



(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 201241920 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：100124795

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 13 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/316 (2006.01)*

H01L21/473 (2006.01)

H01L33/30 (2010.01)

(30)優先權：2011/04/14 美國

13/086,663

(71)申請人：光磊科技股份有限公司 (中華民國) OPTOTECH CORPORATION (TW)

新竹市新竹科學工業園區創新一路 8 號

(72)發明人：彭隆瀚 PENG, LUNG HAN (TW)；游政衛 YU, JENG WEI (TW)；葉伯淳 YEH, PO CHUN (TW)

(74)代理人：溫啟仁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：11 共 46 頁

(54)名稱

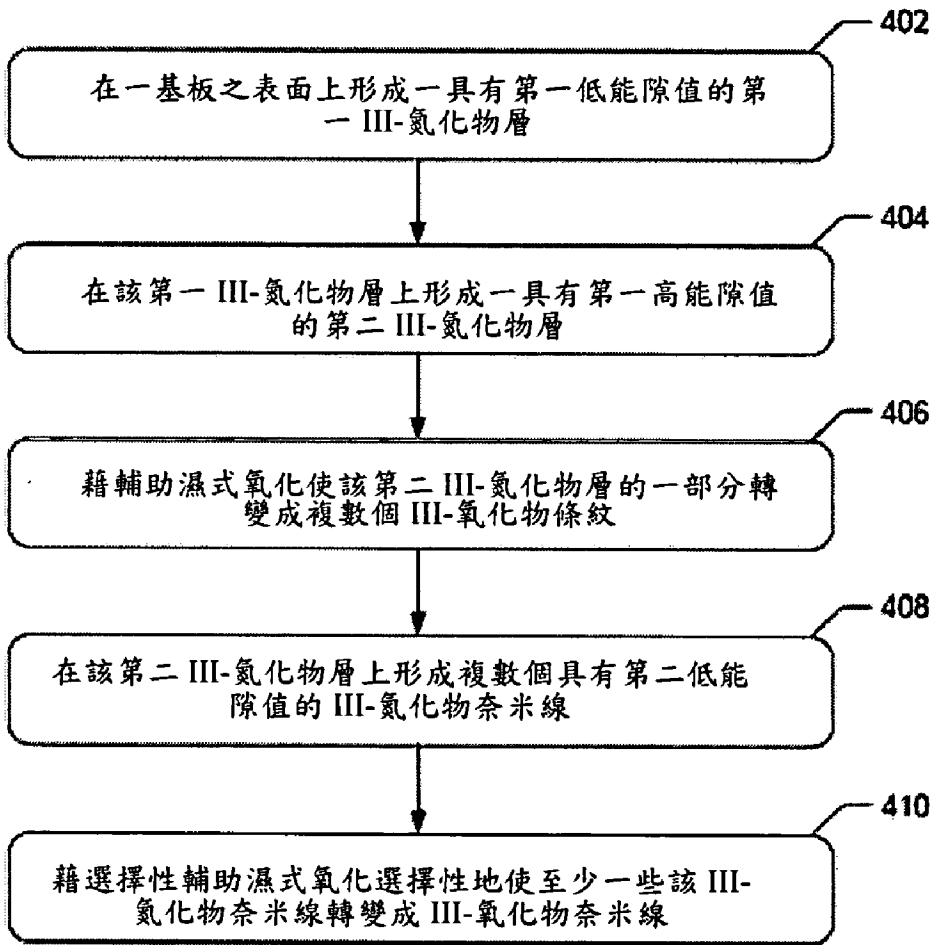
以光輔助濕式氧化技術實現氮化物於基板之再生長方法

METHOD OF SELECTIVE PHOTO-ENHANCED WET OXIDATION FOR NITRIDE LAYER
REGROWTH ON SUBSTRATES

(57)摘要

本發明係有關於一種利用擇性光輔助濕式氧化技術，於基板上實現氮化物再生長的方法。具體言之，本發明係有關於一種方法可以包括：在一基板之第一表面上形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；在該第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；藉光輔助濕式氧化使該第二 III-氮化物層的一些部分轉變成複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及藉選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線。

400





(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 201241920 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：100124795

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 13 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/316 (2006.01)*

H01L21/473 (2006.01)

H01L33/30 (2010.01)

(30)優先權：2011/04/14 美國

13/086,663

(71)申請人：光磊科技股份有限公司 (中華民國) OPTOTECH CORPORATION (TW)

新竹市新竹科學工業園區創新一路 8 號

(72)發明人：彭隆瀚 PENG, LUNG HAN (TW)；游政衛 YU, JENG WEI (TW)；葉伯淳 YEH, PO CHUN (TW)

(74)代理人：溫啟仁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：11 共 46 頁

(54)名稱

以光輔助濕式氧化技術實現氮化物於基板之再生長方法

METHOD OF SELECTIVE PHOTO-ENHANCED WET OXIDATION FOR NITRIDE LAYER
REGROWTH ON SUBSTRATES

(57)摘要

本發明係有關於一種利用擇性光輔助濕式氧化技術，於基板上實現氮化物再生長的方法。具體言之，本發明係有關於一種方法可以包括：在一基板之第一表面上形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；在該第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；藉光輔助濕式氧化使該第二 III-氮化物層的一些部分轉變成複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及藉選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明係有關於一種半導體發光裝置，及特別是有關於一種用於在基板上氮化物層再生長的選擇性光輔助濕式氧化方法。

【先前技術】

[0002] 發光二極體(LED)是一種半導體類的發光源。LED基本上包括半導體材料摻混有雜質以產生 p-n 接面(p-n junction)，其發光的波長及其顏色取決於形成 p-n 接面材料的能隙值(bandgap energy)。在矽或鍺二極體，因為沒有非直接能帶隙材料，故透過非輻射轉移(non-radiative transition)之重新結合的電子與電洞不會產生光發射。用於 LED 的材料具有與近紅外光、可見光或近紫外光對應的直接能帶隙能量。LED 一般係以具有連接至沉積於它表面上的 p-型層之電極的 n-型基板為基礎。以 p-型基板為基礎的 LED 可適用，但較不普遍。許多商業 LED，特別是 GaN/InGaN，也用藍寶石基板。

[0003] 發藍光 LED 以寬能隙值 III-氮化物材料為基礎，如氮化鎵 (GaN) 或氮化銦鎵 (InGaN)。典型的藍光 LED 有一作用區，其由一或多個氮化銦鎵量子井夾在較厚的氮化鎵層之間，稱為覆層。透過改變在 InGaN 量子井中的相對 InN-GaN 的莫耳分率，光發射可以從紫變到黃。

改變氮化鋁鎵 (AlGaIn) 中的鋁和鎵的莫耳分率可以用作製造紫外光 LED 的覆層和量子井層，但是這些還無法達到 InGaIn-GaN 藍/綠裝置的效率和技術的成熟性。如果量子井層結構是 GaN，而不是合金式 InGaIn 或 AlGaIn，該裝置發射波長為約 350-370 nm 的近紫外光。由 InGaIn-GaN 系統製造的綠光 LED 比利用非氮化物材料系統製得的綠光 LED 要亮且更有效率。

[0004] 近些年在 LED 的外量子效率上有了一些進步。其中一種已知的方法如下：先在 C-plane (0001) 面之藍寶石基板上以二維重複的圖案形成複數個突起，然後在藍寶石基板以磊晶技術生長出多個的以 GaN 為基礎的半導體層。該重複的圖案斜度大於或等於 $\lambda/4$ 並且小於或等於 20 微米，同時突起側面有一大於或等於 90 度但小於或等於 160 度的傾角。因此，根據光繞射的機制，所形成的 LED 的外量子效率據了解會由於藍寶石基板上突起的二維圖案而提高。

[0005] 關於在藍寶石基板上以二維重複的圖案形成多個突起，有多種方法經報導，但不是每一個方法都沒有缺點。例如，一種方法係將氧化矽條紋遮罩平行於 GaN $[11\bar{2}0]$ 的方向排列，從而在傾斜的半極性沿 $\{1\bar{1}01\}$ GaN 方向產生光滑層，但是，從遮罩區 (SiO_2) 遷移的雜質可以對之後的氮化物層生長帶來嚴重的材料污染問題。另一種方法係將氧化矽條紋罩平行於 $[1\bar{1}00]$ GaN 的方向排列，從

