

# 發明專利說明書 200425549

(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：93112874

※ 申請日期：93.05.07

※IPC 分類：H01L<sup>33</sup>/<sub>02</sub>

## 壹、發明名稱：(中文/英文)

(中文) 具有高鋁含量之鋁鎵氮(AlGa<sub>N</sub>)擴散障礙層的第三族氮化物光電元件結構

(英文) III-NITRIDE OPTOELECTRONIC DEVICE STRUCTURE WITH HIGH AL  
AlGa<sub>N</sub> DIFUSION BARRIER

## 貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

(中文) 克里公司

(英文) Cree, Inc

代表人：(中文/英文) 亞登 布魯姆/ Adam Broome

住居所或營業所地址：(中文/英文)

(中文) 美國北卡羅來納州德罕市希里康道 4600 號

(英文) 4600 Silicon Drive, Durham, North Carolina 27703, USA

國籍：(中文/英文) 美國/USA

## 參、發明人：(共 3 人)

姓名：(中文/英文)

1. 傑佛里 芬林/ JEFFERY S. FLYNN

2. 辛火平/HUOPING XIN

3. 喬治 布蘭德斯/GEORGE R. BRANDES

住居所地址：(中文/英文)

1. 美國康乃狄格州利奇菲爾市哥申路 392 號

392 Goshen Road, Litchfield, Connecticut 06759, USA

2. 美國加州布雷亞市西中央街 250 號

250 West Central Avenue, #710, Brea, California 92821, USA

3. 美國康乃狄格州索斯伯里市謝恩道 77 號

77 Shane Drive, Southbury, Connecticut 06488, USA

國籍：(中文/英文) 1. 3. 美國/USA 2. 中國/Chinese

**肆、聲明事項：**

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利  V 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1.美國；2003/05/09；60/469,316

2.

3.

4.

5.

主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於第三族氮化物電子及光電元件，以及特別是有關於具有一包含有高鋁含量  $Al_xGa_yN$  之擴散障礙層的第三族氮化物電子及光電結構，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，以及其製造方法。上述高鋁含量之  $Al_xGa_yN$  層允許電子及光電元件在高溫製造步驟期間可製造成為不會使摻質種類（例如：鎂、矽等）遷移或擴散至上述主動區域中，其中上述高溫度製造步驟係包含於此電子及光電元件之製程中，包括磊晶成長及元件製造。

### 【先前技術】

在第三族氮化物光電元件之製造中，通常所使用之摻質（例如：矽及鎂）在高溫製程環境下，如有機金屬化學氣相沉積及沉積後之製造操作，容易遷移或擴散至上述元件之主動區域中。上述摻質種類至上述主動區域之運送會嚴重地損害到上述第三族氮化物光電元件之最終效能及效率。

特別地，由於非輻射中心與具有非期望波長特性（亦即偏離所期望波長）之輻射中心之形成以及微形態缺陷（micro-morphological defects）之發生實質上降低上述產品元件之效率，因此上述摻質種類至上述光電元件之主動區域的運送將會降低上述元件之發光效率。

再者，由於在操作期間上述主動區域之摻質污染會產生過多的熱，所以此摻質種類至上述主動區域之運送以及形成於上述元件中之缺陷會縮短產品之壽命。

關於在製造期間摻質至上述第三族氮化物光電元件之主動區域的運送問題已激起修改上述光電元件架構之研究及努力。例如：見 Chang, Ying-Lan 等人之 "Study of Mg Diffusion During Metalorganic Chemical Vapor Deposition of GaN and AlGa<sub>N</sub>," Applied Physics Letters, Vol. 74, No. 5, pp. 688-690; 2001 年 2 月 9 日所公告之日本專利公告第 2001-36196 號以及 2001 年 3 月 23 日所公告之日本專利公告第 2001-77480 號。在此併入這些不同參考資料的整體揭示內容，以供參考。

雖然有習知用以克服有關於摻質遷移及擴散至上述光電元件之主動區域的問題之研究及嚐試，但是仍然需要一此問題之有效解決方案。期望此解決方案能容易地實施於上述第三族氮化物光電元件之製程步驟中，以便可非常有效地避免上述光電元件結構之主動區域的遷移或擴散污染以及可具有成本效益。

#### 【發明內容】

本發明係有關於第三族氮化物電子及光電元件及其製造方法。

在一態樣中，本發明係有關於一種第三族氮化物電子元件結構，包括摻雜材料、一主動區域以及一設置成用以抑制摻質從上述摻雜材料運送至上述主動區域之障礙材料，其中上述障礙材料包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$ ，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ 。

