描。

108. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該使雷射能量衝擊於界面上之步驟包括沿複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之(Al, Ga, In)N材料之晶面的方向光柵掃描。

109. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，該(Al, Ga, In)N材料係為GaN，及該雷射能量係由Nd:YAG或準分子雷射所提供。

110. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，利用選自包括下列之步驟至少部分抑制在複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件上之背側沈積：在沈積步驟中使用蓋板；以軟化玻璃密封犧牲模板；在該沈積步驟中使用真空由於暴露至(Al, Ga, In)N材料而將複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件固定位；在該沈積步驟中由於暴露至(Al, Ga, In)N材料而將



六、申請專利範圍

複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件以物理方式固定位；及於犧牲模板上塗布可抑制背側沈積物沈積於其上之塗料。

111. 如申請專利範圍第83項之方法，其中，經由將可抑制背側沈積物沈積於其上且可透射雷射光之塗料塗布於犧牲模板上，而至少部分抑制在複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件上之背側沈積，其中該塗料係選自包括SiO₂及Si₃N₄之材料。

112. 如申請專利範圍第111項之方法，其中，該塗料係於原位移除。

113. 一種形成獨立式(Al, Ga, In)N物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

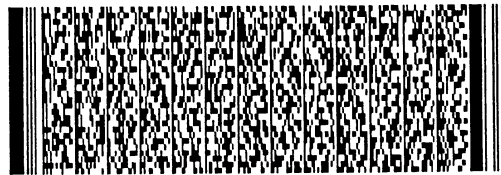
在高溫下將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件；

其中將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括至少一下列步驟：

- (a) 氫化物氣相磊晶術(HVPE)；
- (b) 金屬有機氣相磊晶術(MOVPE)；
- (c) 化學氣相沉積(CVD)；及
- (d) 分子束磊晶術(MBE)；

及

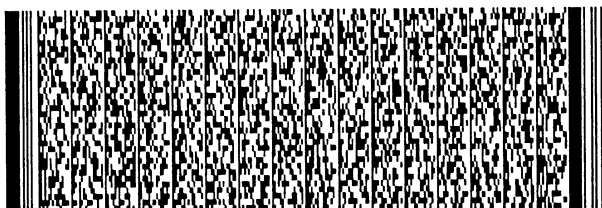
在沈積步驟之高溫或接近此高溫下使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，而產生獨立式(Al, Ga, In)N物件；



六、申請專利範圍

其中在沈積步驟之高溫或接近此高溫下使犧牲模板自 (Al, Ga, In)N 材料分離，而產生獨立式 (Al, Ga, In)N 物件，包括至少一下列步驟：

- (i) 將能量集中於界面；
- (ii) 將界面加熱至活化或引發物理或化學變化之溫度；
- (iii) 將界面冷卻至低於成長溫度之溫度；
- (iv) 將界面能量改質；
- (v) 將界面能量激發；
- (vi) 於界面提供一中間層；
- (vii) 於界面產生氣體；
- (viii) 分解界面材料；
- (ix) 使聲能衝擊於界面上；
- (x) 將選自包括質子、電子、離子、及粒子束之衝擊介質衝擊於界面上；
- (xi) 將雷射光束衝擊於界面上；
- (xii) rf 偶合至導電性界面；
- (xiii) 蝕刻界面；
- (xiv) 使界面材料選擇性弱化；
- (xv) 使界面材料光降解；
- (xvi) 使複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件之光子改質；
- (xvii) 使複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件之聲波改質；
- (xviii) 使複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件之物理改質；
- (xix) 使複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件之化學改質；及
- (xx) 使複合犧牲模板 / (Al, Ga, In)N 物件之熱改質。



六、申請專利範圍

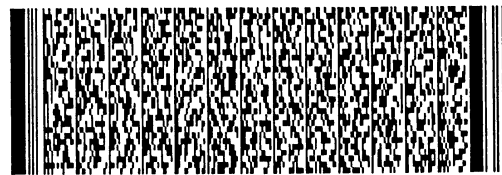
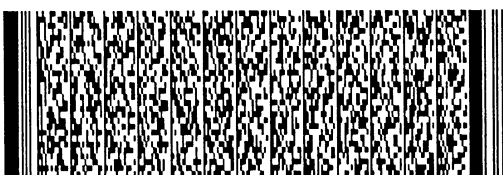
114. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該分離步驟包括選自包括下列之步驟：將能量集中於界面；將界面加熱至活化或引發界面材料之物理或化學變化之溫度；冷卻界面；使界面冷卻然後將界面再加熱；將界面能量改質；將界面能量激發；於界面提供一中間層；將界面摻雜；引發橫向界面龜裂；使界面層脆化；於界面產生氣體；使界面材料分解；使聲能衝擊於界面上；使粒子束能量衝擊於界面上；rf耦合至導電性界面；蝕刻界面；使界面材料選擇性弱化；使界面材料光降解。

115. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之500℃內的溫度下分離。

116. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之300℃內的溫度下分離。

117. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之100℃內的溫度下分離。

118. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層



六、申請專利範圍

可有效提供下列之至少一者：犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之增進的分離性，降低的能帶隙，降低的熱分解溫度或周圍層的降低分解，增進的蝕刻性，及增進的成長。

119. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係於原位沈積。

120. 如申請專利範圍第113項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係非於原位沈積。

121. 如申請專利範圍第113項之方法，其更包括在該分離過程中利用氮或其他含氮物種保護複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之前側材料。

122. 一種形成獨立式(Al, Ga, In)N物件之方法，係利用包括下列步驟：

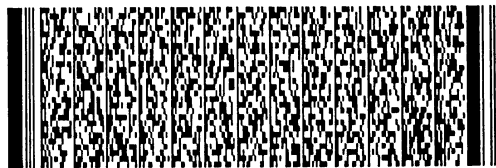
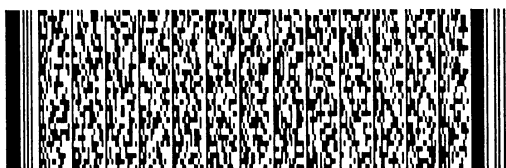
提供一磊晶相容的犧牲模板；

在高溫下將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間之界面的複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件；

其中將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟包括至少一下列步驟：

(a) 氮化物氣相磊晶術(HVPE)；

(b) 金屬有機氣相磊晶術(MOVPE)；



六、申請專利範圍

(c) 化學氣相沉積(CVD)；及

(d) 分子束磊晶術(MBE)；

及

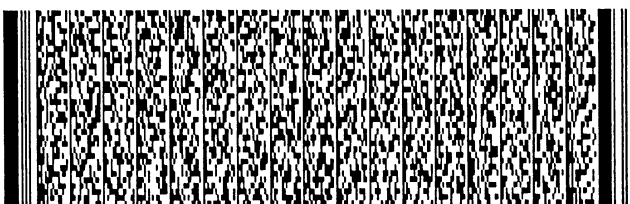
在沈積步驟之高溫或接近此高溫下使用雷射能量之衝擊於界面上，使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，而產生獨立式(Al, Ga, In)N物件。

123. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之500℃內的溫度下分離。

124. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之300℃內的溫度下分離。

125. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離，以產生獨立式(Al, Ga, In)N物件之步驟包括在選自包括下列之溫度下分離：(i) 將單晶(Al, Ga, In)N材料沈積於模板上之步驟之該高溫之100℃內之溫度，及(ii) 該高溫。

126. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層可有效提供下列之至少一者：犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料之增進的分離性，降低的熱分解溫度或周圍層的降低分



六、申請專利範圍

解，轉變成更可分離之複合物件之增進的轉變性，及增進的成長。

127. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係於原位沈積。

128. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件包含至少一在犧牲模板與(Al, Ga, In)N材料之間的中間層，且其中該至少一中間層係非於原位沈積。

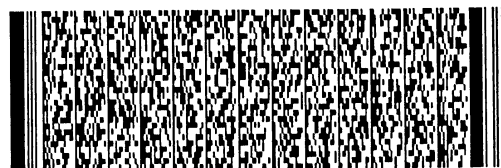
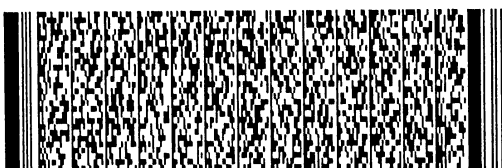
129. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該分離步驟包括在高溫下使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料部分分離，及進一步利用選自包括下列之步驟完成分離：(i)於部分分離步驟之後在冷卻至室環境之過程中使界面破裂，以使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離；及(ii)在環境溫度下使犧牲模板自(Al, Ga, In)N材料分離。