而在傾斜的半極性沿 $\{11\bar{2}2\}$ GaN 方向產生光滑層，但是，如前述方法所述，從罩區(SiO_2)遷移的雜質可以對之後的氮化物層生長帶來嚴重的材料污染問題。

[0006] 在另一方面，在 LED 結構上可以發現 V 形凹槽缺陷，該結構包括鄰近的具有高能隙值和低能隙值的 Al(Ga)N/In(Ga)N 層。非想要的螺旋錯位會在 V 形凹槽的底部存在。蝕孔密度(EPD)是測量半導體晶片品質的一方法。蝕刻液，如 450°C 熔融的 KOH，加於半導體晶片的表面；蝕刻速率隨著產生凹孔(pit)的晶體錯位而提高，如螺旋錯位。為了抑制螺旋錯位的擴大，一種方法係利用有校準程序的光刻法，但該方法在操作與設備上需要額外的時間和費用。另一種方法係需要 SiO_2 遮蔽及乾式蝕刻。然而，該等方法導致不希望的雜質移動和晶體原子結構的破壞。

【發明內容】

[0007] 本發明係有關於一種選擇性光輔助濕式氧化用於半導體發光二極體 (LED) 的製造方法以及一種利用選擇性光輔助氧化來抑制半導體發光二極體 (LED) 結構中的螺旋錯位之方法。

[0008] 在一方面，本發明關於一種方法可以包括：在一基板之第一表面上形成一具有一第一低能隙值的第一 III-氮化物層；在該第一 III-氮化物層上形成一具有一

第一高能隙值的第二 III-氮化物層；藉由光輔助濕式氧化使該第二 III-氮化物層的部分轉變成複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有一第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及藉由選擇性光輔助濕式氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線。

[0009] 在一個實施例中，前述選擇性光輔助濕式氧化可以包括用介於前述第一高能隙值和前述第一低能隙值之間的光子能的選擇性光輔助濕式氧化。

[0010] 在一個實施例中，前述 III-氮化物奈米線可以包括 In/GaN 奈米線，並且前述 III-氧化物奈米線包括 $(\text{In/Ga})_2\text{O}_3$ 奈米線。

[0011] 在一個實施例中，前述基板可以包括 C-plane(0001)面之藍寶石基板，其中前述第二 III-氮化物層包括 GaN 層，並且 III-氧化物條紋大體上與 $-\text{[1}\bar{1}\bar{2}\text{0]}$ 或 $[\text{1}\bar{1}\bar{0}\text{0}]$ GaN 方向平行排列。

[0012] 在一個實施例中，前述方法可以進一步包括：在前述第二 III-氮化物層以及前述 III-氧化物奈米線上形成一第三 III-氮化物層；及除去前述 III-氧化物奈米線，以在前述第三 III-氮化物層形成複數個空氣隙。

[0013] 形成一第三 III-氮化物層可以包括藉由金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)方法，利用該第三 III-氮化物層的側向外延生長而形成前述第三 III-氮化物層。除去前述

III-氧化物奈米線可以包括利用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解前述 III-氧化物奈米線。

[0014] 前述方法進一步包括：用一熱導材料來填充前述空氣隙，其中該熱導材料可以包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。

[0015] 二者擇一或另外地，前述方法可以進一步包括利用一電導材料填充前述空氣隙，其中該電導材料可以包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。

[0016] 在一個實施例中，前述方法可以進一步包括在前述第三 III-氮化物層上形成複數個 III-氮化物層，以形成至少一個發光二極體(LED)。

[0017] 在另一方面，一種方法可以包括：在 C-plane(0001)面之藍寶石基板上形成一具有一低能隙值的第一 III-氮化物層；在前述第一 III-氮化物層上形成一具有一高能隙值的第二 III-氮化物層；在前述第二 III-氮化物層上形成發光二極體(LED)結構；及至少部分藉由選擇性光輔助氧化在前述發光二極體(LED)結構中，形成複數個相互平行並且和前述第二 III-氮化物層相鄰的空氣隙。

[0018] 在一個實施例中，前述至少部分藉由選擇性光輔助氧化在前述發光二極體(LED)結構中，形成複數個相互平行並且和前述第二 III-氮化物層相鄰的空氣隙可以包括：藉由光輔助濕式氧化，將前述第二 III-氮化物層之部分表面轉變成複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-

氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有一第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及藉由選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線；在前述第二 III-氮化物層以及前述 III-氧化物奈米線上形成一第三個 III-氮化物層；及除去前述 III-氧化物奈米線，形成複數個空氣隙。

[0019] 在一個實施例中，前述選擇性光輔助濕式氧化可以包括用位於前述第一高能隙值和前述第一低能隙值之間的光子能的選擇性光輔助濕式氧化。

[0020] 在一個實施例中，除去前述 III-氧化物奈米線可以包括利用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解前述 III-氧化物奈米線。

[0021] 在一個實施例中，前述方法可以進一步包括：用一熱導材料來填充前述空氣隙，其中該熱導材料包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。二者擇一或另外地，前述方法可進一步包括用一電導材料來填充前述空氣隙，其中該電導材料可以包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。

[0022] 在一個實施例中，前述方法可以進一步包括：在前述第二 III-氮化物層形成於第一 III-氮化物層上之後但在發光二極體(LED)結構形成於第二 III-氮化物層上之前，藉由選擇性光輔助氧化，在位於前述第二 III-氮

化物層或第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的組合體中的 V 形凹槽，形成一表面鈍化層。

[0023] 在一個實施例中，前述表面鈍化層可以包括一 III-氧化物層。

[0024] 在一個實施例中，在第二 III-氮化物層上發光二極體(LED)結構的形成可以包括，在前述表面鈍化層和前述第二 III-氮化物層上，藉使用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)側向外延生長第三 III-氮化物層，而形成一第三 III-氮化物層。

[0025] 在一方面，本發明關於一種抑制發光二極體(LED)結構中螺旋錯位之方法，可以包括：在一基板的一第一面形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；在前述第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；以及藉由選擇性光輔助氧化，在位於前述第二 III-氮化物層或前述第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的組合體中的 V 形凹槽，形成一表面鈍化層。

[0026] 在一個實施例中，前述方法可以進一步包括：在前述表面鈍化層和前述第二 III-氮化物層上，藉使用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)選擇性側向外延生長第三 III-氮化物層，而形成一第三 III-氮化物層。

【實施方式】

[0027] 本發明係有關於一種選擇性光輔助濕式氧化用於 LED 結構的製造方法及一種抑制 LED 結構上的螺旋錯位擴展的方法。

[0028] 在具有低能隙值 $E_{g,Lo}$ 的 III-氮化物層放置在具有高能隙值 $E_{g,Hi}$ 的 III-氮化物層之上或氮化物層放置在具有高能隙值 $E_{g,Hi}$ 的 III-氮化物層放置在具有低能隙值 $E_{g,Lo}$ 的 III-氮化物層之上的半導體結構中，選擇性光輔助濕式氧化的光電能為 $h\gamma$ ，並且 $E_{g,Lo} < h\gamma < E_{g,Hi}$ ，該氧化使具有 $E_{g,Lo}$ 的 III-氮化物化合物轉變為 III-氧化物化合物。該技術可用於在 III-氮化物層上形成 III-氧化物奈米線。在該存在的 III-氮化物層和 III-氧化物奈米線之上，可以利用 MOCVD 來側向生長一新 III-氮化物層。之後，可以藉使用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解 III-氧化物奈米線來形成空氣隙。這些空氣隙為光繞射提供了晶格動量，從而有效地提高外量子效率，如同有複數個在 C-plane (0001) 面藍寶石基板表面上重複的二維圖案之突起模式，在操作時，這些空氣隙同時有助於從 LED 結構中散熱。另外，本發明專利優點在於除去源自於單層的材料污染源。

[0029] 對於半導體結構，藉使用選擇性光輔助氧化可以形成表面鈍化層來填充具有低能隙值 III-氮化物層的 V 形凹槽缺陷底部，從而抑制 III-氮化物層的 V 形凹槽底部的螺旋錯位擴展。之後，III-氮化物層可以選擇性地