本發明之另一態樣係有關於一種第三族氮化物光電元

件結構，包括一摻雜第三族氮化物層以及一主動區域，其中一障礙層係設置於上述摻雜第三族氮化物層及上述主動區域之間，此障礙層係由一包含鋁鎵氮(AlGa<sub>N</sub>)之材料所形成，以鋁與鎵之總量為基準，上述鋁鎵氮具有至少50%的鋁，藉此該鋁鎵氮層提供一用以阻止摻質種類從該摻雜第三族氮化物層遷移或擴散至該元件之主動區域之障礙。

本發明之再另一態樣係有關於一種形成一第三族氮化物光電元件結構之方法，上述第三族氮化物光電元件結構包括一主動區域及一位於上述主動區域上之摻雜第三族氮化物層，上述方法包括：形成一鋁鎵氮層於上述主動區域與上述摻雜第三族氮化物層之間，以形成一用以抑制摻質從上述摻雜第三族氮化物層遷移或擴散至上述主動區域之障礙層。

在另一態樣中，本發明係有關於一種產生一高摻雜區域於一微電子元件結構中之方法，上述微電子元件結構包括一摻雜材料以及一主動區域材料，上述方法包括(i)形成一中間層於上述摻雜材料與上述主動區域材料之間，以產生一增加應變之界面區域，其相對於一欠缺上述中間層之對應微電子元件結構，其中上述摻雜材料與上述主動區域材料彼此接觸，以及(ii)促使摻質從上述摻雜材料朝上述主動區域之運送，以便使摻質堆積於上述增加應變之界面區域中。

本發明之一額外態樣係有關於一種建構一第三族氮化物元件之方法，上述第三族氮化物元件包括摻雜及主動區

域，關於上述元件之能帶結構，上述方法包括：將一包括高鋁含量  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$  之層插入上述摻雜及主動區域之間，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、上述插入層之厚度以及上述插入層形成條件，以產生上述具有預定能帶結構之第三族氮化物元件。

本發明之另一態樣係有關於一種在一第三族氮化物元件之一雜質擴散障礙層中建構載子之隧穿概率之方法，上述第三族氮化物元件包括摻雜及主動區域，在上述摻雜及主動區域之間具有上述雜質擴散障礙層，此方法包括形成一包括高鋁含量  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$  之層，以做為上述雜質擴散障礙層，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、上述雜質擴散障礙層之厚度以及上述雜質擴散障礙層形成條件，以在上述雜質擴散障礙層中產生上述具有一預先建構之載子隧穿概率的第三族氮化物元件。

本發明之再另一態樣係有關於一種多重量子井紫外線發光二極體結構 (multiple quantum well UV LED structure)，包括一摻雜鎂之 p 型鋁鎵氮層、一主動區域以及一位於上述摻雜鎂之 p 型鋁鎵氮層與上述主動區域間之鎂擴散障礙層，其中上述鎂擴散障礙層包括氮化鋁 (AlN)。

從以下之揭示及所附申請專利範圍可更易了解到本發明之其它態樣、特徵及優點。

#### 【實施方式】

本發明係依據下面的發現：可藉由製造上述具有一包括

高鋁含量  $Al_xGa_yN$  之障礙材料的元件結構，以實質上減少或甚至刪除摻質（例如：矽、鎂、鉍、鐵、鋅、氧、鍺等）至第三族氮化物光電元件結構之主動區域的遷移及/或擴散，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中上述障礙材料係設置成用以保護上述元件結構之主動區域不會受上述摻質運送之污染，包括摻質至上述主動區域之遷移或擴散。

上述  $Al_xGa_yN$  障礙材料具有高鋁含量濃度，以鋁與鎵之總量為基準，上述高鋁含量濃度包括至少 50% 以及最多至（及包含）100% 鋁濃度。此高鋁含量  $Al_xGa_yN$  材料已被發現可有效地阻止摻質種類從摻雜層擴散及遷移至上述第三族氮化物光電元件結構之主動區域中。由此材料所形成之障礙層對於抑制摻質種類，例如：鎂及矽，所造成之上述主動區域的污染係特別有效的。

