



(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 I440074 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：099110277

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 02 日

(51) Int. Cl. : **H01L21/203 (2006.01)**(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：張翼 CHANG, EDWARD YI (TW)；黃延儀 WONG, YUEN YEE (MY)

(74) 代理人：黃孝惇

(56) 參考文獻：

TW 406445

TW 200640029A

US 7491626B2

審查人員：王順德

申請專利範圍項數：2 項 圖式數：5 共 0 頁

(54) 名稱

一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法

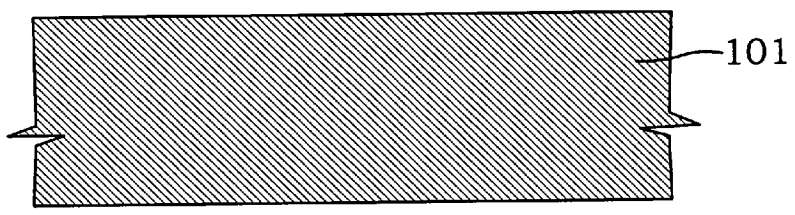
A METHOD FOR REDUCING DEFECTS IN EPITAXIALLY GROWN ON GROUP III-NITRIDE MATERIALS PROCESS

(57) 摘要

本發明揭露一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法，首先提供一異質基板，再以分子束磊晶法沉積形成具有平滑表面的第一層三族氮化物於該異質基板上，係可用以抑制螺旋線差排的形成；接著以分子束磊晶法沉積形成第二層三族氮化物，係可用以成為彎曲刃線差排的成長方向；最後，使用遷移促進磊晶法形成平滑的第三層三族氮化物於該第二層三族氮化物的表面，可以使該第二層三族氮化物表面的吸附原子增強擴散進行的效果，藉以修復該第二層三族氮化物的表面。

The present invention discloses a method to grow group III-nitride materials on a non-native substrate with much reduced threading dislocation (TD) density and smooth surface by using MBE is invented. This includes the growth of a 1st layer of group III-nitride with smooth surface morphology and a 2nd layer of group III-nitride having surface decorated with mesas and trenches. The 1st layer is to suppress the formation of screw TD while the 2nd layer is to bend the propagation of edge TD. After that, the migration enhanced epitaxy (MEE) approach is used to smoothen the 2nd layer surface before a main layer of group III-nitride is growth to the thickness required for different applications. All of these steps are performed in the MBE reactor by carefully control over the arrival rate and sequence of group III atoms and nitrogen radicals onto the sample substrate. By using reflective high energy electron diffraction (RHEED), the change of each layer's surface morphology can be monitored during the growth to achieve the high quality group III-nitride materials.

- 101 . . . 異質基板
- 102 . . . 第一層三族氮化物
- 103 . . . 第二層三族氮化物
- 104 . . . 第三層三族氮化物



第 1A 圖

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：99110277

※ 申請日：99.4.02

※ I P C 分類：H01L 21/03 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法/A method for reducing defects in epitaxially grown on group III-nitride materials process

二、中文發明摘要：

本發明揭露一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法，首先提供一異質基板，再以分子束磊晶法沉積形成具有平滑表面的第一層三族氮化物於該異質基板上，係可用以抑制螺旋線差排的形成；接著以分子束磊晶法沉積形成第二層三族氮化物，係可用以成為彎曲刃線差排的成長方向；最後，使用遷移促進磊晶法形成平滑的第三層三族氮化物於該第二層三族氮化物的表面，可以使該第二層三族氮化物表面的吸附原子增強擴散進行的效果，藉以修復該第二層三族氮化物的表面。

