

申請日期: 97.4.13	IPC分類
申請案號: 97110243	H01L33/00

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體及其製造方法
	英文	High Luminance Indium Gallium Aluminum Nitride Light Emitting Device and Manufacture Method Thereof
二、 發明人 (共3人)	姓名 (中文)	1. 吳仁釗 2. 杜全成
	姓名 (英文)	1. WU, JEN-CHAU 2. TU, CHUNG-CHENG
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	1. 新竹市科學園路212巷9號 2. 台北市德行西路119號5樓
	住居所 (英文)	1. No. 9, Lane 212, Kesyuueyuan Rd., Hsinchu City 300, Taiwan, R.O.C. 2. 5F., No. 119, Desing W. Rd., Shihlin District, Taipei City 111, Taiwan, R.O.C.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 國聯光電科技股份有限公司
	名稱或姓名 (英文)	1. UNITED EPITAXY COMPANY, LTD.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹科學工業園區力行路10號9樓 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 9F, 10, Li-Hsin Rd., Science-Based Industrial Park, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.
	代表人 (中文)	1. 黃國欣
代表人 (英文)	1. HUANG, KUO-HSIN	



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人 (共3人)	姓名 (中文)	3. 黃寶億
	姓名 (英文)	3. HUANG, PAO-I
	國籍 (中英文)	3. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	3. 嘉義市康樂街331巷5號
	住居所 (英文)	3.No. 5, Lane 331, Kangle St., Chiayi City 600, Taiwan, R.O.C.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	
	名稱或 姓名 (英文)	
	國籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中文)	
	住居所 (營業所) (英文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張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

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。



五、發明說明 (1)

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種高亮度發光二極體的結構及其製造方法，更具體地，係關於一種低操作電壓的高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體，且不需使用高雜摻濃度來降低操作電壓。

【先前技術】

發光二極體 (LED) 因其發光原理、結構等與傳統光源不同，使得 LED 具有體積小、高可靠度、可大量生產、並且可配合需求製成各種大型元件等特性，通常應用於室內或室外大型顯示螢幕。相較於傳統光源，LED 具有無燈絲、耗電量小、產品反應速度快的優點，亦可廣泛應用於通訊、電子等各種領域。提昇 LED 之晶粒亮度，降低元件耗能以增加市場的競爭力，則成為重要的研究方向。

近年來，為了提昇發光二極體的亮度，導電透光層 (如氧化銦錫、氧化鋅等) 被廣泛的應用在各式各樣的光電裝置上，例如薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT LCD)、有機發光二極體 (OLED)、以及發光二極體等。然而，為了將發光二極體操作時的順向電壓降低並保持穩定，需要與導電透光層形成歐姆接觸，這亦是製造高亮度發光二極體時所需要克服的主要問題之一。

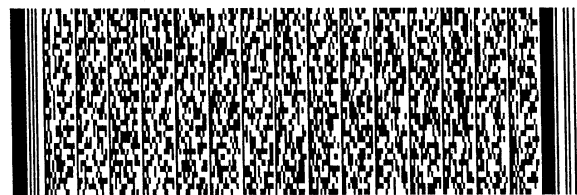
氧化銦錫為一種用於導電透光層的習知材



五、發明說明 (2)

料。Oberman等人於美國專利案號 5,925,897 中揭示了一鎳／金薄層介於氧化銦錫與 p 型氮化銦鎵層之間。Lin 等人於美國專利號 6,465,808 中揭示了點狀導電透光層使其吸光面積變小，而增加發光效率。Ludowise 等人於美國專利案號 6,287,947 中揭示了一種多層的導電透光層，介於氧化銦錫和 p 型氮化鎵層之間。上述的習知技術會導致順向電壓不佳，因為在不同粗糙表面上進行磊晶不易控制，以及氫鈍化效應 (hydrogen passivation effect) 的影響。

關於降低順向電壓方面，下面習知技術使用一中介層與導電透光層接觸。Okazaki 等人於美國專利案號 5,977,566 中揭示一些金屬中介層 (例如鎂、鎳、金、鋅、及鈦等) 來形成歐姆接觸。使用金屬做為中介層時，雖然可以與導電透光層形成歐姆接觸，但金屬層會吸收光線而導致透光性不佳，進而降低了發光效率。Jou 等人於美國專利案號 6,078,064 中揭示一種高摻雜濃度 (大於 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) 的 p 型接觸層來做為中介層，例如砷化鎵、砷化鋁鎵、或磷化鎵。Suzuki 等人於美國專利案號 6,479,836 中揭示一種選擇性 p 型載子高摻雜濃度的超晶格層 (super-lattice layer) 以降低順向電壓，例如氮化銦鎵／氮化鎵、氮化鋁鎵／氮化鎵等等。且利用氧化銦錫層提供之氧將鎳轉換成氧化鎳以做為中介層。使用高摻雜濃度的中介層雖然可以與導電透光層形成歐姆接觸，但高摻雜濃度亦增加載子擴散形象，進而導致元件穩定性與可靠性