側向外延生長。這一技術避免了因使用照明調整程序而有相對較高的費用和較長的時間，同時也避免不希望的雜質移動和對晶體原子結構的破壞。

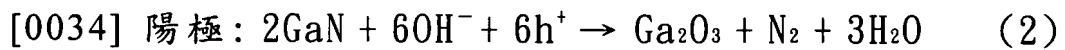
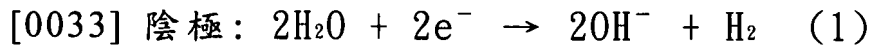
[0030] 請參看圖 7-11，本發明的光輔助化學氧化/蝕蝕方法將以運用本發明之一或多種的光輔助化學氧化/蝕蝕之具體實施例說明如下。

光輔助化學氧化(蝕蝕)

[0031] 光輔助化學(PEC)氧化/蝕蝕程序是一種光化學方法。對於 III-氮化物材料，該程序包括紫外線(UV)照射電化學反應槽，該電化學反應槽是由一個 III-氮化物工作電極，一個鉑(Pt)配對電極(counter electrode)以及一個參照電極浸漬於電解質中而形成的。該反應結果是在 III-氮化物/電解質界面的 UV 激活的熱載流子有額外的能量去接觸水中的氧化還原作用的 H^+/H_2 和 OH^-/O_2 ，從而加強 III-氮化物樣品的氧化分解。

[0032] 圖 7 顯示一實驗設置。一個或多個樣品被用鉑墊圈夾固在鐵氟龍基座上。鉑陰極和電流計被用於監視反應槽的反應電流。波長為 253.7 nm 的汞燈源以強度為約 $20mW/cm^2$ 的紫外光照射整個樣品表面。UV 照射產生電子電洞對並且加強半導體表面的氧化和還原反應。蝕蝕程序的溶液可以是 KOH 和 H_3PO_4 等等，氧化的緩衝液可以是醋酸/醋酸銨(CH_3COOH/CH_3COONH_4)。據報導，PEC 氮化鎵

蝕刻透過氧化分解發生，其中光生電洞幫助氧化和之後的半導體分解成水性酸或鹼溶液。與氮化鎵分解相關的氧化反應之反應式如下，其中 e^-/h^+ 分別代表光生電子/電洞。



[0035] 形成在半導體和電解液的界面上的氧化鎵可以根據 PEC 程序的溶液被去除(蝕刻)或保留(氧化)。圖 8 所示係含有不同摻雜型態的氮化鎵的表面能帶圖。

[0036] 圖 8 描述在半導體/電解質界面的 n 型和 p 型能帶彎曲。由於在氮化鎵膜中不同種類的摻質形成向上(n-GaN)與向下(p-GaN)的能帶彎曲。對於 n 型-GaN，光生電洞可以在靠近半導體/電解質界面有效地積聚，從而輔助氮化鎵的氧化和還原。但是，p 型-GaN 的向下能帶彎曲使電子積聚在界面附近。電子的積聚加強了氧化鎵之間鍵合的強度，不僅降低 Ga_2O_3 的溶解速率而且抑制氮化鎵的進一步氧化。

氧化鎵之光輔助化學濕式氧化特性

[0037] 有一些關於氮化鎵或相關化合物在晶體學方面的氧化或蝕刻特性的報導，例如方位定向對蝕刻速率，凹穴和凸丘(pits and hillocks)的形狀及溶解過程的影

響。據發明人所知，目前沒有關於氮化鎵之濕式化學氧化的方位定向效應的報導。

[0038] 為此目的，發明人藉使用金屬有機化學氣相沉積法(MOCVD)在藍寶石上生長 4 微米厚的 n 型氮化鎵外延生長層。該基板放置且拋光至大約 90 微米厚度，以容許可以裂開以便觀察蝕刻剖面。使用標準的光刻法和剝離技術把一個薄的鈦金屬或約 100 奈米厚的並平行於 $[11\bar{2}0]_{\text{GaN}}$ 方向的光阻條放置於樣品上。圖 7 顯示該電化學反應槽，其中鈦金屬或光阻條狀開口和每個樣品邊緣接觸作為 PEC 的工作電極而 Pt 作為配對電極。pH 值為 6.4 的醋酸緩衝液 ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONH}_4$) 用於調節與氮化鎵之能帶邊緣相關的氧化還原之費米能階(redox Fermi level)。圖 9 顯示一描述式掃描電子顯微照相，該掃描電子顯微照相揭示在 PEC 氧化 2 小時以及在 350°C 回火 1 小時後的裂開橫斷氧化面。

[0039] 如圖觀察到體積擴展發生在從 GaN 轉變為 Ga_2O_3 的過程中。並且，出現在氧化物的裂縫顯示了在氧化層裏的應變釋放。發明人也注意到氧化斷面揭示了各向異性的反應速率。從氧化面之下的斷面，沿著 $[000\bar{1}]$ 的氧化速率比沿著 $[1\bar{1}00]_{\text{GaN}}$ 快近 10 倍。這種各向異性可能由於不同的氮化鎵晶體表面場和表面能量的差異所造成。在本發明，氮化鎵表面能帶彎曲造成的沿著 $[000\bar{1}]$ 的內場從而加強 PEC 氧化過程。這樣內場方向(沿 c-軸)使得 $\{1\bar{1}00\}_{\text{GaN}}$ 和

$\{11\bar{2}0\}_{\text{GaN}}$ 的非極性平面的影響被減少以至降低氧化速率。對於重複氧化和去除氧化物可以利用沿著平行於 $[11\bar{2}0]_{\text{GaN}}$ 方向的 Ti 或光阻條狀開口，鋪設於 4 微米厚的氮化鎵樣品表面，並將後者浸漬於醋酸溶液中來作進一步的研究。該條紋的寬度約有 1.2 微米，有一大小相同的氮化鎵開口。氮化鎵樣品首先被 PEC 氧化約 2 小時，再經過去除氧化物的過程，及隨後經過連續 2 小時的氧化以達到深度氧化概況。如圖 10 所示，所得到的剖面圖展現了介於 $\{1\bar{1}00\}_{\text{GaN}}$ 和 $\{1\bar{1}03\}_{\text{GaN}}$ 並且對基板法線有 60 度傾斜角的五邊形截面。

[0040] 根據 PEC 氧化的晶體性，對於如雷射垂直面，發光二極體 (LED) 和微腔體之製作等的應用所需的不同的氧化斷面可以容易得到。

選擇性光輔助濕式氧化(蝕刻)

[0041] 選擇性光輔助濕式氧化(蝕刻)過程涉及用光能 ($h\gamma$ ，其中 $E_{g,Lo} < h\gamma < E_{g,Hi}$) 觸發光輔助濕式氧化，使具有 $E_{g,Lo}$ 能隙值的 III-氮化物轉變為 III-氧化物。例如，透過選擇性光輔助濕式氧化，III-氮化物如 (In/Ga)N 可轉變為 III-氧化物如 (In/Ga)₂O₃。結果，具有低能隙值 $E_{g,Lo}$ 的第一 III-氮化物層轉變為對應的 III-氧化物層，並且具有高能隙值的 $E_{g,Hi}$ 的第二 III-氮化物層保持原有的組成。在典型的光輔助濕式氧化(蝕刻)過程中，在半導體

和電解液的界面上形成的 III-氮化物可以被除去(蝕刻)或保留(氧化)係取決於光化學反應的溶液。圖 11 所示為選擇性光輔助濕式氧化作用於具有蝕槽的 AlGaIn/GaN 雜結構的結果。從 GaIn 選擇性的轉變為 Ga_2O_3 並留下 AlGaIn 是可行的，並且沒有用到任何金屬罩膜。

LED 結構製造例示

[0042] 圖 1A-1G 係根據本發明專利的一個實施例，顯示 LED 結構製造過程的示意圖。雖然這些圖沒有按比例繪製，但是圖 1A-1B 是同樣地根據一比例繪製，而圖 1C-1G 則同樣地根據另一個不同的比例繪製。

[0043] 圖 1A 描述一基板結構 110，該基板 110 之上沉積著一第一 III-氮化物層 120，和一第二 III-氮化物層 130 沉積在該第一 III-氮化物層 120 上。在一個實施例中，基板 110 是藍寶石基板。在一個實施例中，基板 110 是 C-plane (0001) 藍寶石基板。在其他實施例中，基板 110 可以是 A-plane ($11\bar{2}0$) 藍寶石基板，R-plane (1102) 藍寶石基板，或 M-plane ($1\bar{1}00$) 藍寶石基板。第一 III-氮化物層 120 和第二 III-氮化物層 130 屬於氮化物層，該氮化物層包括元素週期表中的硼族，如 Al (鋁)、Ga (鎵)、及 In (銻)。在一個實施例中，第一 III-氮化物層 120 可包括一 GaN、InN、AlGaIn、或 InGaIn 層。在一個實施例中，第二 III-氮化物層 130 可包括一 GaN、InN、AlGaIn、

