



(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 201117418 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：099126371

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 06 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/12 (2010.01)**

(30)優先權：2009/09/08 美國

12/555,000

(71)申請人：皇家飛利浦電子股份有限公司 (荷蘭) KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
(NL)

荷蘭

飛利浦露明光學公司 (美國) PHILIPS LUMILEDS LIGHTING COMPANY, LLC
(US)

美國

(72)發明人：羅曼諾 琳達 T ROMANO, LINDA T. (US) ; 戴伯 帕里傑 普拉米爾 DEB,
PARIJAT PRAMIL (IN) ; 金 安德魯 Y KIM, ANDREW Y. (US) ; 凱丁 約翰 F
KAEDING, JOHN F. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：3 共 17 頁

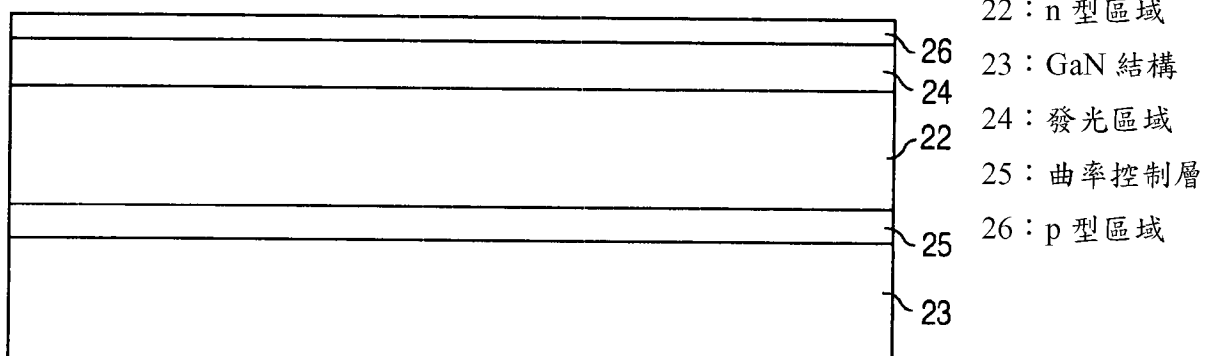
(54)名稱

具有曲率控制層的三族氮化物發光裝置

III-NITRIDE LIGHT EMITTING DEVICE WITH CURVATURE CONTROL LAYER

(57)摘要

一半導體結構包括安置於一 n 型區域與一 p 型區域之間的一層三族氮化物發光層。該半導體結構進一步包括生長於一第一層上的一曲率控制層。該曲率控制層係安置於該 n 型區域與該第一層之間。該曲率控制層具有小於 GaN 的理論 a 晶格常數之一理論 a 晶格常數。該第一層係一實質上單晶層。





(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 201117418 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：099126371

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 06 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/12 (2010.01)**

(30)優先權：2009/09/08 美國

12/555,000

(71)申請人：皇家飛利浦電子股份有限公司 (荷蘭) KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
(NL)

荷蘭

飛利浦露明光學公司 (美國) PHILIPS LUMILEDS LIGHTING COMPANY, LLC
(US)

美國

(72)發明人：羅曼諾 琳達 T ROMANO, LINDA T. (US) ; 戴伯 帕里傑 普拉米爾 DEB,
PARIJAT PRAMIL (IN) ; 金 安德魯 Y KIM, ANDREW Y. (US) ; 凱丁 約翰 F
KAEDING, JOHN F. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：3 共 17 頁