三、英文發明摘要：

The present invention discloses a method to grow group III-nitride materials on a non-native substrate with much reduced threading dislocation (TD) density and smooth surface by using MBE is invented. This includes the growth of a 1st layer of group III-nitride with smooth surface morphology and a 2nd layer of group III-nitride having surface decorated

with mesas and trenches. The 1st layer is to suppress the formation of screw TD while the 2nd layer is to bend the propagation of edge TD. After that, the migration enhanced epitaxy (MEE) approach is used to smoothen the 2nd layer surface before a main layer of group III-nitride is growth to the thickness required for different applications. All of these steps are performed in the MBE reactor by carefully control over the arrival rate and sequence of group III atoms and nitrogen radicals onto the sample substrate. By using reflective high energy electron diffraction (RHEED), the change of each layer' s surface morphology can be monitored during the growth to achieve the high quality group III-nitride materials.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1A 圖至第 1D 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101 異質基板

102 第一層三族氮化物

103 第二層三族氮化物

104 第三層三族氮化物

● 五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係一種三族氮化物磊晶的方法，特別是一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法。

【先前技術】

在傳統的磊晶製造過程中，由於是單個原子的逐步堆積成長過程，故通常會在過程中產生刃狀差排，螺旋差排或是混合差排的現象，造成結晶材料的巨大缺陷，更會嚴重地影響了材料的性能。

在材料科學 (Materials Science) 領域中，結晶材料會產生差排 (Dislocation) 現象，而差排又稱為線缺陷，通常指的是在結晶固體中沿著某個方向，產生晶格和晶格之間的變形，而缺陷變形的越嚴重則缺陷就會越多。

差排可分為刃狀差排和螺旋差排等兩種基本差排型式；在刃狀差排 (Edge Dislocation) 中，局部的結晶格子扭曲係沿著原子之多餘半平面的尾端產生，而該多餘半平面尾端則可用以定義差排線。而螺旋差排 (Screw Dislocation) 則可視為剪刀扭曲的結果，其差排線通過螺旋狀中心以及原子平面盤曲。而在結晶材料中，許多差排擁有刃狀差排和螺旋差排等兩種差排，進而成為混合差排 (Mixed Dislocation)。

而在習知的技術文獻中，如美國專利編號第 5,091,335 號的文獻中，其僅能在同質基板上形成相同的三族氮化合物，且因僅採取單一技術的分子束磊晶法 (Molecular Beam

Epitaxy, MBE) 技術，無法達到製造程序上的便利，故在實際使用上違反了便利原則，限制了其使用的方式。

此外，在該篇文獻中未能清楚明確地揭露任何實際的技術實施手段，包括確切溫度與確實調整比例，故該篇文獻僅能證實理論上的可能性，卻難以依其敘述而據以實施，故在實務應用上，除無法落實於實際應用層面，更缺乏產業上利用的可能性。

故而，為了能降低材料晶體中的缺陷，故需要研發新式之磊晶技術，藉以提高磊晶品質且可降低磊晶的製造時間與製造成本。

【發明內容】

本發明一種在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法，主要係使用分子束磊晶技術以及遷移促進磊晶法，故可成長具有較低差排缺陷，以及具有較高表面平整度的三族氮化物於基板上。

本發明首先提供一異質基板，再以分子束磊晶法 (Molecular Beam Epitaxy, MBE) 沉積形成具有平滑表面的第一層三族氮化物於該異質基板上，係可用以抑制螺旋線差排 (Screw Threading Dislocation) 的形成；接著以分子束磊晶法沉積形成第二層三族氮化物，係可用以成為彎曲刃線差排 (Edge Threading Dislocation) 的成長方向；最後，使用遷移促進磊晶法 (Migration Enhanced Epitaxy, MEE) 形成平滑的第三層三族氮化物於該第二層三族氮化物的表面，

可以使該第二層三族氮化物表面的吸附原子增強擴散進行的效果，藉以修復該第二層三族氮化物的表面。

本發明與傳統技術所不同的是，本發明採用無光罩方法，故而不需要進行顯影製程，且亦無需採用蝕刻法，而可以較低成本與較高效率產生出高品質的三族氮化物。

本發明可以準確地控制磊晶的速度與流量，更可以同步進行磊晶成長的監控。

故而，關於本發明之優點與精神可以藉由以下發明詳述及所附圖式得到進一步的瞭解。

【實施方式】

本發明一種在三族氮化物（即如氮化鎵）磊晶過程中降低缺陷產生的方法，主要係使用分子束磊晶技術與遷移促進磊晶法以成長具有較低差排缺陷，以及具有較高表面平整度的三族氮化物於異質基板（Non-native Substrate）上。請參考第 1A 圖至第 1D 圖，係為本發明製造方法實施例之連續示意圖，詳細說明如下列：