或 InGaN 層。在第一 III-氮化物層 120 和第二 III-氮化物層 130 之間，第一 III-氮化物層 120 具有低能隙值 $E_{g,Lo1}$ 和第二 III-氮化物層 130 具有高能隙值 $E_{g,Hi1}$ ，其中 $E_{g,Hi1} > E_{g,Lo1}$ 。

[0044] 圖 1B 描述複數個 III-氧化物條紋 135(1)-135(M) 在第二 III-氮化物層 130 頂面形成。具體而言，該複數個 III-氧化物條紋 135(1)-135(M) 如上所述，可以藉由光輔助濕式氧化方法而形成。雖然實施例中，III-氧化物條紋 135(1)-135(M) 的數目是固定的，但是該數目在不同的實施例中可以增加或減少。其中 M 是大於 1 的正整數。在一個實施例中，當高能隙值的第二 III-氮化物層 130 包括 Al/GaN，該 III-氧化物帶 135(1)-135(M) 則分別包括 $(Al/Ga)_2O_3$ 。該 III-氧化物帶 135(1)-135(M) 彼此相互平行。在一個實施例中，該 III-氧化物帶 135(1)-135(M) 平行於 GaN 的 $[11\bar{2}0]$ 或 $[1\bar{1}00]$ 方向排列。

[0045] 圖 1C 描述複數個低能隙值的 III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 在 III-氧化物帶 135(M-1)-135(M) 之間的第二 III-氮化物層 130 頂面生長。雖然實施例中，III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 數目是固定的，但是該 III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 數目在不同的實施例中可以增加或減少。其中 N 是大於 1 的正整數。在一個實施例中，III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 包含低能隙值 $E_{g,Lo2}$ 與 $E_{g,Lo1}$ 可以相同或不同。因為 III-氮化物奈米線

140(1)-140(N)於 III-氧化物帶 135(M-1)-135(M)之間生長，III-氮化物奈米線 140(1)-140(N)彼此平行，及平行於 GaN 的 $[11\bar{2}0]$ 或 $[1\bar{1}00]$ 方向。

[0046] 圖 1D 描述選擇性光輔助濕式氧化後結果，與上述類同，選擇性光輔助濕式氧化選擇性地將 III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 轉變為 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N)。具體而言，帶有光子能 $h\gamma$ ，其中 $E_{g,Lo} < h\gamma < E_{g,Hi}$ ，的選擇性光輔助濕式氧化能將具有 $E_{g,Lo}$ 之 III-氮化物轉變為 III-氧化物。例如，低能隙值的 III-氮化物如 In/GaN 可以藉選擇性光輔助濕式氧化轉變為 $(In/Ga)_2O_3$ 。

[0047] 圖 1E 描述一第三 III-氮化物層 150 在第二氮化物層 130 上和 III-氧化物條紋 135(M-1)-135(M) 上形成 (在圖 1E 右遠端和左遠端未標示)。該第三 III-氮化物層 150 可以在第二氮化物層 130 一面處被核化；該面沒有被 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N) 和 III-氧化物條紋 135(M-1)-135(M) 所覆蓋。側向外延生長所產生的聚結發生並且導致形成包括第三 III-氮化物層 150 的一平整表面。在一個實施例中，第三 III-氮化物層 150 的側向外延生長可以藉 MOCVD 方法來完成。因為 III-氮化物可以在 C plane (0001) 的藍寶石基板上核化但是不能在氧化物的表面 (如 III-氧化物層) 生長，MOCVD 可以運用於第三 III-氮化物層 150 的側向外延生長和形成。

[0048] 圖 1F 描述在第三 III-氮化物層 150 上組成的包括一或多個 LED 的一 LED 結構。在一個實施例中，如圖 1F 所示，複數個 III-氮化物層，如一第四 III-氮化物層 160 和一第五 III-氮化物層 170，相繼地放置於第三個 III-氮化物層 150 之上。例如，一以 GaN 為基礎的 LED 結構，第三 III-氮化物層 150 可以包括 n-GaN，第四 III-氮化物層 160 可以包括一或多個量子井(MQW)發射層，以及第五 III-氮化物層 170 可以包括 p-GaN。在各種的實施中，這些 III-氮化物層可以包括其他化合物。在其他實施例中，在第三 III-氮化物層 150 上所放置的 III-氮化物層的數目是可變的。複數個 LEDs 可以藉切割如圖 1F 的 LED 結構而得。

[0049] 圖 1G 描述在 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N)被除去後形成複數個空氣隙 180(1)-180(N)的 LED 結構。在一個實施例中，考慮到 III-氧化物，如 $\text{In/Ga}_2\text{O}_3$ ，會溶解在微酸或微鹼性蝕刻液而 III-氮化物卻不會，III-氧化物奈米線 145(1)-145(N)可透過把 LED 結構浸漬在微酸性蝕刻液(如 H_3PO_4)或微鹼性蝕刻液(如 KOH)而被去除。

[0050] 空氣隙 180(1)-180(N)提供了光繞射的晶格動量從而有利於提高外部量子效率，如同有複數個在 C plane (0001)面藍寶石基板上重覆的二維凸起模式所達到的效果。這些空氣隙 180(1)-180(N)同時可以幫助 LED 結構在

操作時散熱。本案所述的技術有利於除去罩層所產生的材料污染來源。

[0051] 在一個實施例中，空氣隙 180(1)-180(N)被填入熱導材料，其熱導材料可包括複數個奈米粒子、複數個複合粒子或它們的組合。另外地或二者擇一地，空氣隙 180(1)-180(N)可以被填入電導材料，包括複數個奈米粒子、複數個複合粒子或它們的組合。

抑制螺旋錯位擴展的例示

[0052] 圖 2A-2C 描述根據本發明專利的一個實施例之抑制螺旋錯位擴展的方法示意圖。

[0053] 圖 2A 描述一 LED 結構，其包括一基板 210，放置在基板 210 之上的第一 III-氮化物層 220 和放置在第一 III 氮化物層 220 之上的第二 III-氮化物層 230。第一 III-氮化物層 220 具有一低能隙值 $E_{g,Lo}$ 並且第二 III-氮化物層 230 具有一高能隙值 $E_{g,Hi}$ ，其中 $E_{g,Hi} > E_{g,Lo}$ 。V 形凹槽 240(1)和 240(2)一般透過濕式化學蝕刻形成在 III-氮化物之表面，該濕式化學蝕刻用熱鹼或酸，如 KOH 或 H_3PO_4 ，以顯現蝕孔密度。如圖 2A 所示，該 V 形凹槽 240(1)和 240(2)位於第二 III-氮化物層 230 或第一 III-氮化物層 220 和第二 III-氮化物層 230 的組合體中。螺旋錯位係位於 V 形凹槽 240(1) 和 240(2)的底部。

[0054] 圖 2B 描述表面鈍化層 250(1)和 250(2)，分別形成在 V 形凹槽 240(1) 和 240(2) 之中。表面鈍化層 250(1) 和 250(2) 選擇性地充滿各別的 V 形凹槽 240(1) 和 240(2) 的底部。在一個實施例中，表面鈍化層 250(1)和 250(2) 包括一 III-氧化物層。例如，當第二 III-氮化物層 230 和第一 III-氮化物層 220 包括 In/GaN 時，表面鈍化層 250(1)和 250(2)可以包括 $(\text{In/Ga})_2\text{O}_3$ 。在一個實施例中，該表面鈍化層 250(1)和 250(2)可以藉選擇性光輔助氧化而形成。

[0055] 圖 2C 描述一第三 III-氮化物層 260 藉 MOCVD 方法選擇性地讓第三 III-氮化物層 260 側向外延生長，從而形成在表面鈍化層 250(1)、250(2)和第三 III-氮化物層 230 之上。如有必要，可以在第三 III-氮化物層 260 形成更多的層，如一層 270。