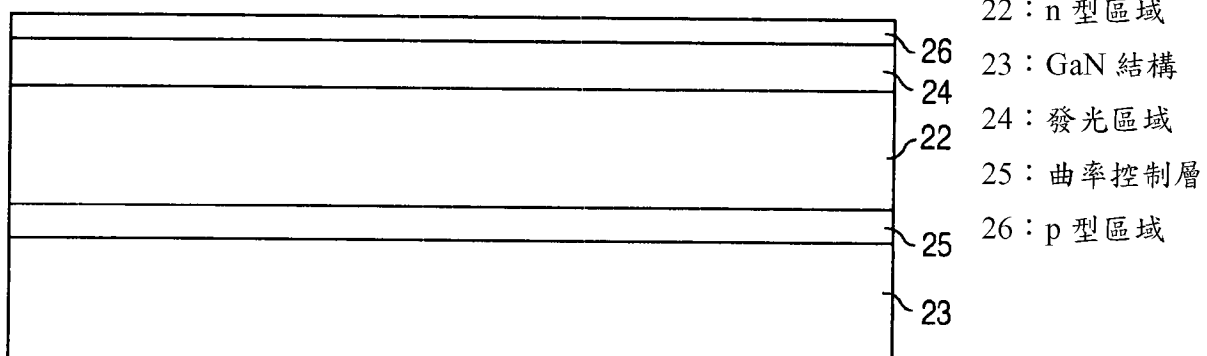
(54)名稱

具有曲率控制層的三族氮化物發光裝置

III-NITRIDE LIGHT EMITTING DEVICE WITH CURVATURE CONTROL LAYER

(57)摘要

一半導體結構包括安置於一 n 型區域與一 p 型區域之間的一層三族氮化物發光層。該半導體結構進一步包括生長於一第一層上的一曲率控制層。該曲率控制層係安置於該 n 型區域與該第一層之間。該曲率控制層具有小於 GaN 的理論 a 晶格常數之一理論 a 晶格常數。該第一層係一實質上單晶層。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種具有一曲率控制層的三族氮化物裝置。

【先前技術】

包含發光二極體(LED)、諧振腔發光二極體(RCLED)、垂直腔雷射二極體(VCSEL)及邊射型雷射之半導體發光裝置係當前可獲得的最有效光源之一。在製造能夠跨越可見光譜操作之高亮度發光裝置中，當前受關注的材料系統包含III-V族半導體，尤其是鎵、鋁、銦及氮的二元、三元及四元合金，其等亦稱為三族氮化物材料。通常，藉由利用金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)、分子束磊晶法(MBE)或其他磊晶技術在一藍寶石基板、碳化矽基板、三族氮化物基板、合成基板或其他適當基板上磊晶生長具有不同組合物及摻雜濃度之一半導體層堆疊而製造三族氮化物發光裝置。該堆疊通常包含形成於該基板上且摻雜有(例如)Si的一或多個n型層、在形成於該n型層或該等n型層上之一作用區域中的一或多個發光層，以及形成於該作用區域上且摻雜有(例如)Mg的一或多個p型層。電接觸件係形成於該等n型區域及p型區域上。三族氮化物裝置通常形成為倒置型或覆晶裝置，其中n接觸件與p接觸件兩者係形成於半導體結構之相同側上，且光係從該半導體結構之與該等接觸件相對之側提取。

圖1繪示一覆晶三族氮化物裝置，其更詳細描述於US

6,194,742中。從第3行、第41列開始，圖1所繪示之裝置係描述如下：「將一界面層16增添至一發光二極體或雷射二極體結構，以執行應變工程及雜質吸附之作用。一摻雜有Mg、Zn、Cd之 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$)層可用於該界面層。或者，當使用 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ (其中 $x > 0$)時，界面層可為未經摻雜的。該界面層亦可包含AlInGaP及AlInGaAs之合金，以及GaP及GaAs之合金。在生長n型(GaN:Si)層18、作用區域20及p型層22之前，將該界面層16直接沈積於緩衝層14的頂部上。該界面層之厚度從0.01 μm 改變至10.0 μm ，且具有0.25 μm 至1.0 μm 的一較佳厚度範圍。緩衝層14係形成於基板12上。基板12可為透明的。金屬接觸層24A、24B係分別沈積至p型層22及n型層18。」較佳實施例將GaN:Mg及/或AlGaP用於界面層之組合物。