五、發明說明 (3)

降低。

由上所述可知，提供一種同時具有穩定性及可靠性，並於操作時具有良好順向電壓的高亮度發光二極體實有其必要。

【發明內容】

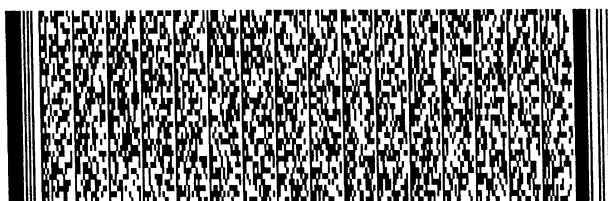
本發明係用於解決先前技術中發光二極體所遭到的各種問題：

本發明一方面在於提供一高亮度發光二極體，並且具有低摻雜濃度的接觸層以及穩定且低的操作電壓。

本發明另一方面提供一高亮度發光二極體，其操作時導電透光層與第二接觸層間產生隧道效應，並藉由第二接觸層之厚度控制導電透光層的順向電壓。

本發明又一方面提供一高亮度發光二極體，其接觸層係使用具有較高透光率之氮化銦鎵鋁材料。

本發明揭露一種高亮度發光二極體，包含基材、第一導電型氮化物層、活性層、第二導電型氮化物層、第一接觸層、第二接觸層、以及導電透光層。第一導電型氮化物層係位於基材上以做為一包覆層。活性層係位於第一導電



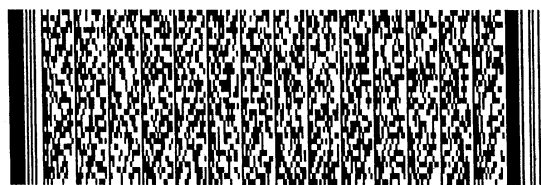
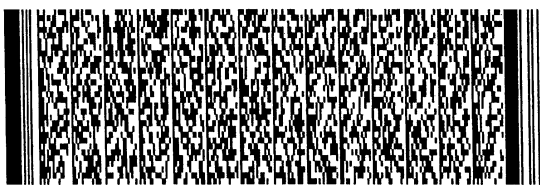
五、發明說明 (4)

型氮化物層上以做為一發光層。第二導電型氮化物層係位於活性層上以做為一包覆層。第一接觸層具有第一能隙及第一摻雜濃度，並且位於第二導電型氮化物層上。第二接觸層具有第二能隙及第二摻雜濃度，並且位於第一接觸層上。導電透光層係位於第二接觸層上。

第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係分別大於一預定濃度，且第一能隙係小於第二能隙。第二接觸層係小於一預定厚度，使導電透光層與第二接觸層之間在發光二極體操作時產生一隧道效應。本發明揭露之發光二極體結構可降低操作電壓，並且在一般電壓供應來源下可以穩定運作。接觸層不需使用高摻雜濃度，可進一步降低載子擴散效應並使順向電壓保持穩定。此外，操作電壓可藉由第二接觸層之厚度來控制，而第二接觸層可藉由磊晶技術而控制在理想的範圍，這使得製程上的複雜度與問題明顯地減少。

【實施方式】

圖 1A 為依照本發明一具體實施例之高亮度發光二極體 10 的示意圖。圖 1B 為圖 1A 中所示高亮度發光二極體的能階示意圖。參照圖 1A，高亮度發光二極體 10 包含基材 102、第一導電型氮化物層 104、活性層 106、第二導電型氮化物層 108、第一接觸層 110、第二接觸層 112、以及導電透光層 114。基材 102 之材料包含任何習知之材料，例如矽基材、碳化矽、砷化鎵等等。第一導電型氮化物層 104 係位



五、發明說明 (5)