在本發明之廣泛實施中，上述  $Al_xGa_yN$  障礙層可容易地在合適製程條件下藉由任何合適薄膜形成技術，包括氣相沉積技術，例如：有機金屬化學氣相沉積（metalorganic chemical vapor deposition, MOCVD）、分子束磊晶（molecular beam epitaxy, MBE）、氮化物氣相磊晶法（hydride vapor phase epitaxy, HVPE）等，來形成，其中上述薄膜形成技術係製造上述產品第三族氮化物光電元件之製程流程系列的部分。

做為一特定比較範例，在一紫外線發光二極體元件結構之主動區域及 p 型鋁鎵氮披覆層間形成一厚度約為 30 埃之氮化鋁層已呈現出可有效地抑制鎂從上述元件之頂部 p 型

披覆層擴散至上述主動區域，其中上述所製造之紫外線發光二極體元件結構係操作於一 340 毫微米之紫外線波長，此乃相對於一欠缺氮化鋁障礙層之紫外線發光二極體元件結構。

圖 1 係一紫外線發光二極體結構 10 之層結構的示意圖，上述層結構包括在一基底 18 上之氮-鋁鎵氮 16、主動區域材料 14 及 p 型鋁鎵氮 12 之連續層。上述基底 18 可以是任一合適型態，例如：藍寶石 (sapphire)、尖晶石 (spinel)、碳化矽、氮化鎵等。接點可放置在上述層 18 或層 12 之背面，以形成上述元件之接觸構件。

圖 2 係一相似於圖 1 之紫外線發光二極體結構之層結構的示意圖，其中相同層以對應元件符號來編號，然而在上述基底 10 之主動區域 14 與 p 型鋁鎵氮層 12 之間使用一氮化鋁障礙層 20。

圖 3 係在這些紫外線發光二極體樣品中一為深度函數之鎂與鋁原子濃度的圖示，在上述比較樣品中分別具有及不具有氮化鋁障礙層。圖 3 所示之摻質分析係由二次離子質譜儀 (secondary ion mass spectroscopy, SIMS) 來決定，以及會顯示出上述氮化鋁障礙層之效果。

在圖 1 及圖 2 所示之個別元件結構的型態中，在上述不包含氮化鋁層之元件結構的主動區域中鎂面積密度為  $5.1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ，然而在上述主動區域與上述 p 型鋁鎵氮披覆層間包含有氮化鋁層之對應元件結構的主動區域中鎂面積密度為  $1.5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 。

因為在上述包含有氮化鋁障礙層之元件結構的 p 型披覆層中鎂摻質濃度比上述欠缺氮化鋁障礙層之元件結構之 p 型披覆層中鎂摻質濃度高 30%，所以這些經驗決定值雖然顯示出上述氮化鋁障礙層對抑制上述元件之主動區域的鎂摻質污染之效能，但是不會完整地描述上述抑制效應之相對效果。

藉由本發明之高鋁障礙層結構能使高濃度準位之鎂併入上述鋁鎵氮層中，藉此可獲得較高鎂濃度準位，同時具有比目前高之元件效能。

本發明提供一遷移/擴散障礙層，其能在元件結構之摻雜材料中達成較高摻質密度，而不會有在上述微電子元件結構之製程中之高溫度下因上述摻質之遷移/擴散而在上述主動區域中造成摻質污染的附帶問題，例如：欠缺本發明之障礙層的光電元件之傳統製程所經歷者。

抑制摻質運送至上述元件之主動區域會導致：相較於欠缺本發明之遷移/擴散障礙層的對應光電元件者，本發明之障礙層結構能使所製造之第三族氮化物光電元件實質上在操作時具有改善之壽命時間、較高發光效率及產生較低的熱。

當上述具有一氮化鋁遷移/擴散障礙層之紫外線發光二極體物件受限於經驗特性描述時，鎂濃度之分析揭露出鎂係集中堆積於上述障礙層及上述 p 型鋁鎵氮層之界面。

上述鎂的局限與在上述障礙層/p 型鋁鎵氮界面上彼此接觸之上述障礙層材料與上述 p 型鋁鎵氮材料之間的微形

態 (micro-morphology) 及物理特性的差異，例如：結晶結構差異、應變差別等，係一致的。堆積於上述 p 型鋁鎵氮與上述  $Al_xGa_yN$  障礙層界面之鎂會在上述 SIMS 資料中產生一疊加式高斯狀摻質輪廓。