如第 1A 圖所示，首先提供異質基板 101，如藍寶石基板，矽基板等以供本發明後續製程之使用。於本發明所述之異質基板，係指與氮化鎵不相同材質之基板，例如前述之藍寶石基板以及矽基板等，其皆都可提供作為本發明之異質基板的使用。

繼續如第 1B 圖所示，以分子束磊晶法（Molecular Beam Epitaxy, MBE）沉積形成具有平滑表面的第一「三族氮化物

層 102」，即如氮化鎵 (GaN) 於該異質基板 101 上，而當進行磊晶時，控制溫度約為 740°C，而鎵 (Ga) 與氮 (N) 所通入的沉積比率為 1 比 1，即鎵的沉積比率約相等於氮的沉積比率。而此時所形成的三族氮化物層 102 係可用以抑制螺旋線差排 (Screw Threading Dislocation) 的形成。

又如第 1C 圖所示，以分子束磊晶法沉積形成第二「三族氮化物層 103」，即如氮化鎵 103 於該第二「三族氮化物層 102」上，而當進行磊晶時，控制溫度約為 740°C，而鎵與氮所通入的沉積比率約為 0.8 比 1，即鎵的沉積比率約小於氮的沉積比率。其中所形成的該第二「三族氮化物層 103」的表面充滿類似平臺和溝槽的形狀，係可用以成為彎曲刃線差排 (Edge Threading Dislocation) 的成長方向。

如第 1D 圖所示，使用遷移促進磊晶法 (Migration Enhanced Epitaxy, MEE) 形成平滑的第三「三族氮化物層 104」，即如氮化鎵 104 於該第二「三族氮化物層 103」的表面，可以使該第二「三族氮化物層 103」表面的吸附原子增強擴散進行的效果，藉以修復該第二「三族氮化物層 103」的表面。最後，再依所需的應用領域進行後續相關製造程序。

而如第 2 圖所示之「遷移促進磊晶法」技術的原子沉積方法，使前述步驟之分子束磊晶法技術可精準控制三族原子 (如鎵原子) 和氮原子的相互沉積比率，以及磊晶層每一層的成長順序。「遷移促進磊晶法」係透過控制三族原子與氮原子的沉積比率及時間而進行，本發明以下列例子，即以鎵及氮的形成為例說明「遷移促進磊晶法」的進行：

首先沉積鎵原子，時間約 10 秒，此時不沉積氮原子；接著沉積氮原子，時間約 10 秒，此時則不沉積鎵原子；而該兩步驟為一個完整沉積周期。

在首半個周期裏，因為沒有氮原子抵達基板，故鎵原子不會與氮原子產生作用而形成結晶，故所沉積的鎵原子有充足的時間在第二層粗糙的氮化鎵晶體表面進行移動。而粗糙的氮化鎵晶體表面除了有小面積的平臺，還有由許多段差 (step) 及轉折 (kink) 形成的溝槽。由於在段差及轉折部位的晶體表面能比較強，故多數的鎵原子都會被捕捉後且被固定於此處，故而不會停留在小平臺上。

當氮原子於後半個周期裏，沉積到氮化鎵晶體表面時，就會跟被捕捉在段差及轉折上的鎵原子產生作用並形成結晶。在此過程中，由於多數的鎵原子都不會停留在平整的晶體表面而跟氮原子形成鍵結，段差及轉折部分的晶體成長速率將比平整表面的成長速率來得快，因此利用「遷移促進磊晶法」進行足夠的沉積周期後，就能使粗糙的第二層氮化鎵晶體表面恢復平整。當然，沉積的周期時間可控制在任意的時間內，故可調整為較長的時間或是較短的時間，主要目的是使所沉積的鎵和氮的比例為 1 比 1。