【發明內容】

本發明之一目的係將一曲率控制層包含於三族氮化物裝置中。在一些實施例中，該曲率控制層可減少生長於一藍寶石基板上之三族氮化物膜的彎曲量。

本發明之實施例包含一半導體結構，該半導體結構包括安置於一n型區域與一p型區域之間的三族氮化物發光層。該半導體結構進一步包括生長於一第一層上的一曲率控制層。該曲率控制層係安置於該n型區域與該第一層之間。該曲率控制層具有小於GaN的理論a晶格常數之一理論a晶格常數。該第一層係一實質上單晶層。

【實施方式】

三族氮化物裝置通常係生長於藍寶石基板上。生長於藍寶石上的第一層(包含任何緩衝層或成核層及第一高品質、實質上單晶層)通常為Ga₂N。生長於藍寶石上之Ga₂N由於Ga₂N與藍寶石之間之晶格與化學失配而產生應力。應力之量可取決於成核及聚結條件。在生長半導體結構之後，隨著晶圓冷卻，由於Ga₂N之熱膨脹係數($5.6 \times 10^{-6}/K$)比藍寶石之熱膨脹係數($7.5 \times 10^{-6}/K$)小，故在該半導體結構中形成額外的應力。在冷卻期間出現之應力可部分補償由於晶格與化學失配所致的固有應力。

隨著生長於藍寶石上之半導體材料之厚度增加，晶圓可彎曲以部分補償半導體材料中的壓縮應力，使得當從頂部(亦即其上生長半導體結構之表面)觀看時，晶圓係凸起的。舉例而言，具有微米數量級厚之一半導體結構的裝置之一晶圓可彎曲數十微米之數量級，其中彎曲度表示該晶圓之邊緣之高度與該晶圓之中部之高度之間的差。因為在諸如微影之處理期間須補償彎曲量，故彎曲係難題。

根據本發明之實施例，在三族氮化物發光裝置中包含至少部分補償彎曲之一層。

圖2繪示根據本發明之實施例之三族氮化物裝置的一部分。在圖2所繪示之裝置中，一Ga₂N結構23首先生長於一生長基板(圖2中未示出)上，該生長基板可為任何適當生長基板且其通常為藍寶石或SiC。Ga₂N結構23可包含一或多個製備層，諸如緩衝層或成核層。在Ga₂N結構23中包含至

少一高品質單晶層，通常為高溫下生長的GaN或低AlN組合物AlGaN。GaN結構23可包含不為GaN的三族氮化物層，諸如InGaN層、AlGaN層或AlInGaN層。

一曲率控制層25係生長於GaN結構23中所包含的單晶層上。曲率控制層25係具有一理論a晶格常數的一單晶層，該理論a晶格常數小於其上生長該曲率控制層之單晶層的實際a晶格常數。在一些實施例中，曲率控制層25具有小於GaN之理論a晶格常數的一理論a晶格常數。在一些實施例中，曲率控制層25為AlGaN或AlInGaN。當曲率控制層25生長於GaN或生長於具有比曲率控制層25更大之一理論晶格常數的某一其他材料(諸如具有較少AlN組合物之AlGaN)上時，曲率控制層25係處於拉伸狀態。曲率控制層25中之張力可至少部分補償GaN結構23中因生長溫度冷卻而由基板引發的熱壓縮應力，從而減少裝置之一晶圓中的彎曲量。在不具有一曲率控制層之一裝置中，發明者觀察到94 μm 的一彎曲度。在具有含8.5% AlN之一AlGaN曲率控制層的一可比較裝置中，發明者觀察到61 μm 的一彎曲度。

為使曲率控制層25處於拉伸狀態，曲率控制層須生長於足夠高品質的一層上，因為曲率控制層自身為一實質上單晶層。在圖1所示之裝置中，界面層16係直接沈積於一緩衝層14上，該緩衝層14通常為低溫下生長的一非晶層。如US 6,194,742中所述的生長於一緩衝層上之一界面層16通常不為一應變偽晶層，此對該層減少彎曲是必需的。