[0056] 因此，藉使用表面鈍化層 250(1)和 250(2)填充 V 形凹槽 240(1)和 240(2)，螺旋錯位的擴展可被抑制。和現有的技術不同，本發明申請避免了因為照明調整過程而造成的較高的費用和較長的時間。一些問題，如不良的雜質遷移及/或對於氧化矽 (SiO_2) 罩或乾蝕刻所造成對晶原體結構的破壞，也可以避免。這方法可重複用於在 LED 結構上的 MOCVD 再生，從而達到相對地較低的錯位密度，例如 $10^7 - 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 。

例示實施例

[0057] 圖 3A-3B 為根據本發明專利之實施例照片。

[0058] 圖 3A 描述藉選擇性光輔氧化被選擇性地轉變為一 III-氧化物層 Ga_2O_3 的沿 $[11\bar{2}0]$ 軸向生長的 III-氮化物 GaN 奈米線的外部表面。

[0059] 圖 3B 描述在一低能隙值 GaN/藍寶石基板上的複數個 AlGaO 條紋和複數個高能隙值 AlGaN 條紋開口。利用選擇性光輔氧化可以形成該 AlGaO 條。

例示方法

[0060] 圖 4 是一流程圖，描述根據本發明之 LED 結構製造程序 400。

[0061] 在步驟 402，程序 400 在一基板的第一面上形成一具有一第一低能隙值的第一 III-氮化物層。例如圖 1A 所示，第一 III-氮化物層 120 在基板 110 的頂面形成。在步驟 404，程序 400 在第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層。例如圖 1A 所示，第二 III-氮化物層 130 在第一 III-氮化物層 120 上形成。在步驟 406，程序 400 利用光輔助濕式氧化轉化第二 III-氮化物層部分為複數個 III-氧化物條紋。例如圖 1B 所示，藉光輔助濕式氧化轉化第二 III-氮化物層 130 部分為複數個 III-氧化物條紋 135(1)-135(M)。在步驟 408，程序 400 在第二 III-氮化物層上形成複數個具有第二低能

隙值的 III-氮化物奈米線。例如圖 1C 所示，III-氮化物奈米線 140(1)-140(N)在第二 III-氮化物層 130 上形成。在步驟 410，程序 400 藉選擇性光輔氧化選擇性地轉化至少一些 III-氮化物奈米線為 III-氧化物奈米線。例如圖 1D 所示，藉選擇性光輔氧化，III-氮化物奈米線 140(1)-140(N) 被轉變為 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N)。

[0062] 在一個實施例中，光輔助濕式氧化可以包括使用一具有光子能超過上述 III-氮化物的能隙值的光源，並使該光源照射在該 III-氮化物的部分表面，該部分表面沒有被罩材料如光阻材料所部份地覆蓋。濕式氧化程序之後發生於電解質如 $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 緩衝液之中。在一個實施例中，光輔助濕式氧化可以在一 III-氮化物層結構上進行，該結構包括一第一頂部低能隙值和第一底部高能隙值的 III-氮化物材料。更具體地說明，選擇性光輔助濕式氧化程序涉及用光子能 ($h\gamma$ ，其中 $E_{g,Lo} < h\gamma < E_{g,Hi}$) 使具有 $E_{g,Lo}$ 能隙值的 III-氮化物轉變為 III-氧化物。比如，藉選擇性光輔助濕式氧化可以使生長在 GaN 上的 III-氮化物如低能隙值的 In/GaN 被轉變為 $(\text{In}/\text{Ga})_2\text{O}_3$ 。

[0063] 在一個實施例中，III-氮化物奈米線可以包括 In/GaN 奈米線，而 III-氧化物奈米線可以包括 $(\text{In}/\text{Ga})_2\text{O}_3$ 奈米線。

[0064] 在一個實施例中，基板可以包括 C plane (0001) 藍寶石基板，其中第一 III-氮化物層包括一 GaN 層，III-氧化物條紋大體上和 GaN 的 $[11\bar{2}0]$ 或 $[1\bar{1}00]$ 方向平行。

[0065] 在一個實施例中，該方法可以進一步包括：在第二 III-氮化物層和 III-氧化物奈米線上形成一第三 III-氮化物層；及除去 III-氧化物奈米線，以在第三 III-氮化物層中形成複數個空氣隙。例如，如圖 1E-1G 所示，第三 III-氮化物層 150 在第二 III-氮化物層 130 和 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N) 上形成，而空氣隙 180(1)-180(N) 藉 III-氧化物奈米線 145(1)-145(N) 的溶解而形成。

[0066] 形成一第三 III-氮化物層可以包括利用金屬有機化學氣相沉積 (MOCVD) 側向外延生長地形成第三 III-氮化物層。除去 III-氧化物奈米線可以包括利用酸性蝕刻液 (如 H_3PO_4) 或鹼性蝕刻液 (如 KOH) 溶解 III-氧化物奈米線。

[0067] 該方法可以進一步包括用熱導材料填充空氣隙，該熱導材料可以包括複數個奈米粒子、複數個複合粒子或它們的組合。另外地或二者擇一地，該方法可以進一步用電導材料填充空氣隙，該電導材料可以包括複數個奈米粒子、複數個複合粒子或它們的組合。

[0068] 在一個實施例中，該方法可進一步包括在第三 III-氮化物層上形成複數個 III-氮化物層，以形成至少

一個 LED。例如，如圖 1E 和 1F 所示，III-氮化物層 150、160、170 和 180 形成一具有一個或多個 LED 的 LED 結構。
[0069] 圖 5 為一流程圖，描述根據本發明專利的另一個實施例之 LED 結構製造程序 500。

[0070] 在步驟 502，程序 500 在一 C 平面(0001) 藍寶石基板的第一表面上形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層。在步驟 504，程序 500 在第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層。在步驟 506，程序 500 至少部份藉選擇性光輔助濕式氧化，在 LED 結構裡形成複數個空氣隙。這些空氣隙相互平行並且和第三 III-氮化物層相鄰。此外，程序 500 的操作可以參考圖 1A-1G。

[0071] 在一個實施例中，至少部分藉選擇性光輔助氧化，形成複數個相互平行的空氣隙及與具有高能隙值的第二 III-氮化物層比鄰，其中可以包括：藉光輔助氧化轉化第二 III-氮化物層的一部分為複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-氮化物層形成複數個具有第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；藉選擇性光輔助氧化選擇性地轉化至少一些 III-氮化物奈米線為 III-氧化物奈米線；在該第二 III-氮化物層及該 III-氧化物奈米線之上形成一第三 III-氮化物層；及去除該 III-氧化物奈米線，從而形成複數個空氣隙。

[0072] 在一個實施例中，選擇性光輔助氧化可以包括具有光子能於該第一高能隙值和第一低能隙值之間的選擇性光輔助濕式氧化。

[0073] 在一個實施例中，除去該 III-氧化物奈米線可以包括藉使用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解 III-氧化物奈米線。

[0074] 在一個實施例中，該方法可以進一步包括用熱導材料填充空氣隙，該熱導材料可以包括複數個奈米粒子、複數個複合粒子或它們的組合。

[0075] 在一個實施例中，該方法可進一步包括在該第二 III-氮化物層形成於第一 III-氮化物層上之後但在 LED 結構形成於第二 III-氮化物層上之前，藉選擇性光輔助氧化在位於第二 III-氮化物層或第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的 V 形凹槽溝裏形成一表面鈍化層。

[0076] 在一個實施例中，該表面鈍化層可以包括一 III-氧化物層。

[0077] 在一個實施例中，在第二 III-氮化物層上的 LED 結構的形成可以包括，藉使用 MOCVD 方法，使一 III-氮化物層側向外延生長生長，從而在該表面鈍化層和第二 III-氮化物層上形成一第三 III-氮化物層。

[0078] 圖 6 的流程圖描述根據本發明之一實施例之抑制 LED 結構的螺旋錯位的程序 600。

[0079] 在步驟 602，程序 600 在一基板之第一面上形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層。在步驟 604，程序 600 在該第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層。在步驟 606，程序 600 藉選擇性光輔助氧化在位於第二 III-氮化物層或第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的 V 形凹槽裏形成一 III-氧化物的表面鈍化層。可參考圖 2A-2B。

[0080] 在一個實施例中，該方法可進一步包括，藉使用 MOCVD 方法，使一 III-氮化物層側向外延生長生長，從而在該表面鈍化層和第二 III-氮化物層上形成一第三 III-氮化物層。可參考圖 2C。