相較下，在上述不具有一  $Al_xGa_yN$  障礙層之對應紫外線發光二極體元件結構，鎂原子至上述紫外線發光二極體結構之主動區域的擴散會產生一深度為 0.2-0.3 微米之稍微漸尖形濃度輪廓（從上述表面至上述主動區域中之測量）。在一情況中，所摻雜之濃度大約下降了 30%。

上述顯示出上述摻質種類係堆積於上述界面區域中，其中在上述界面區域會呈現出高準位的應變或其它材料差異。因而，此摻質堆積行為針對接點形成提供一用以獲得一高摻雜區域之方式。

此外，做為一用以最佳化上述光電元件效能之技術，可使用此界面區域摻質堆積行為來達成通道之界定或移除來自一層之摻質，而不會移除上述相關聯之電荷供應。

再者，可使用上述摻質種類之界面區域摻質堆積行為，以便一定位方式將摻質引入一層中。

依據本發明之一  $Al_xGa_yN$  遷移/擴散障礙層之提供有助於上述元件結構的建構，其中上述元件結構係有關於上述第三族氮化物元件（例如（鋁，鎵，銦）氮及其它氮化物合金元件，其中（鋁，鎵，銦）代表任何符合化學計量學之合適氮化物，其金屬部分包括一個或多個鋁、鎵及銦）之能帶結構。依據本發明之一  $Al_xGa_yN$  遷移/擴散障礙層之使用亦可允許

在上述雜質擴散障礙層中載子之隧穿概率的設計。

圖 4 顯示出一多重量子井 (multiple quantum well, MQW) 紫外線發光二極體結構在無調整壓電效應下之能帶圖示的簡要描述，其中上述多重量子井紫外線發光二極體結構在上述 p 型鋁鎵氮層與上述主動區域間具有一氮化鋁擴散障礙層。

從圖 4 可明顯了解到，如果沒有適當設計的話，上述氮化鋁層之存在所造成之價電子帶之能帶差 (valence band offset) 將會阻止電洞之運送。適當設計必須要考慮到上述雜質擴散障礙層之能帶結構 (包括個別層之化學計量學)、上述個別層之厚度及上述載子之能量 (例如：基於考量上述光電元件之驅動電壓)。

一粒子之穿越障礙層之隧穿概率 (T) 可由下列方程式 (1) 來表示：

$$T = \frac{4k^2k'^2}{(k^2 + k'^2)Sh^2(k'a) + 4k^2k'^2} \quad \text{方程式 (1)}$$

其中

$$k = \sqrt{\frac{2mE}{h^2}} \quad \text{方程式 (2)}$$

以及其中

$$k' = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{h^2}} \quad \text{方程式 (3)}$$

以及  $V_0 = \Delta E_v$  上述氮化鋁與相鄰鋁鎵氮層間之價電子帶之能帶差， $a$  = 鋁層之厚度， $h$  = 浦朗克常數， $m$  = 在上述相鄰鋁鎵

氮層中電洞有效質量， $E$ =載子能量（上述光電元件之驅動電壓）。

假設  $k' a \gg 1$ ，方程式(1)可化簡成為：

$$T \approx \frac{16E(V_0 - E)}{V_0^2} e^{-\frac{2a}{h} \sqrt{2m(V_0 - E)}} \quad \text{方程式(4)}$$

從方程式(4)可清楚了解到， $T$ 隨著障礙層厚度之增加而以指數方式減少。由於在上述鋁鎵氮層之電洞有效質量係未知的，所以很難決定一為氮化鋁層厚度函數之正確隧穿概率。然而，對於評估本發明之光電元件結構中上述障礙層之優點來說，相對比較係有用的。

圖 5 顯示針對不同電洞有效質量 ( $m_0$ ) 值及不同電洞能量 ( $E$ ) 之一為氮化鋁厚度函數的隧穿概率之模擬。

參考圖 5，對於(上述氮化鋁障礙層之)一固定障礙高度而言，可容易地決定上述最佳氮化鋁層厚度，上述最佳氮化鋁層厚度會增加上述電洞隧穿概率，同時有效地抑制摻質擴散至上述主動區域。

藉由範例來說明，一具有大約 2.5 埃厚度之單一氮化鋁層在  $m_0=1.0$  及  $E=50\text{meV}$  時會產生 40% 以上之電洞隧穿概率。再者，在上述所考慮之特定範例中，增加上述裝置之驅動電壓 (亦即  $E$ ) 會造成上述隧穿概率實質上的增加約 20%。因此，可使用非常薄障礙層，來防止鎂或其它摻質種類之遷移/擴散。