於基材 102 上以做為一包覆層、活性層 106 係位於第一導電型氮化物層 104 上以做為一發光層、第二導電型氮化物層 108 係位於活性層 106 上以做為一包覆層。第一導電型氮化物層 104、活性層 106、第二導電型氮化物層 108 包含任何習知之材料。在此實施例中，第一導電型氮化物層 104 係為一 P 型氮化鎵層、第二導電型氮化物層 108 係為一 N 型氮化鎵層、且活性層 106 係為一氮化銦鎵層。活性層 106 係做為一本發明高亮度發光二極體的發光層，其發光原理與機制係為習知之技術，在此不再贅述。

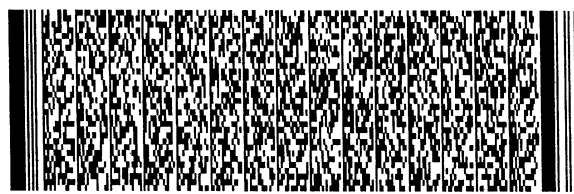
第一接觸層 110 係位於第二導電型氮化物層 108 上，且具有一第一能隙與一第一摻雜濃度。第二接觸層 112 係位於第一接觸層 110 上，且具有一第二能隙與一第二摻雜濃度。導電透光層 114 係位於第二接觸層 112 上。導電透光層 114 之材料包含習知之材料，例如氧化銦錫、氧化鋅、氧化銦、氧化鋯等。第一接觸層 110 與第二接觸層 112 之材料包含氮化銦鎵鋁，其組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。其中第一接觸層 110 之第一能隙係小於第二接觸層 112 之第二能隙、第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係分別大於 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ，且第二接觸層 112 之厚度係小於 20 埃 (Angstrom)。在此實施例中，第一接觸層 110 與第二接觸層 112 係為 P 型摻雜。藉由第一接觸層 110 與第二接觸層 112 之特性，當發光二極體 10 操作時，導電透光層 114 與第二接觸層 112 之間產生一隧道效應。



五、發明說明 (6)

在習知技藝當中形成歐姆接觸的方式，係使用一低能隙材料以做為接觸層，同時必需具有高摻雜濃度。低能隙的限制減少了接觸層材料選擇的彈性。例如，一般當接觸層中使用銦時，會降低材料的透光性，然而在習知技藝中，為了符合接觸層的低能隙限制，或多或少需在接觸層材料中使用銦。而本發明可以改善這個限制，參照圖 1B 可更清楚地了解本發明之高亮度發光二極體的運作原理。本發明在能隙上只需第一接觸層之能隙小於第二接觸層之能隙。例如：接觸層組成爲 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，當 x 爲零時，本發明之接觸層不包含銦，提高了使用材料的選擇彈性以及優勢。另外，習知技藝當中需使用高摻雜濃度 (大於 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) 來達成歐姆接觸，然而，提高摻雜濃度時，亦伴隨著許多缺點。摻雜濃度提高的同時會使得擴散效應增加，且這些不必要的離子擴散會導致元件的穩定性與可靠性降低。再者，摻雜濃度提高會使得接觸層的吸光率增加，導致元件的發光效率降低。另外，高摻雜濃度亦具有容易氧化、鈍化 (passivation) 等缺點。本發明允許在較低摻雜濃度下 (大於 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)，即可形成歐姆接觸，解決習知技藝之不足。

相較於習知技藝使用高摻雜濃度來控制操作電壓，本發明提供一個製程上較容易的方式來控制元件的操作電壓。本發明藉由將第二接觸層 112 控制於一預定厚度之



五、發明說明 (7)

內，亦即隧道效應的隧道寬度 D (標示於圖1B)，便可達成控制發光二極體10的操作電壓。第二接觸層112之厚度一般為小於20埃，便可以有效產生隧道效應，此時電子不需跨越第二接觸層112之能隙，而直接藉由隧道效應通過第二接觸層112。第二接觸層112之厚度可藉由磊晶技術來達成良好的控制。因為控制厚度較摻雜濃度來得容易，因此本發明提供較穩定且可靠的高亮度發光二極體。在此必需注意的是，第一接觸層的厚度並不影響本發明之發光二極體的操作電壓。

圖2A為依照本發明另一具體實施例之高亮度發光二極體20的示意圖。圖2B為圖2A中所示高亮度發光二極體的能階示意圖。參照圖2A，高亮度發光二極體20包含基材202、N型氮化鎵層204、活性層206、P型氮化鎵層208、第一接觸層210、第二接觸層212、以及氧化銦錫層214。第一接觸層210具有一第一能隙與一第一摻雜濃度。第二接觸層212具有一第二能隙與一第二摻雜濃度。第一接觸層210與第二接觸層212之材料包含氮化銦鎵鋁，其組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。其中第一接觸層210之第一能隙係小於第二接觸層212之第二能隙、第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係分別大於 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。第一接觸層210之厚度為10埃，且第二接觸層212之厚度為20埃。本發明藉由將第二接觸層212控制於一預定厚度之內，亦即隧道效應的隧道寬度 D (標示於圖2B)，便可達成控制發光二