一 AlGa_N 曲率控制層 25 中之 AlN 組合物在一些實施例中可為(例如)小於 30%，在一些實施例中在 2% 與 15% 之間，在一些實施例中在 6% 與 10% 之間，在一些實施例中在 7% 與 9% 之間，在一些實施例中為 7.5%，且在一些實施例中為 8.5%。當組合物大於 10% 時，發明者在一些裝置中觀察到曲率控制層中的埋入式破裂，此實際上增加彎曲量。在一些實施例中，一 AlInGa_N 曲率控制層 25 中之 AlN 組合物可與上文對於一 AlGa_N 曲率控制層所述之 AlN 組合物相同。由於 InN 之晶格常數比 GaN 之晶格常數大，故增添 InN 將減少曲率控制層中之張力的量，因此通常保持少量的 InN 組合物。舉例而言，在一些實施例中，一 AlInGa_N 曲率控制層中之 InN 組合物可為數個百分比。在一些實施例中，一 AlInGa_N 曲率控制層中之 AlN 組合物可大於上文對於一 AlGa_N 曲率控制層所述之 AlN 組合物，以便至少部分補償由於增添 InN 所引起之張力之減少。

根據 Vegard 定律而從 AlN(3.111 Å)、GaN(3.189 Å)、InN(3.533 Å) 之 a 晶格常數計算之曲率控制層 25 的理論晶格常數在一些實施例中可在 3.111 Å 與 3.189 Å 之間，在一些實施例中可在 3.165 Å 與 3.188 Å 之間，在一些實施例中可在 3.180 Å 與 3.184 Å 之間，且在一些實施例中可在 3.182 Å 與 3.183 Å 之間。對於一 Al_xIn_yGa_{1-x-y}N 層，可根據 $a_{\text{AlInGa}_N} = (a_{\text{AlN}})x + (a_{\text{InN}})y + (a_{\text{GaN}})(1-x-y)$ 來計算晶格常數。

曲率控制層 25 足夠厚以產生足夠張力來減少彎曲，但是仍足夠薄而不使該曲率控制層破裂。在一些實施例中，曲

率控制層可為(例如)200 Å厚，恰低於破裂極限，在一些實施例中為500 Å至1500 Å厚，在一些實施例中為0.5 μm至5 μm厚，且在一些實施例中為1 μm至2 μm厚。當一AlGaIn層中之AlIn組合物增加時，理論晶格常數減小。相應地，當AlIn組合物增加時，AlGaIn層在無破裂下可生長的厚度減小。

曲率控制層中之張力之量(且因此該曲率控制層減少彎曲之能力)係該曲率控制層之厚度與由曲率控制層之理論晶格常數與其上生長該曲率控制層之層的實際晶格常數之間之差所引起之應力的乘積。為達成一特定量的張力，可使一高度應變曲率控制層比一較小應變曲率控制層更薄。在一些實施例中，曲率控制層係生長於一GaIn層上。此一GaIn層之實際平面內晶格常數可取決於生長條件，且可(例如)在3.184 Å與3.189 Å之間變化。若其上生長曲率控制層之一GaIn層具有一相對小的平面內晶格常數，則該曲率控制層之AlIn組合物及/或厚度可比在其上生長曲率控制層之GaIn層具有一相對大之平面內晶格常數時更小。

在一些實施例中，曲率控制層係在比GaIn結構23更慢的一速率下生長。

儘管曲率控制層25可摻雜有一n型或p型摻雜物，然而其通常未經刻意摻雜。

包含一n型區域、一發光區域或作用區域及一p型區域的一半導體結構係生長於曲率控制層上。一n型區域22首先生長於基板上。n型區域22可包含具有不同組合物及摻雜

濃度的多個層，該多個層包含例如：諸如緩衝層或成核層之製備層，此等層可為n型摻雜或非刻意摻雜；釋放層，此等層經設計以促進稍後釋放該生長基板或在基板移除之後使該半導體結構變薄；及n型裝置層或甚至p型裝置層，此等層為發光區域有效發射光所需的特定光學或電性質而設計。