130. 如申請專利範圍第122項之方法，其更包括在該分離過程中利用氮或其他含氮物種保護複合犧牲模板／(Al, Ga, In)N物件之前側材料。

131. 如申請專利範圍第122項之方法，其更包括利用HCl自獨立式(Al, Ga, In)N物件移除殘留的(Al, Ga, In)。

132. 如申請專利範圍第122項之方法，包括於惰性大氣中進行沈積及／或分離步驟。

133. 如申請專利範圍第122項之方法，其更包括將該厚



六、申請專利範圍

度自0.1至100毫米之獨立式(Al,Ga,In)N物件形成為厚度自100至1000微米之晶圓。

134. 如申請專利範圍第122項之方法，其更包括於獨立式(Al,Ga,In)N物件上成長額外的(Al,Ga,In)N。

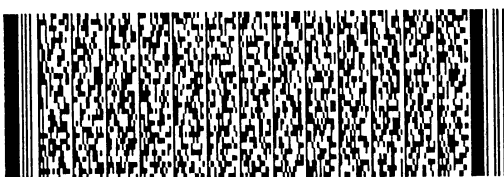
135. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該犧牲模板係由藍寶石形成，及該分離步驟包括沿複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件之(Al,Ga,In)N材料之 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向光柵掃描。

136. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該分離步驟包括沿複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件之(Al,Ga,In)N材料之低指數晶面之方向光柵掃描。

137. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，該(Al,Ga,In)N材料係為GaN，及該雷射能量係由Nd:YAG或準分子雷射所提供。

138. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，利用選自包括下列之步驟至少部分抑制在複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件上之背側沈積：在沈積步驟中使用蓋板；以軟化玻璃密封犧牲模板；在該沈積步驟中使用真空由於暴露至(Al,Ga,In)N材料而將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件固定位；在該沈積步驟中由於暴露至(Al,Ga,In)N材料而將複合犧牲模板／(Al,Ga,In)N物件以物理方式固定位；及於犧牲模板上塗布可抑制背側沈積物沈積於其上之塗料。

139. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，經由將可抑制背側沈積物沈積於其上之塗料塗布於犧牲模板上，而



六、申請專利範圍

至少部分抑制在複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件上之背側沈積，其中該塗料係選自包括 SiO_2 及 Si_3N_4 之材料。

140. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，經由蝕刻將該塗料移除，其中該蝕刻更移除雷射能量吸收沈積物。

141. 如申請專利範圍第122項之方法，其中，將由沈積步驟所產生之能量吸收材料之邊緣沈積物移除，其包括選自包括物理研磨、鋸開、分開及化學移除之移除步驟。

142. 一種形成獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

在高溫下利用HVPE將單晶 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料之間之界面的複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件；及

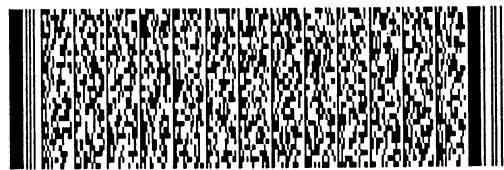
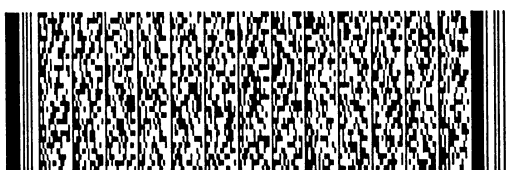
在冷卻至環境溫度之前，使用雷射能量之衝擊於界面上使犧牲模板自 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料分離，而產生獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件。

143. 一種形成獨立式 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件之方法，係利用包括下列步驟：

提供一磊晶相容的犧牲模板；

在高溫下利用HVPE將單晶 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料沈積於模板上，而形成包括在犧牲模板與 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料之間之界面的複合犧牲模板/ $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 物件；及

在成長溫度或接近成長溫度之溫度下使用雷射能量之衝擊於界面上使犧牲模板自 $(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})\text{N}$ 材料分離，而產生



六、申請專利範圍

獨立式(Al, Ga, In)N物件。

144. 一種裝置，包括或係衍生自利用如申請專利範圍第1項之方法製得之獨立式(Al, Ga, In)N物件。

145. 如申請專利範圍第143項之裝置，包括微電子、光電、或微電機械裝置。

146. 一種裝置，包括或係衍生自利用如申請專利範圍第75項之方法製得之獨立式(Al, Ga, In)N物件。

147. 一種獨立式(Al, Ga, In)N晶圓，其係衍生自利用如申請專利範圍第1項之方法製得之獨立式(Al, Ga, In)N毛胚物件。