[0081] 上述技術係關於藉使用 TRIAC 二體(非作為電源，但作為發光控制訊號)輸出之控制 LED 發光的技術，雖然該技術已以特定的結構性特徵及/或方法學作動說明，但須了解的是隨賦的申請專利範圍不意欲限制所述的特定特徵或作動，其係為實施該項技術之例示形式。

[0082] 了解的是所描述之裝置 100 和裝置 200 各是實施本發明技術的適當實施例，並不意欲建議對所述各種實施例之使用或功能的範圍作任何限制。此技術領域中具有通常知識者對本發明所作的任何改變應視為屬於本發明之範疇，及因此應涵蓋於本發明之範圍。

【圖式簡單說明】

[0083] 詳細說明參照隨附的圖式的描述。在圖中，參考號數的最左邊的數字表明最先出現該參考號數的圖；在不同的圖但同樣的參考號數表明同樣或類似的項目。

[0084] 圖 1A-1G，係根據本發明專利的一個實施例，顯示 LED 結構製造的一系列過程示意圖。

[0085] 圖 2A-2C，係根據本發明專利的一個實施例，顯示抑制 LED 結構上的螺旋錯位擴展的一系列過程示意圖。

[0086] 圖 3A-3B 係根據本發明專利的一個實施例之照片，。

[0087] 圖 4 係根據本發明專利的一個實施例，顯示 LED 結構製造方法的流程圖。

[0088] 圖 5 係根據本發明專利的另一個實施例，顯示 LED 結構製造方法的流程圖。

[0089] 圖 6 係根據本發明專利的一個實施例，顯示抑制 LED 結構上的螺旋錯位的方法流程圖。

[0090] 圖 7-11 係根據本發明專利之一個實施例，顯示有關於光輔助化學氧化(蝕刻)方法的示意圖。

【主要元件符號說明】

110	基板
120	第一 III-氮化物層
130	第二 III-氮化物層
135(1)-135(M)	III-氧化物條紋

- 140(1)-140(N) III-氮化物奈米線
- 145(1)-145(N) III-氧化物奈米線
- 150 第三 III-氮化物層
- 160 第四 III-氮化物層
- 170 第五 III-氮化物層
- 180(1)-180(N) 空氣隙
- 210 基板
- 220 第一 III-氮化物層
- 230 第二 III-氮化物層
- 240(1)和 240(2) V形凹槽缺陷
- 250(1)和 250(2) 表面鈍化層
- 260 第三 III-氮化物層

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：100124795

H01L 21/316(2006.01)

※申請日：100. 7. 13

※IPC分類：H01L 21/473(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 33/30(2010.01)

以光輔助濕式氧化技術實現氮化物於基板之再生長方法

METHOD OF SELECTIVE PHOTO-ENHANCED WET OXIDATION FOR
NITRIDE LAYER REGROWTH ON SUBSTRATES

二、中文發明摘要：

本發明係有關於一種利用擇性光輔助濕式氧化技術，於基板上實現氮化物再生長的方法。具體言之，本發明係有關於一種方法可以包括：在一基板之第一表面上形成一具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；在該第一 III-氮化物層上形成一具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；藉光輔助濕式氧化使該第二 III-氮化物層的一些部分轉變成複數個 III-氧化物條紋；在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及藉選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線。

三、英文發明摘要：

Various embodiments of the present disclosure pertain to selective photo-enhanced wet oxidation for nitride layer regrowth on substrates. In one aspect, a method may comprise: forming a first III-nitride layer with a first low bandgap energy on a first surface of a substrate; forming a second III-nitride layer with a first high bandgap energy on the first III-nitride layer; transforming portions of the first III-nitride layer into a plurality of III-oxide stripes by photo-enhanced wet oxidation; forming a plurality of III-nitride nanowires with a second low bandgap energy on the second III-nitride layer between the III-oxide stripes; and selectively transforming at least some of the III-nitride nanowires into III-oxide nanowires by selective photo-enhanced oxidation.

七、申請專利範圍：

1. 一種方法，包括：

在一基板之第一表面上形成具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；

在該第一 III-氮化物層上形成具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；

藉光輔助濕式氧化使該第二 III-氮化物層之一表面之部分轉變成複數個 III-氧化物條紋；

在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及

藉選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線。

2. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中，該選擇性光輔助濕式氧化包括用位於該第一高能隙值和該第一低能隙值之間的光子能的光輔助濕式氧化。

3. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中，該 III-氮化物奈米線包括 In/GaN 奈米線，及其中該 III-氧化物奈米線包括 $(\text{In/Ga})_2\text{O}_3$ 奈米線。

4. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中，該基板包括 C-plane(0001)面之藍寶石基板，其中該第二 III-氮化物層包括 GaN 層，及其中 III-氧化物條紋大體上與 $-\text{[11}\bar{2}0]$ 或 $[\text{1}\bar{1}00]$ GaN 方向平行。

5. 如申請專利範圍第 1 項的方法，進一步包括：

在該第二 III-氮化物層以及該 III-氧化物奈米線上形成第三 III-氮化物層；以及

除去該 III-氧化物奈米線，以在該第三 III-氮化物層形成複數個空氣隙。
6. 如申請專利範圍第 5 項的方法，其中，該形成第三 III-氮化物層包括藉使用金屬有機氣相沉積(MOCVD)方法使該第三 III-氮化物層側向外延生長，而形成第三 III-氮化物層。
7. 如申請專利範圍第 5 項的方法，其中，該除去 III-氧化物奈米線包括利用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解該 III-氧化物奈米線。
8. 如申請專利範圍第 5 項的方法，進一步包括：

用一熱導材料來填充該空氣隙，其中該熱導材料包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。
9. 如申請專利範圍第 5 項的方法，進一步包括：

用一電導材料來填充該空氣隙，其中該電導材料包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。
10. 如申請專利範圍第 5 項的方法，進一步包括：

在該第三 III-氮化物層形成複述個 III-氮化物層，以形成至少一個發光二極體(LED)。

11. 一種方法，包括：

在 C-plane(0001)藍寶石基板第一表面上形成具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；

在該第一 III-氮化物層上形成具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；

在該第二 III-氮化物層上形成發光二極體(LED)結構；以及

至少部分藉選擇性光輔助氧化在該發光二極體(LED)結構中，形成複述個相互平行並且和該第二 III-氮化物層相鄰的空氣隙。

12. 如申請專利範圍第 11 項的方法，其中，至少部分藉選擇性光輔助氧化在該發光二極體(LED)結構中形成複數個相互平行並且和該第二 III-氮化物層相鄰的空氣隙包括：

藉光輔助濕式氧化，將該第二 III-氮化物層之部分表面轉變為複數個 III-氧化物條紋；

在該第二 III-氮化物層的複數個 III-氧化物條紋之間，形成複數個具有一第二低能隙值的 III-氮化物奈米線；以及

藉選擇性光輔助氧化選擇性地使至少一些該 III-氮化物奈米線轉變成 III-氧化物奈米線；

在該第二 III-氮化物層以及該 III-氧化物奈米線上形成一第三 III-氮化物層；以及

除去該 III-氧化物奈米線，以在該形成複數個空氣隙。

13. 如申請專利範圍第 11 項的方法，其中，該選擇性光輔助濕式氧化包括用位於該第一高能隙值和該第一低能隙值之間的光子能的光輔助濕式氧化。

14. 如申請專利範圍第 12 項的方法，其中，除去該 III-氧化物奈米線包括利用酸性蝕刻液或鹼性蝕刻液溶解該 III-氧化物奈米線。

15. 如申請專利範圍第 11 項的方法，進一步包括：

用一熱導材料來填充該空氣隙，其中該熱導材料包括複數個奈米粒、複數個複合粒子、或前二者之組合。

16. 如申請專利範圍第 11 項的方法，進一步包括：

在該第二 III-氮化物層形成於第一 III-氮化物層上之後但在發光二極體(LED)結構形成於第二 III-氮化物層上之前，藉選擇性光輔助氧化，在位於該第二 III-氮化物層或第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的組合體中的 V 形凹槽中形成一表面鈍化層。

17. 如申請專利範圍第 16 項的方法，其中，該表面鈍化層包括一 III-氧化物層。

18. 如申請專利範圍第 16 項的方法，其中，該在第二 III-氮化物層上的發光二極體(LED)結構的形成包

括：在該表面鈍化層和第三 III-氮化物層上，藉使用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)方法，使該 III-氮化物層側向外延生長，而形成一第四 III-氮化物層。