而以前述「遷移促進磊晶法」技術進行材料的成長時，係以可活動的擋板 (Shutter) 控制不同的分子束沉積於試片上。亦即於沉積步驟進行中，當有需要沉積某種材料時，便將擋在材料源前方的擋板打開，而不需使用材料源所提供的材料時，便把擋板關起來以阻擋材料沉積到試片上。因此，

利用擋板的開關時間，再搭配材料源的輸出量（可由固態源的坩堝溫度或氣態源的流量控制），就可精準的控制各種材料的沉積速率，而達到最佳的粗糙表面復原效果。

藉由分子束磊晶設備的反射式高能量電子繞射（RHEED）技術的功能，可以觀察成長過程中每一層材料表面的即時變化，可有效的控制及成長高品質的三族氮化物。通常反射式高能量電子繞射技術可以進行量測磊晶的速度，而量測繞射強度隨時間的變化，可控制磊晶的準確度到 0.1 層原子，一般在形成氮化鎵量子井時，需要以一層一層的方式以監控磊晶的品質，其準確度達 1 層原子的準確度。

本發明可以準確地控制磊晶的速度與流量，更可以同步進行磊晶成長的監控，且與傳統技術所不同的是，本發明採用無光罩方法，故而不需要進行顯影製程，且亦無需採用蝕刻法，而可以較低成本與較高效率產生出高品質的三族氮化物。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖至第 1D 圖係為本發明實施例之連續示意圖。

第 2 圖所示係分子束磊晶法技術的原子沉積通入方法。

【主要元件符號說明】

101 異層基板

102 第一層三族氮化物

103 第二層三族氮化物

104 第三層三族氮化物

七、申請專利範圍：

1. 一種以分子束磊晶法與遷移促進磊晶法在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法，至少包含：

提供一異質基板；

以分子束磊晶法 (Molecular Beam Epitaxy, MBE) 沉積形成第一層三族氮化物層於該異質基板上，其中該第一層三族氮化物層係用以抑制一螺旋線差排的形成，其中該分子束磊晶法中，鎵 (Ga) 與氮 (N) 所通入的一沉積比率為 1 比 1，即該鎵的沉積比率約相等於該氮的該沉積比率；

以分子束磊晶法沉積形成一第二層三族氮化物層於該第一層三族氮化物層上，其中該第二層三族氮化物層係用以成為一彎曲刃線差排的成長方向，其中該分子束磊晶法中，鎵與氮所通入的沉積比率約為 0.8 比 1，即該鎵的沉積比率約小於該氮的該沉積比率；以及

以遷移促進磊晶法 (Migration Enhanced Epitaxy, MEE) 形成第三層三族氮化物層於該第二層三族氮化物層的表面，修復該第二層三族氮化物層的表面，藉以形成該在三族氮化物磊晶過程中降低缺陷產生的方法。

2. 一種以分子束磊晶法與遷移促進磊晶法在氮化鎵磊晶過程中降低缺陷產生的方法，至少包含：

提供一異質基板；

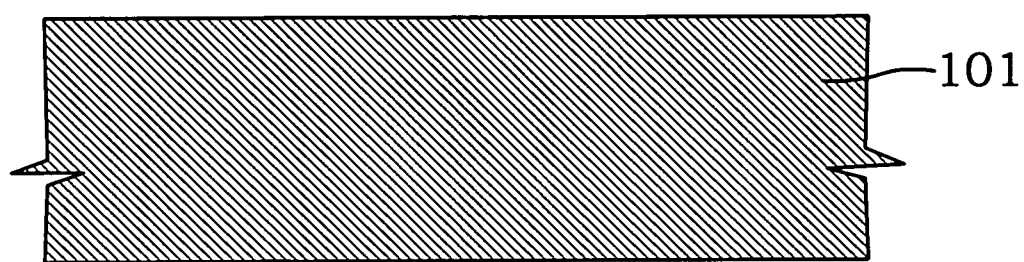
以分子束磊晶法 (Molecular Beam Epitaxy, MBE) 沉積形成第一層氮化鎵層於該異質基板上，其中該第一層氮化鎵層係用以抑制一螺旋線差排的形成，至少包含鎵 (Ga) 與氮 (N)