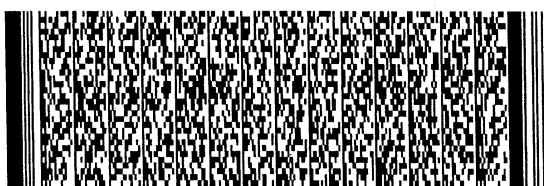


五、發明說明 (8)

極體 20 的操作電壓。此時電洞不需跨越第二接觸層 212 之能隙，而直接藉由隧道效應通過第二接觸層 212。在此應注意的是，熟此技藝者當知本實施例之其它特性與優點與上述之實施例相同，在此不再贅述。

圖 3 為依照本發明另一具體實施例之高亮度發光二極體 30 的示意圖。參照圖 3，高亮度發光二極體 30 包含基材 302、P 型氮化鋁鎵層 304、活性層 306、N 型氮化鋁鎵層 308、第一接觸層 310、第二接觸層 312、以及氧化鋅層 314。第一接觸層 310 具有一第一能隙與一第一摻雜濃度。第二接觸層 312 具有一第二能隙與一第二摻雜濃度。第一接觸層 310 與第二接觸層 312 之材料包含氮化銦鎵鋁，其組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。其中第一接觸層 310 之第一能隙係小於第二接觸層 312 之第二能隙、第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係分別大於 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。第一接觸層 310 之厚度為 600 埃，且第二接觸層 312 之厚度為 10 埃。本發明藉由將第二接觸層 312 控制於一預定厚度之內，便可達成控制發光二極體 30 的操作電壓。在此應注意的是，熟此技藝者當知本實施例之其它特性與優點與上述之實施例相同，在此不再贅述。

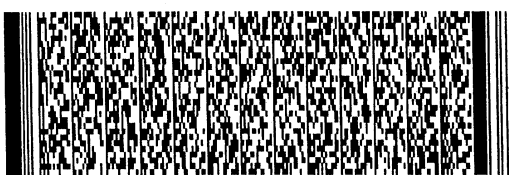
本發明並揭露一種形成氮化銦鎵鋁發光二極體之方法，包含提供一基材。形成一第一導電型氮化物層於基材上，以做為一包覆層。形成一活性層於第一導電型氮化物



五、發明說明 (9)

層上，以做為一發光層。形成一第二導電型氮化物層於活性層上，以做為一包覆層。形成一第一氮化銦鎵鋁層於第二導電型氮化物層上，且第一氮化銦鎵鋁層具有一第一能隙及一第一摻雜濃度。形成一第二氮化銦鎵鋁層於第一氮化銦鎵鋁層上，且第二氮化銦鎵鋁層具有一第二能隙及一第二摻雜濃度。第一能隙係小於第二能隙，且第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係大於一預定濃度。形成一導電透光層於該第二氮化銦鎵鋁層上。第二氮化銦鎵鋁層係小於一預定厚度，使導電透光層與第二氮化銦鎵鋁層之間在發光二極體操作時產生一隧道效應。

由上所述之具體實施例可知，本發明提供一種同時具有穩定性及可靠性，並於操作時具有良好順向電壓的高亮度發光二極體及其製造方法。但熟此技藝者當知，上述之實施例係用以描述本發明，然本發明技術仍可有許多之修改與變化。因此，本發明並不限於以上特定實施例的描述，本發明的申請專利範圍係欲包含所有此類修改與變化，以能真正符合本發明之精神與範圍。



圖式簡單說明

【圖式簡單說明】

圖 1A 為依照本發明一具體實施例之高亮度發光二極體的示意圖；

圖 1B 為圖 1A 中所示高亮度發光二極體的能階示意圖；

圖 2A 為依照本發明另一具體實施例之高亮度發光二極體的示意圖；

圖 2B 為圖 2A 中所示高亮度發光二極體的能階示意圖；

以及

圖 3 為依照本發明又一具體實施例之高亮度發光二極體的示意圖。

圖示元件符號說明

10	高亮度發光二極體	102	基材
104	第一導電型氮化物層	106	活性層
108	第二導電型氮化物層	110	第一接觸層
112	第二接觸層	114	導電透光層
20	高亮度發光二極體	202	基材
204	N 型氮化鎵層	206	活性層
208	P 型氮化鎵層	210	第一接觸層
212	第二接觸層	214	氧化銦錫層
30	高亮度發光二極體	302	基材
304	P 型氮化鋁鎵層	306	活性層
308	N 型氮化鋁鎵層	310	第一接觸層
312	第二接觸層	314	氧化鋅層