在一些實施例中，曲率控制層25係夾持於兩個高品質、實質上單晶層之間。在一些實施例中，夾持曲率控制層25之該等層之一者或兩者的錯位密度可在 10^5 cm^{-2} 與 10^9 cm^{-2} 之間。

一發光區域或作用區域24係生長於n型區域22上。適當發光區域之實例包含一單一厚或薄發光層，或一多量子井發光區域，該多量子井發光區域包含由障壁層分離的多個薄或厚量子井發光層。舉例而言，一多量子井發光區域可包含由障壁(其等每個具有 $100 \text{ \AA}$ 或更小的一厚度)分離之多個發光層(其等每個具有 $25 \text{ \AA}$ 或更小的一厚度)。在一些實施例中，裝置中之發光層之各者的厚度係厚於 $50 \text{ \AA}$ 。

一p型區域26係生長於發光區域24上。如同n型區域，該p型區域可包含具有不同組合物、厚度及摻雜濃度的多個層，包含非刻意摻雜的層或n型層。

圖3繪示連接至一基座40的一LED 42。一p接觸件48(通常為一反射銀接觸件)係形成於該p型區域上。在形成p接觸件之前或之後，藉由蝕刻掉p型區域及發光區域的部分而曝露n型區域之部分。包含n型區域22、發光區域24及p

型區域26之半導體結構係由圖3中之結構44表示。n接觸件46係形成於該n型區域的曝露部分上。由於該n接觸件46係形成於n型區域22上，故曲率控制層25不在該裝置的電流路徑中且因此不改變該裝置的電性質，而不管曲率控制層25的組合物為何。

藉由n互連件56及p互連件58而將LED 42接合至基座40。互連件56及互連件58可為任何適當材料，諸如焊料或其他金屬，且可包含多個材料層。在一些實施例中，互連件包含至少一金層，且藉由超音波接合而形成LED 42與基座40之間之接合。

在超音波接合期間，將LED晶粒42定位於一基座40上。將一接合頭定位於該LED晶粒的頂面上一在生長於藍寶石上之三族氮化物裝置之情形中，通常定位於一藍寶石生長基板的頂面上。該接合頭係連接至一超音波換能器。該超音波換能器可為(例如)鋇鈦酸鉛(PZT)層之一堆疊。當在可引起系統諧波諧振之一頻率(通常為數十或數百千赫茲之數量級之一頻率)下將一電壓施加至該換能器時，該換能器開始振動，此繼而引起接合頭及LED晶粒振動(通常在微米數量級之一振幅下振動)。振動引起該LED 42上之一結構之金屬晶格中的原子與基座40上之一結構之金屬晶格中的原子互相擴散，導致一冶金連續結合。在接合期間可增添熱及/或壓力。

在將LED晶粒42接合至基座40之後，可(例如)藉由雷射剝離法、蝕刻或適於一特定生長基板的任何其他技術移除

其上生長半導體層的生長基板。在移除生長基板之後，可(例如)藉由光電化學蝕刻而使該半導體結構變薄，及/或可使表面粗糙化或圖案化為例如具有一光子晶體結構。GaN結構23及曲率控制層25之全部或部分可留在裝置中或者可在移除生長基板後在變薄期間移除。在基板移除之後可在LED 42上安置一透鏡、波長轉換材料或此項技術中已知的其他結構。

在詳細描述本發明之後，熟悉此項技術者將明白，鑑於本發明，可在不脫離本文所述發明概念之精神下對本發明進行修改。因此，本發明之範圍無意受限於所繪示及所描述的特定實施例。

【圖式簡單說明】

圖1繪示具有安置於一緩衝層與一n型層之間之一界面層的三族氮化物發光裝置；

圖2繪示根據本發明之實施例之三族氮化物發光裝置的一部分；及

圖3繪示連接至一基座的一覆晶發光裝置。

【主要元件符號說明】

12	基板
14	緩衝層
16	界面層
18	n型層
20	作用區域
22	p型層(圖1)/ n型區域(圖2)