與上面所描述是一致的，本發明在另一態樣中構想一用以在一微電子元件結構中產生一高摻雜區域之方法，上述

微電子元件結構包括一摻雜材料及一主動區域材料，此方法包括：(i)形成一中間層於上述摻雜材料與上述主動區域材料之間，以產生一增加應變之界面區域，此步驟係相對於一欠缺此中間層之對應微電子元件結構，以及其中上述摻雜材料與上述主動區域彼此相鄰，以及(ii)促使摻質從上述摻雜材料朝上述主動區域材料來運送，以便使摻質堆積於上述增加應變之界面區域中。

在此方法中之中間層最好包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$ ，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ 。上述微電子元件結構可以是任何包括一第三族氮化物材料之合適型態，例如：一第三族氮化物光電元件結構，以及上述摻質可包括任何合適種類，例如：矽、鎂、鈹、鐵、鋅、氧、鍺等。

在一微電子元件結構中產生一高摻雜區域之方法中，運用使摻質從上述摻雜材料朝上述主動區域運送之步驟(ii)，以達成上述微電子元件結構之通道界定。

可在另一態樣中實施上述使摻質從上述摻雜材料朝上述主動區域運送之步驟(ii)足夠長之時間，以將摻質從上述摻雜材料移除，而不需移除相關聯於上述摻質之電荷供應。

可藉由一積極適合於摻質運送之高溫度狀態來實施上述使摻質從上述摻雜材料朝上述主動區域運送之步驟(ii)，以便在上述增加應變之界面區域中堆積摻質。

本發明在另一態樣中構思一建構一第三族氮化物元件之方法，上述第三族氮化物元件包括摻雜及主動區域，有

關於上述元件之能帶結構，此方法包括在上述摻雜及主動區域間插入一包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$  的層，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、上述插入層厚度以及上述插入層形成條件，以產生上述具有預定能帶結構之第三族氮化物元件。

本發明之另一態樣構思一在一第三族氮化物元件之雜質擴散障礙層中設計載子之隧穿概率的方法，上述第三族氮化物元件包括摻雜及主動區域，其中此雜質擴散障礙層係位於上述摻雜及主動區域之間。上述方法包括：形成一包括高鋁含量  $Al_xGa_yN$  之層，以做為上述雜質擴散障礙層，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、雜質擴散障礙層厚度以及雜質擴散障礙層形成條件，以產生上述第三族氮化物元件，其中上述第三族氮化物元件在上述雜質擴散障礙層中具有一預定設計之載子隧穿概率。

在另一特定元件態樣中，本發明構思一多重量子井紫外線發光二極體結構，其包括一鎂摻雜 p 型鋁鎵氮層、一主動區域以及一位於上述鎂摻雜 p 型鋁鎵氮層與上述主動區域間之鎂擴散障礙層，其中上述鎂擴散障礙層包括氮化鋁。

以上所描述之本發明的方法係使用於 p 型層中，然而亦可使用於 n 型層中。

通常，本發明之障礙方法可有效地使用於各種微電子元件中，包括但不限於藍色發光二極體 (LEDs)、綠色發光二極體 (LEDs)、藍色雷射二極體 (LDs)、紫外線發光二極體、紫外線雷射二極體、異質接面雙極電晶體 (HBTs) 等。

熟知該項技藝者可在本發明之廣泛實施中輕易決定上述高鋁含量  $Al_xGa_yN$  層之厚度，而不需要額外之實驗。在特定應用中，最好使用 5-200 埃範圍間之厚度，以抑制摻質種類之遷移/擴散。在其他應用中，希望上述障礙層之厚度是在大約 10-100 埃範圍間，較佳是在大約 10-75 埃範圍間，以及最佳是在大約 10-60 埃範圍間。

依據本發明之障礙層包括化學式  $(Al_xGa_y)N$  之材料，其中  $x+y=1$  以及  $x$  係在 0.5-1 範圍間。在使用依據本發明之障礙層的特定實施例中，上述  $x$  值至少可以是 0.60、0.75、0.80、0.90 或 0.95。所需最小鋁濃度係部分相依於上述元件製程需求，以及特別是相依於上述裝置之熱預算（時間及溫度）。依據在此所揭露之習知技藝可容易地決定在本發明之所給予應用中用以有效阻止遷移及擴散之障礙層所需的鋁之特定組成及數量。