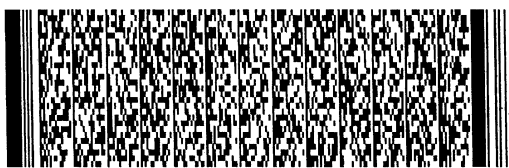


四、中文發明摘要 (發明名稱：高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體及其製造方法)

一種高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體係被揭露，包含基材、第一導電型氮化物層、活性層、第二導電型氮化物層、第一接觸層、第二接觸層、以及導電透光層。第一接觸層具有第一能隙及第一摻雜濃度，並且位於第二導電型氮化物層上。第二接觸層具有第二能隙及第二摻雜濃度，並且位於第一接觸層上。第一摻雜濃度與第二摻雜濃度係分別大於一預定濃度，且第一能隙係小於第二能隙。第二接觸層係小於一預定厚度，使導電透光層與第二接觸層之間在發光二極體操作時產生一隧道效應。

五、英文發明摘要 (發明名稱：High Luminance Indium Gallium Aluminum Nitride Light Emitting Device and Manufacture Method Thereof)

A high luminance indium gallium aluminum nitride light emitting device (LED) is disclosed, including a substrate, a first conductive type nitride layer, an active layer, a second conductive type nitride layer, a first contact layer, a second contact layer, and a conductive transparent layer. The first contact layer has a first bandgap and a first doping concentration,



四、中文發明摘要 (發明名稱：高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體及其製造方法)

五、英文發明摘要 (發明名稱：High Luminance Indium Gallium Aluminum Nitride Light Emitting Device and Manufacture Method Thereof)

and is disposed on the second conductive type nitride layer. The second contact layer has a second bandgap and a second doping concentration, and is disposed on the first contact layer. The first doping concentration and the second doping concentration are respectively larger than a predetermined concentration, and the first bandgap is smaller than the second bandgap. The second



四、中文發明摘要 (發明名稱：高亮度氮化銦鎵鋁發光二極體及其製造方法)

五、英文發明摘要 (發明名稱：High Luminance Indium Gallium Aluminum Nitride Light Emitting Device and Manufacture Method Thereof)

contact layer is smaller than a predetermined width so that a tunneling effect is occurred between the conductive transparent layer and the second contact layer.



六、指定代表圖

(一)、本案代表圖為：圖 1A

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

10	高亮度發光二極體	102	基材
104	第一導電型氮化物層	106	活性層
108	第二導電型氮化物層	110	第一接觸層
112	第二接觸層	114	導電透光層



六、申請專利範圍

1. 一種發光二極體，包含：

- 一 基材；
 - 一 第一導電型氮化物層，位於該基材上以做為一包覆層；
 - 一 活性層，位於該第一導電型氮化物層上以做為一發光層；
 - 一 第二導電型氮化物層，位於該活性層上以做為一包覆層；
 - 一 第一接觸層，位於該第二導電型氮化物層上，該第一接觸層具有一第一能隙；
 - 一 第二接觸層，位於該第一接觸層上，該第二接觸層具有一第二能隙，其中該第一能隙係小於該第二能隙；以及
 - 一 導電透光層，位於該第二接觸層上；
- 其中該第二接觸層係小於一預定厚度，使該導電透光層與該第二接觸層之間在該發光二極體操作時產生一隧道效應。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之發光二極體，其中：

- 該第一接觸層具有一第一摻雜濃度；以及
- 該第二接觸層具有一第二摻雜濃度，且該第一摻雜濃度與該第二摻雜濃度係分別大於一預定濃度。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之發光二極體，其中該預定



六、申請專利範圍

係為 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。

4. 如申請專利範圍第1項所述之發光二極體，其中該預定厚度為20埃 (Angstrom)。

5. 如申請專利範圍第1項所述之發光二極體，其中該第一接觸層係為氮化銦鎵鋁。

6. 如申請專利範圍第5項所述之發光二極體，其中該第一接觸層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。