19. 一種抑制發光二極體(LED)結構中的螺旋錯位的方法，包括：

在一基板的一第一面上形成具有第一低能隙值的第一 III-氮化物層；

在該第一 III-氮化物層上形成具有第一高能隙值的第二 III-氮化物層；以及

藉選擇性光輔助氧化，在位於該第二 III-氮化物層或該第二 III-氮化物層和第一 III-氮化物層的組合體中的 V 形凹槽缺陷，形成一表面鈍化層。

20. 如申請專利範圍第 19 項的方法，進一步包括：

在該表面鈍化層和該第二 III-氮化物層上，藉使用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD) 方法使該 III-氮化物層選擇性地側向外延生長而形成該一第三 III-氮化物層。

八、圖式：

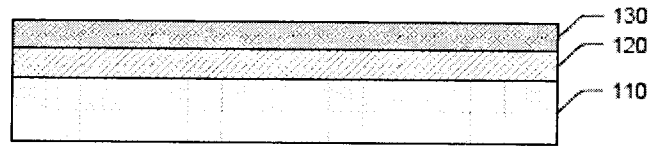


圖 1A

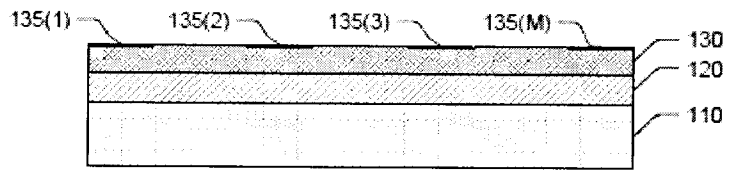


圖 1B

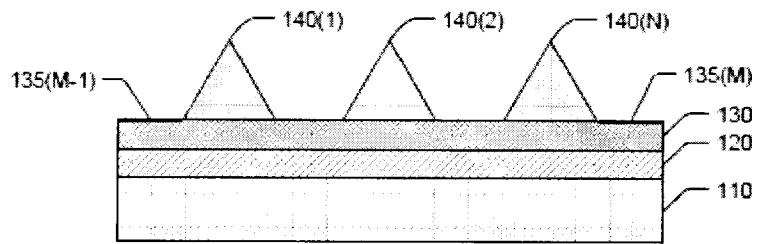


圖 1C

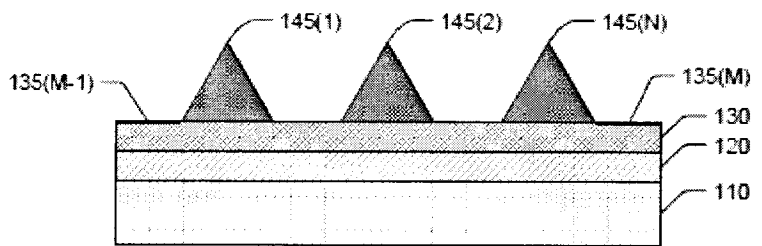


圖 1D

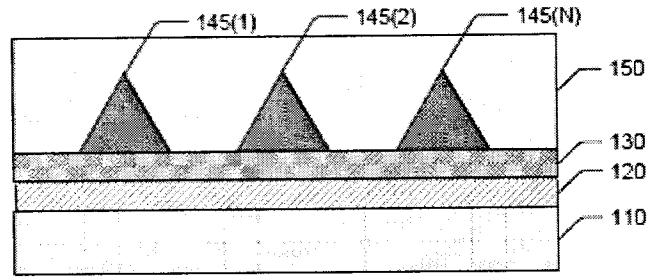


圖 1E

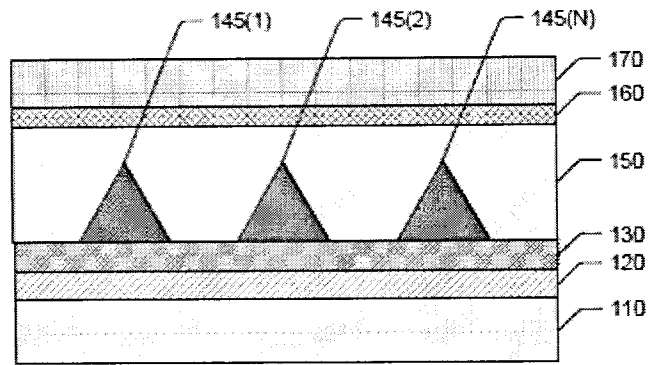


圖 1F

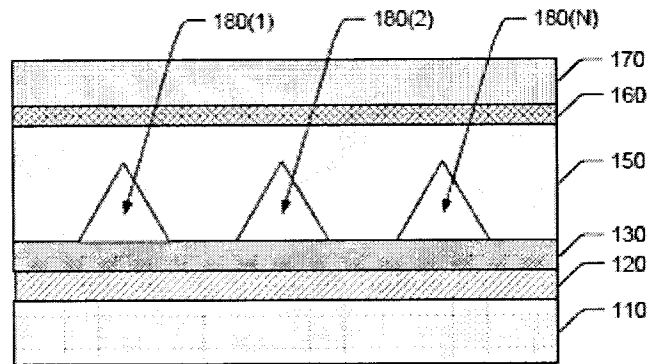


圖 1G

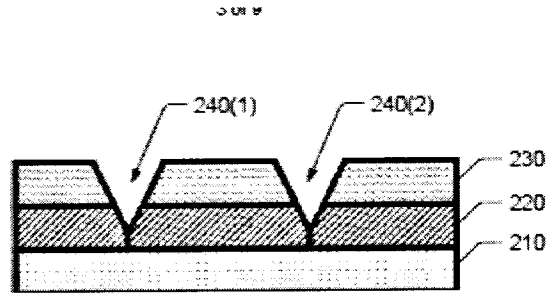