23	GaN結構
24A	金屬接觸層
24B	金屬接觸層
24	發光區域
25	曲率控制層
26	p型區域
40	基座
42	LED晶粒
44	半導體結構
46	n接觸件
48	p接觸件
56	n互連件
58	p互連件

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99126371

※申請日：99.8.6

※IPC 分類：H01L 33/12 (2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有曲率控制層的三族氮化物發光裝置

III-NITRIDE LIGHT EMITTING DEVICE WITH CURVATURE
CONTROL LAYER

二、中文發明摘要：

一半導體結構包括安置於一n型區域與一p型區域之間的一層三族氮化物發光層。該半導體結構進一步包括生長於一第一層上的一曲率控制層。該曲率控制層係安置於該n型區域與該第一層之間。該曲率控制層具有小於GaN的理論a晶格常數之一理論a晶格常數。該第一層係一實質上單晶層。

三、英文發明摘要：

A semiconductor structure comprises a III-nitride light emitting layer disposed between an n-type region and a p-type region. The semiconductor structure further comprises a curvature control layer grown on a first layer. The curvature control layer is disposed between the n-type region and the first layer. The curvature control layer has a theoretical a-lattice constant less than the theoretical a-lattice constant of GaN. The first layer is a substantially single crystal layer.

七、申請專利範圍：

1. 一種裝置，其包括：

一半導體結構，其包括：

安置於一n型區域與一p型區域之間之一層三族氮化物發光層；及

生長於一第一層上之一曲率控制層，其中：

該曲率控制層具有小於Ga₂N之一理論a晶格常數之一理論a晶格常數；

該第一層係一實質上單晶層；且

該曲率控制層係安置於該n型區域與該第一層之間。

2. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層包括鋁。

3. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層為AlGa₂N。

4. 如請求項3之裝置，其中該曲率控制層具有大於0%且小於10%的一AlN組合物。

5. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層為AlInGa₂N。

6. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層具有在3.165 Å與3.188 Å之間之一理論a晶格常數。

7. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層具有在3.180 Å與3.184 Å之間之一理論a晶格常數。

8. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層之厚度係在0.5 μm與5 μm之間。

9. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層之厚度係在1 μm與2 μm之間。

10. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層未經刻意摻雜。
11. 如請求項1之裝置，其進一步包括安置於該n型區域上之一n接觸件及安置於該p型區域上之一p接觸件，其中該n接觸件及該p接觸件二者係形成於該半導體結構的一相同側上。
12. 如請求項1之裝置，其中該曲率控制層之一組合物及厚度係經選擇以至少部分補償從一高生長溫度冷卻期間在該第一層中所引發的熱壓縮應力。
13. 一種方法，其包括：
於一基板上生長一半導體結構，該半導體結構包括：
生長於一第一層上之一曲率控制層；及
安置於一n型區域與一p型區域之間之一層三族氮化物發光層；其中：
該曲率控制層具有小於GaN之一理論a晶格常數的一理論a晶格常數；
該第一層係一實質上單晶層；且
該曲率控制層係安置於該n型區域與該第一層之間。
14. 如請求項13之方法，其中該曲率控制層係在比該第一層更慢的一速率下生長。
15. 如請求項13之方法，其中該曲率控制層之一組合物及厚度係經選擇以至少部分補償從一高生長溫度冷卻期間在該第一層中所引發的熱壓縮應力。