可有效地使用於依據本發明障礙層成長之做為解說實例的製程條件包括大約 900-1,500°C 之溫度範圍、大約 1-1000 托之壓力範圍、大約 1-100,000 之 V/III 比範圍以及大約 0.01-10 微米/小時之成長速率範圍。

可藉由下列非限定範圍之範例來完整地顯示出本發明之特徵及優點。

#### 範例 1

下面針對一依據本發明所製造之紫外線發光二極體元件提供一成長條件的特定範例。

步驟 1) 在溫度 = 1220°C、壓力 = 100 毫巴、V/III 比 = 2500

以及成長速率 = 1.5 微米 / 小時下，成長厚度大於 0.05 微米之鋁鎵氮 n 型層（鋁之比率係大於 5%，矽摻雜濃度大於  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）；

步驟 2) 在溫度 = 1220°C、壓力 = 100 毫巴、V/III 比 = 2500 以及成長速率 = 1.5 微米 / 小時下，成長厚度小於 2000 埃之鋁鎵氮多重量子井主動區域（鋁之比率係大於 1%，實施摻雜或不實施摻雜）；

步驟 3) 在溫度 = 1220°C、壓力 = 100 毫巴、V/III 比 = 2500 以及成長速率 = 0.18 微米 / 小時下，成長厚度等於 30 埃之氮化鋁障礙層（鋁之比率係大於 50%，實施摻雜或不實施摻雜）；以及

步驟 4) 在溫度 = 1220°C、壓力 = 100 毫巴、V/III 比 = 2500 以及成長速率 = 1.5 微米 / 小時下，成長厚度小於 0.5 微米之鋁鎵氮 p 型層（鋁之比率係大於 5%，鎂摻雜濃度大於  $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ ）。

有效地使用本發明之高鋁含量鋁鎵氮障礙層技術，以製造第三族氮化物電子元件結構，其中可藉由此障礙層之提供以實質上減少或者甚至刪除不受期望之材料，例如：摻質種類，遷移及 / 或擴散至上述第三族氮化物元件結構之主動區域中。相對於欠缺本發明之障礙層結構的光電元件，此障礙層結構能製造高效率電子元件，例如：具有實質上改善之元件壽命時間、較高發光效率以及較低熱量產生及操作之光電元件。在特定應用中，可使用本發明之障礙層結構，來設計在例如：多重量子井 (MQW) 紫外線發光二極體元件

之雜質擴散障礙層中載子之隧穿概率。亦可使用本發明之障礙層於特定元件應用中，以將摻質局限於界面區域，以針對接點形成產生高摻雜區域，其中在上述界面區域中可呈現出高程度之應變或其它材料差異。在另一情況中，亦可使用本發明之障礙層結構以達成通道界定，以便最佳化上述包含有障礙層之元件的效能。

雖然已描述有關於本發明之特定態樣、特徵及具體例，然而可明白其並非用以限定本發明，而是可延伸至及包括其它變化、修飾及可替代實施例。因此，係以廣泛方式來解釋及分析本發明，以包括上述所有其它變化、修飾及可替代實施例，如同在下面申請專利範圍所主張之本發明的範圍及精神中。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 係一紫外線發光二極體 (UV-LED) 之層結構的示意圖，其中上述層結構包括在一基底上之氮-鋁鎵氮 (N-AlGa<sub>2</sub>N)、主動區域材料及 p 型鋁鎵氮 (p-AlGa<sub>2</sub>N) 的連續層。

圖 2 係一相似於圖 1 之紫外線發光二極體之層結構的示意圖，然而在上述主動區域與上述 p 型鋁鎵氮層間使用一氮化鋁障礙層。

圖 3 係藉由二次離子質譜儀 (SIMS) 決定在紫外線發光二極體樣本中一為深度函數之鎂與鋁原子濃度的圖示，在比較樣本中分別具有及不具有氮化鋁障礙層，以顯示出上述氮化鋁障礙層之效果。

圖 4 係一多重量子井紫外線發光二極體裝置結構之能帶圖示，其中上述結構具有一插入上述主動區域及上述結構之 p 型披覆層間之氮化鋁層。

圖 5 係一針對不同相對有效質量 ( $m_0$ ) 及電洞能量 ( $E$ ) 之為以埃為單位之氮化鋁厚度函數的隧穿概率 (%) 之圖示。

(元件符號說明)