圖 2A

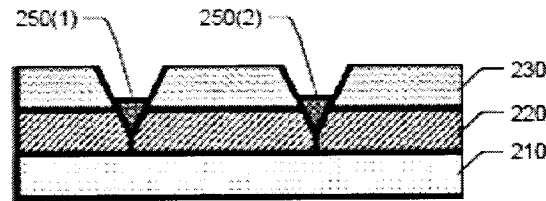


圖 2B

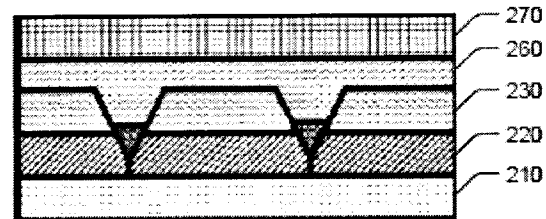


圖 2C

4008

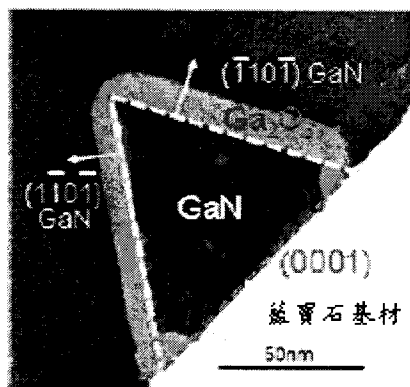


圖 3A

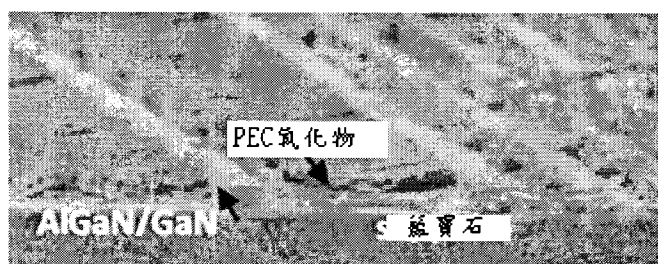


圖 3B

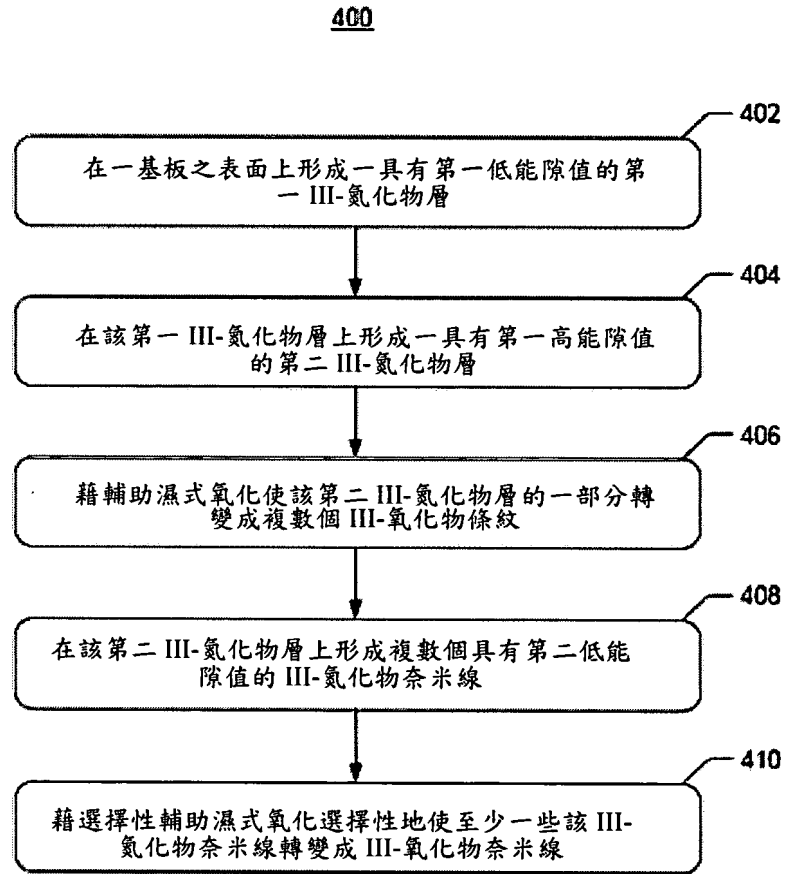


圖 4

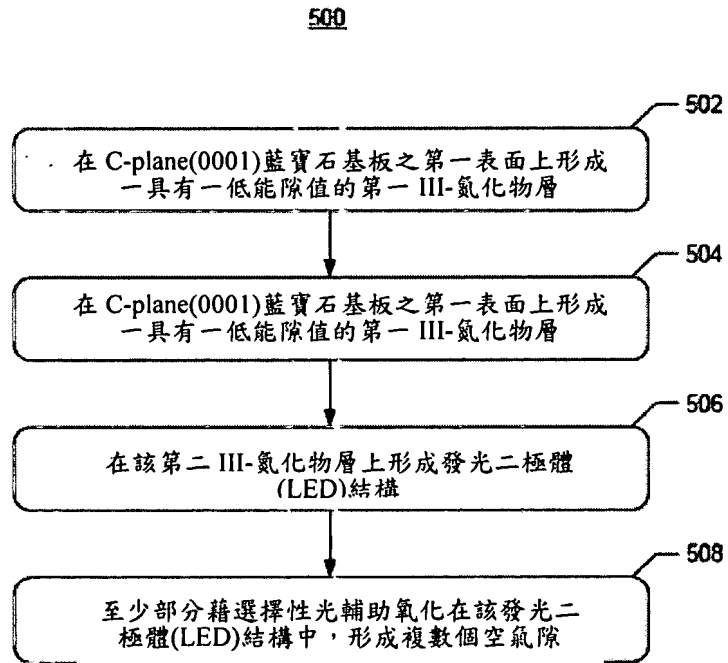


圖 5

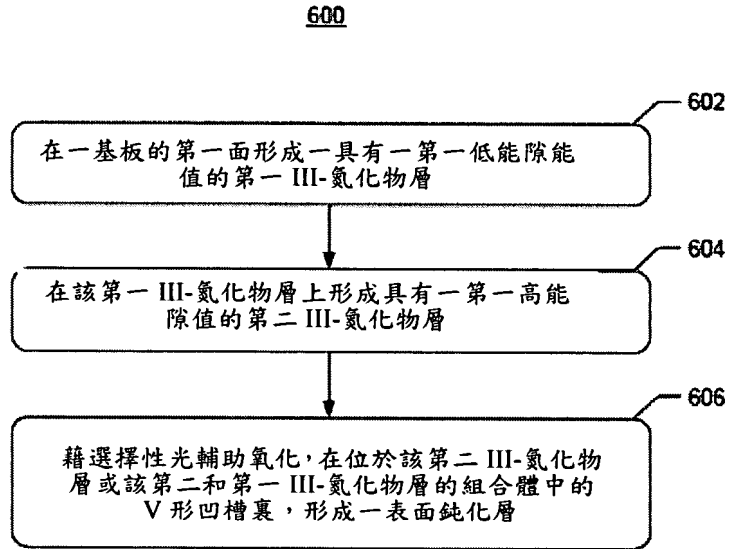


圖 6

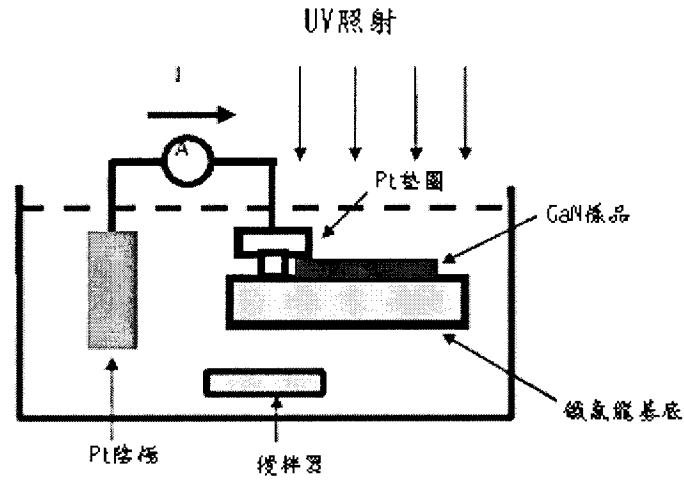


圖 7

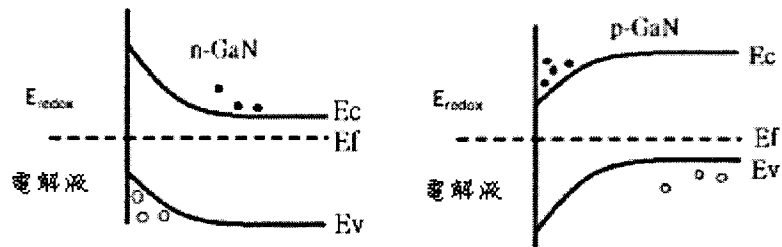


圖 8

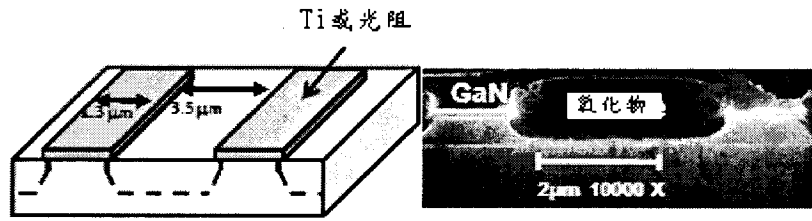


圖 9

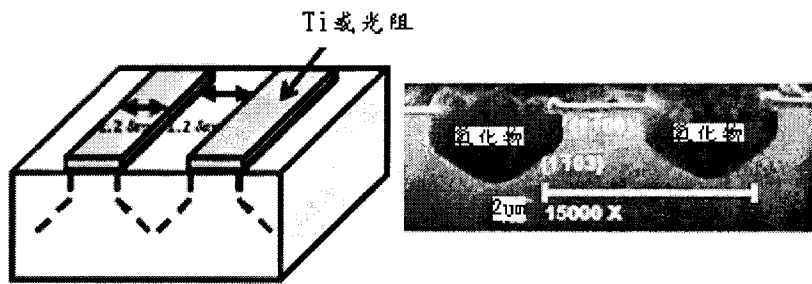


圖 10

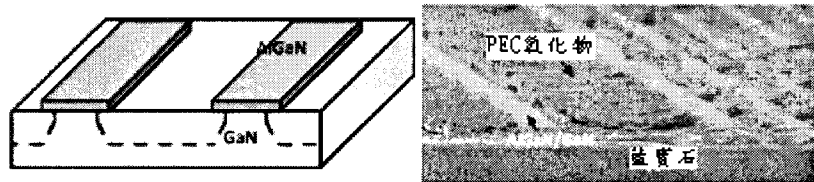


圖 11

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無)

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)