所通入的一沉積比率為 1 比 1，即該鎵的沉積比率約相等於該氮的該沉積比率；

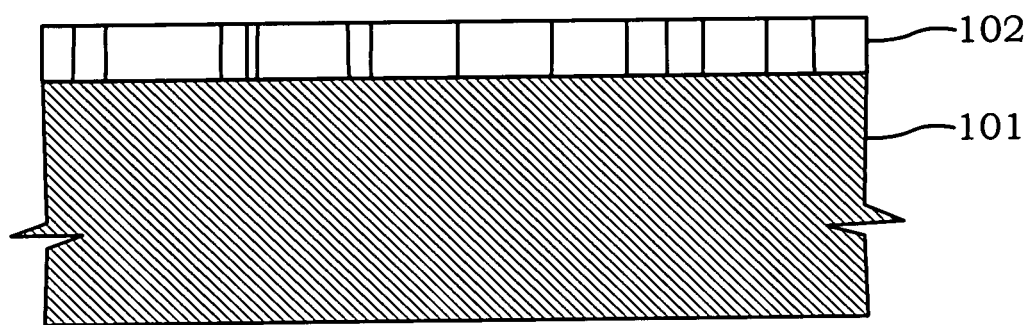
以分子束磊晶法沉積形成第二層氮化鎵層於該第一層氮化鎵層上，其中該第二層氮化鎵層係用以成為一彎曲刃線差排的成長方向，至少包含該鎵與氮所通入的沉積比率約為 0.8 比 1，即該鎵的沉積比率約小於該氮的沉積比率；以及

以遷移促進磊晶法(Migration Enhanced Epitaxy, MEE)形成第三層氮化鎵層於該第二層氮化鎵層的表面，修復該第二層氮化鎵層的表面，藉以形成在該氮化鎵磊晶過程中降低缺陷產生的方法。