- 10 紫外線發光二極體結構
- 12 p 型鋁鎵氮
- 14 主動區域材料
- 16 氮-鋁鎵氮
- 18 基底
- 20 氮化鋁障礙層

## 伍、中文發明摘要：

一種第三族氮化物電子元件結構包括摻雜材料、一主動區域以及一設置成用以抑制摻質從上述摻雜材料運送至上述主動區域之障礙材料，其中上述障礙材料包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$ ，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ 。在一特定態樣中，使用 AlN 做為一具有大約 5-200 埃厚度之遷移/擴散障礙層，以抑制鎂及/或矽摻質材料流入上述第三族氮化物電子元件，例如：紫外線發光二極體 (UV LED) 光電元件，之主動區域中。

## 陸、英文發明摘要：

A III-nitride electronic device structure including doped material, an active region and a barrier material arranged to suppress transport of dopant from the doped material into the active region, wherein the barrier material comprises high-Al content  $Al_xGa_yN$ , wherein  $x+y=1$ , and  $x \geq 0.50$ . In a specific aspect, AlN is used as a migration/diffusion barrier layer at a thickness of from about 5 to about 200 Angstroms, to suppress flux of magnesium and/or silicon dopant material into the active region of the III-nitride electronic device, e.g., a UV LED optoelectronic device.

## 拾、申請專利範圍：

1. 一種第三族氮化物光電元件結構，包括一摻雜第三族氮化物層以及一主動區域，其中一障礙層係設置於該摻雜第三族氮化物層及該主動區域之間，該障礙層係由一包含鋁鎵氮 (AlGa<sub>2</sub>N) 之材料所形成，以鋁與鎵之總量為基準該鋁鎵氮具有至少 50% 的鋁，藉此該鋁鎵氮層提供一用以阻止摻質種類從該摻雜第三族氮化物層遷移或擴散至該裝置之主動區域之障礙。

2. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁之濃度大約為 60%-100% 之範圍。

3. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁之濃度大約為 75%-100% 之範圍。

4. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁之濃度大約為 80%-100% 之範圍。

5. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁之濃度大約為 90%-100% 之範圍。

6. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁之濃度大約為 95%-100% 之範圍。

7. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁鎵氮層具有大約 5-200 埃之厚度。

8. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁鎵氮層具有大約 10-100 埃之厚度。

9. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁鎵氮層具有大約 10-75 埃之厚度。

10. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁鎵氮層具有大約 10-60 埃之厚度。

11. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一紫外線發光二極體 (UV LED)。

12. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一多重量子井紫外線發光二極體 (MQW UV LED)。

13. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一藍色或綠色發光二極體。

14. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一藍色雷射二極體。

15. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一異質接面雙極電晶體 (HBT)。

16. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該鋁鎵氮層包括氮化鋁。

17. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該摻雜第三族氮化物層包括一 n 型鋁鎵氮層。

18. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該摻雜第三族氮化物層包括一摻雜鎂之 p 型鋁鎵氮層。

19. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，更包括一藍寶石基底。

20. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，更包括一氮化鎵基底。

21. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該摻雜第三族氮化物層包括至少一選自由矽、鎂、鉍、鐵、鋅、氧及鍺所組成之群中之摻質種類。

22. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該摻雜第三族氮化物層包括至少一選自由鎂及矽所組成之群中之摻質種類。

23. 一種形成一第三族氮化物光電元件結構之方法，該第三族氮化物光電元件結構包括一主動區域及一位於該主動區域上之摻雜第三族氮化物層，該方法包括：形成一鋁鎵氮層於該主動區域與該摻雜第三族氮化物層之間，以形成一用以抑制摻質從該摻雜第三族氮化物層遷移或擴散至該主動區域之障礙層。

24. 一種第三族氮化物電子元件結構，包括摻雜材料、一主動區域以及一設置用以抑制摻質從該摻雜材料運送至該主動區域之障礙材料，其中該障礙材料包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$ ，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ 。

25. 一種產生一高摻雜區域於一微電子元件結構中之方法，該微電子元件結構包括一摻雜材料以及一主動區域材料，該方法包括 (i) 形成一中間層於該摻雜材料與該主動區域材料之間，以產生一增加應變之界面區域，該 (i) 步驟係相對於一欠缺該中間層之對應微電子元件結構，其中該摻雜材料與該主動區域材料彼此接觸，以及 (ii) 促使摻質從該摻雜材料朝該主動區域材料之運送，以便使摻質堆積於該增加應變之界面區域中。

26. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該中間層包括高鋁含量之  $Al_xGa_yN$ ，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ 。

27. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該微電子元件結構包括一第三族氮化物光電元件結構。

28. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該摻質包括一選自由矽、鎂、鋁、鐵、鋅、氧及鍺所組成之群中之摻質種類。

29. 如申請專利範圍第 28 項之方法，其中該摻雜材料包括一第三族氮化物材料。

30. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該摻質從該摻雜材料朝該主動區域材料之運送的步驟 (ii) 達成該微電子元件結構之通道界定。

31. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該摻質從該摻雜材料朝該主動區域材料之運送的步驟 (ii) 實施足夠之時間，以從該摻雜材料移除摻質，而不會移除相關聯於摻質之電荷供給。

32. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中該摻質從該摻雜材料朝該主動區域材料之運送以便摻質堆積於該增加應變之界面區域中的步驟係藉由一高溫度狀態來實施。

33. 一種建構一第三族氮化物元件之方法，該第三族氮化物元件包括摻雜及主動區域，關於該元件之能帶結構，該方法包括：將一包括高鋁含量  $Al_xGa_yN$  之層插入該摻雜及主動區域之間，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、該插入層之厚度以及該插入層形成條件，以產生該具有預

定能帶結構之第三族氮化物元件。

34. 一種在一第三族氮化物元件之一雜質擴散障礙層中設計載子之隧穿概率的方法，該第三族氮化物元件包括摻雜及主動區域，在該摻雜及主動區域之間具有該雜質擴散障礙層，該方法包括形成一包括高鋁含量  $Al_xGa_yN$  之層，以做為該雜質擴散障礙層，其中  $x+y=1$  以及  $x \geq 0.50$ ，其中選擇  $x$ 、 $y$ 、該雜質擴散障礙層厚度以及該雜質擴散障礙層形成條件，以產生該第三族氮化物元件，其中該第三族氮化物元件在該雜質擴散障礙層中具有一預先設計之載子隧穿概率。

35. 一種多重量子井紫外線發光二極體結構，包括一摻雜鎂之 p 型鋁鎵氮層、一主動區域以及一位於該摻雜鎂之 p 型鋁鎵氮層與該主動區域間之鎂擴散障礙層，其中該鎂擴散障礙層包括氮化鋁。

36. 如申請專利範圍第 1 項之第三族氮化物光電元件結構，其中該裝置包括一紫外線雷射二極體。

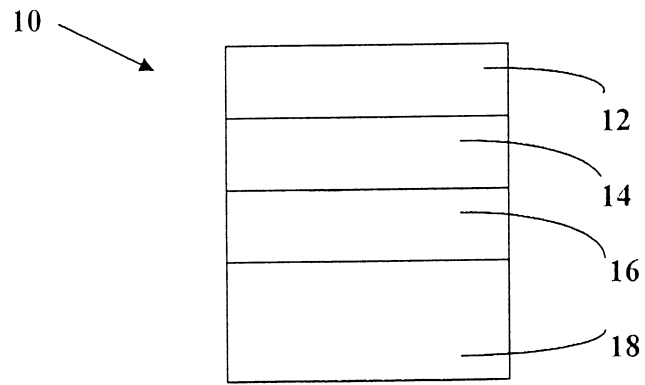


圖 1

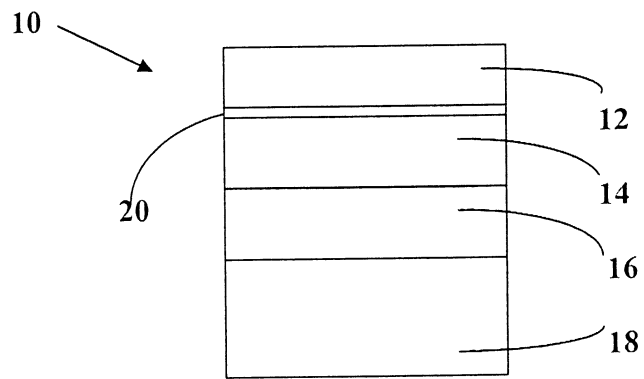


圖 2

**柒、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- |    |            |
|----|------------|
| 10 | 紫外線發光二極體結構 |
| 12 | P 型鋁鎵氮     |
| 14 | 主動區域材料     |
| 16 | 氮－鋁鎵氮      |
| 18 | 基底         |

**捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

無