八、圖式：

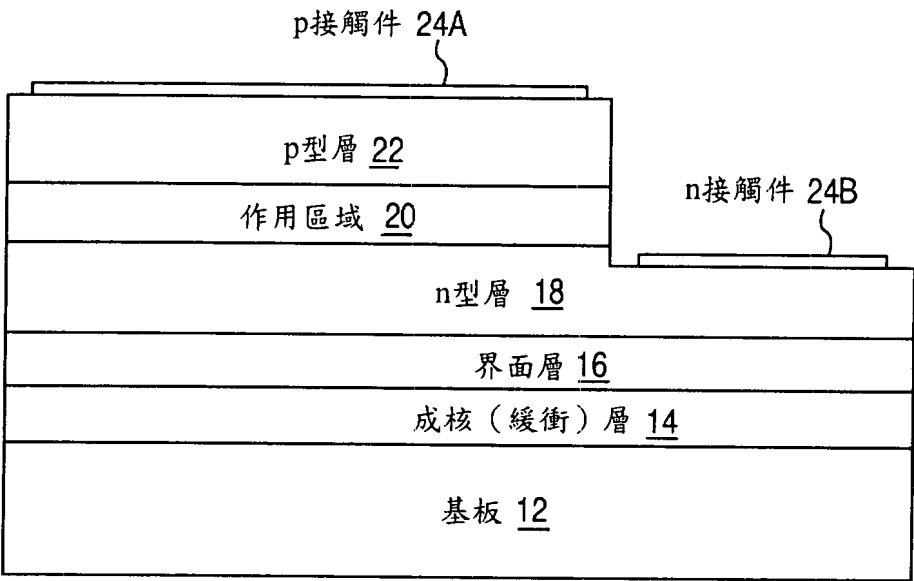


圖 1

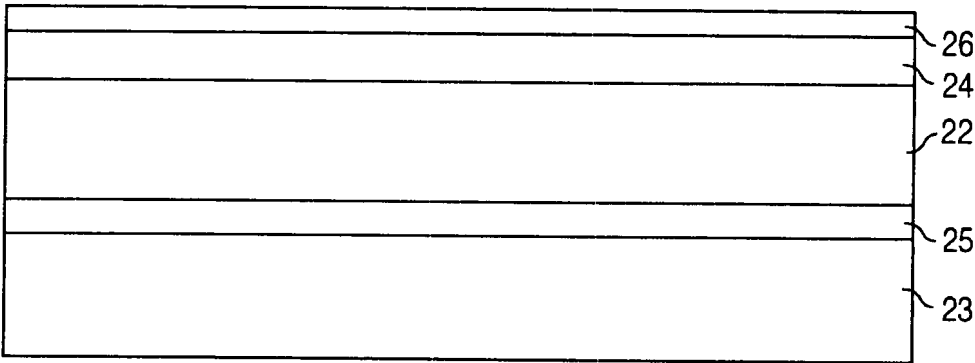


圖 2

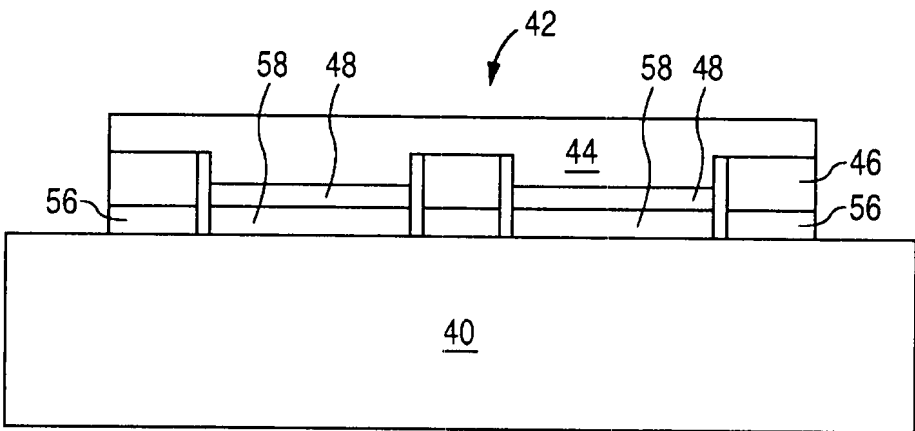


圖 3

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

22	n型區域
23	GaN結構
24	發光區域
25	曲率控制層
26	p型區域

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)