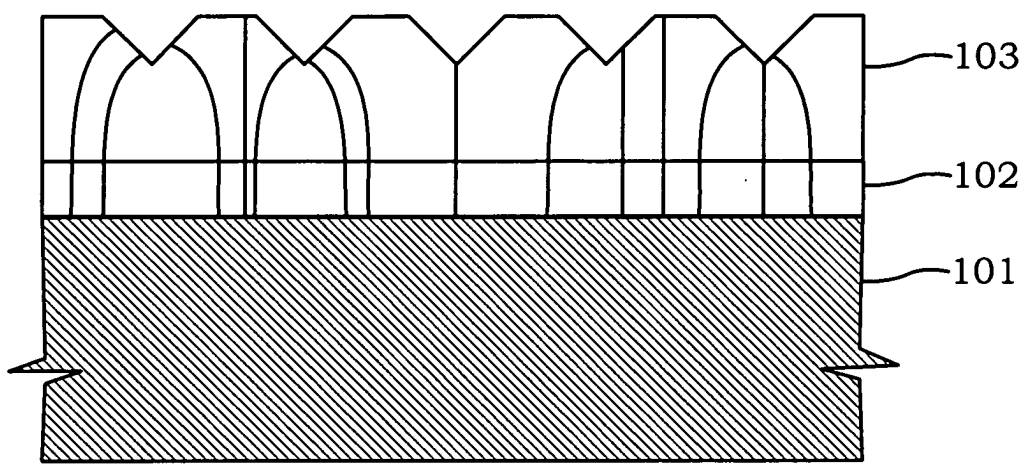
八、圖式：



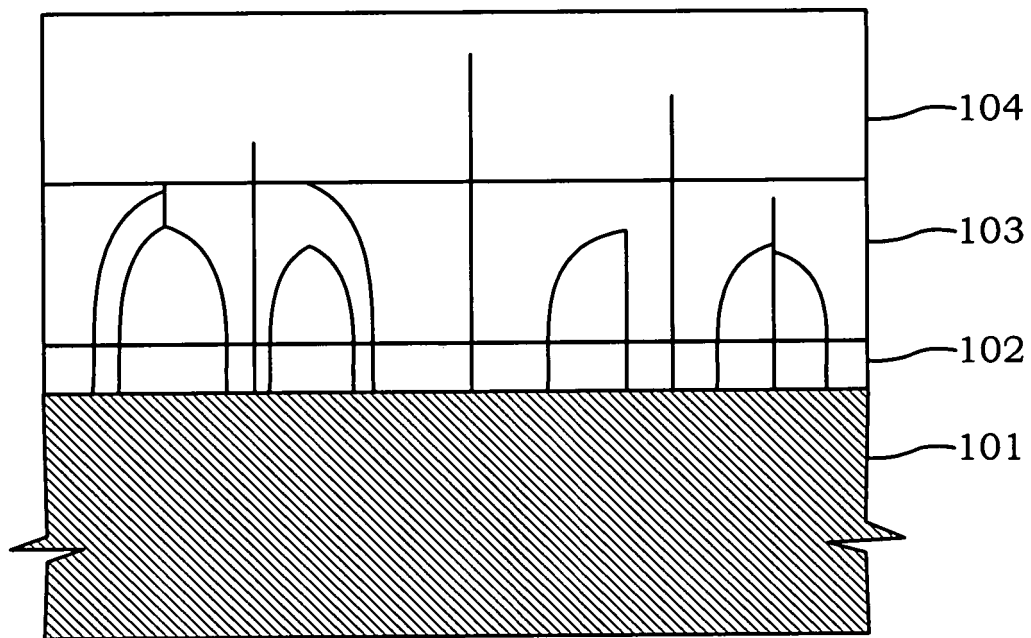
第 1A 圖



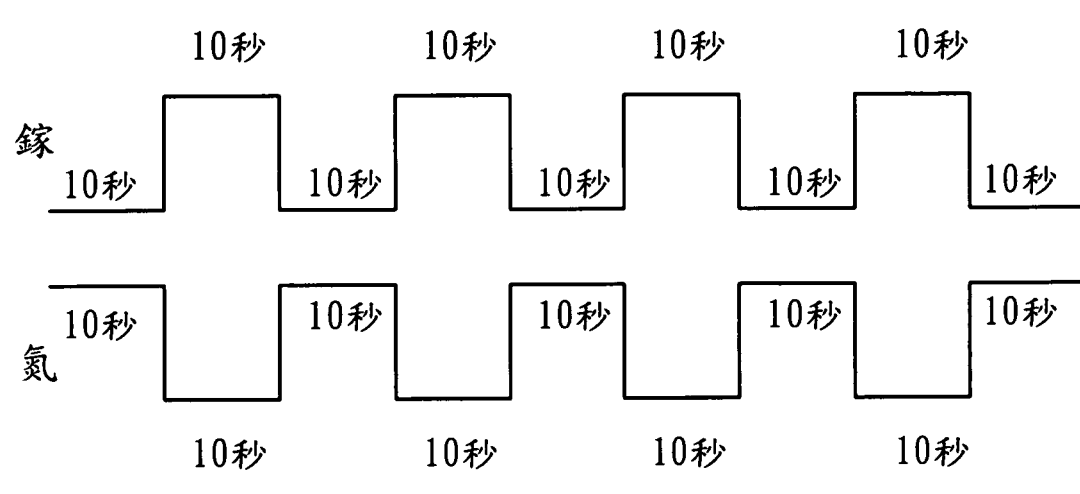
第 1B 圖



第 1C 圖



第 1D 圖



第 2 圖