7. 如申請專利範圍第1項所述之發光二極體，其中該第二接觸層係為氮化銦鎵鋁。

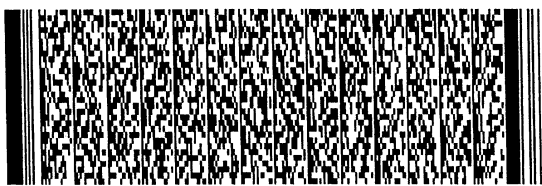
8. 如申請專利範圍第7項所述之發光二極體，其中該第二接觸層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。

9. 如申請專利範圍第1項所述之發光二極體，其中該導電透光層包含氧化銦錫、氧化鋅、氧化銦、氧化鋯等。

10. 一種氮化銦鎵鋁發光二極體，包含：

一 基材；

一 第一導電型氮化物層，位於該基材上以做為一包覆層；



六、申請專利範圍

一 活性層，位於該第一導電型氮化物層上以做為一發光層；

一 第二導電型氮化物層，位於該活性層上以做為一包覆層；

一 第一氮化銦鎵鋁層，位於該第二導電型氮化物層上，該第一氮化銦鎵鋁層具有一第一能隙及一第一摻雜濃度；

一 第二氮化銦鎵鋁層，位於該第一氮化銦鎵鋁層上，該第二氮化銦鎵鋁層具有一第二能隙及一第二摻雜濃度，其中該第一能隙係小於該第二能隙，且該第一摻雜濃度與該第二摻雜濃度係分別大於一預定濃度；以及

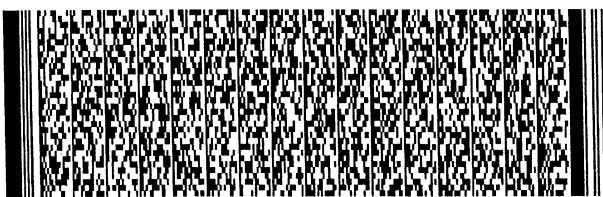
一 導電透光層，位於該第二氮化銦鎵鋁層上；

其中該第二氮化銦鎵鋁層係小於一預定厚度，使該導電透光層與該第二氮化銦鎵鋁層之間在該發光二極體操作時產生一隧道效應。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之發光二極體，其中該預定濃度係為 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。

12. 如申請專利範圍第 10 項所述之發光二極體，其中該預定厚度為 20 埃。

13. 如申請專利範圍第 10 項所述之發光二極體，其中該第一氮化銦鎵鋁層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， 0



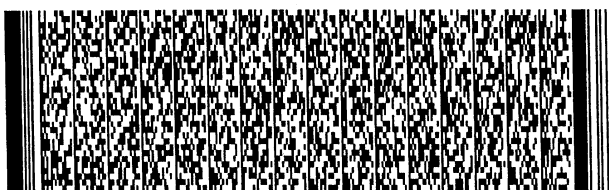
六、申請專利範圍

$\leq x, y, z \leq 1$ 。

14. 如申請專利範圍第 10 項所述之發光二極體，其中該第二氮化銦鎵鋁層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。

15. 如申請專利範圍第 10 項所述之發光二極體，其中該導電透光層包含氧化銦錫、氧化鋅、氧化銦、氧化銻等。

16. 一種形成氮化銦鎵鋁發光二極體之方法，包含：
提供一基材；
形成一第一導電型氮化物層於該基材上，以做為一包覆層；
形成一活性層於該第一導電型氮化物層上，以做為一發光層；
形成一第二導電型氮化物層於該活性層上，以做為一包覆層；
形成一第一氮化銦鎵鋁層於該第二導電型氮化物層上，該第一氮化銦鎵鋁層具有一第一能隙及一第一摻雜濃度；
形成一第二氮化銦鎵鋁層於該第一氮化銦鎵鋁層上，該第二氮化銦鎵鋁層具有一第二能隙及一第二摻雜濃度，其中該第一能隙係小於該第二能隙，且該第一摻雜濃度與該第二摻雜濃度係大於一預定濃度；以及



六、申請專利範圍

形成一導電透光層於該第二氮化銦鎵鋁層上；

其中該第二氮化銦鎵鋁層係小於一預定厚度，使該導電透光層與該第二氮化銦鎵鋁層之間在該發光二極體操作時產生一隧道效應。

17. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該預定濃度係大於 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 。

18. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該預定厚度為20埃。

19. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該第一氮化銦鎵鋁層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。

20. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該第二氮化銦鎵鋁層之組成為 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ，且 $x+y+z=1$ ， $0 \leq x, y, z \leq 1$ 。



9711024 }
10

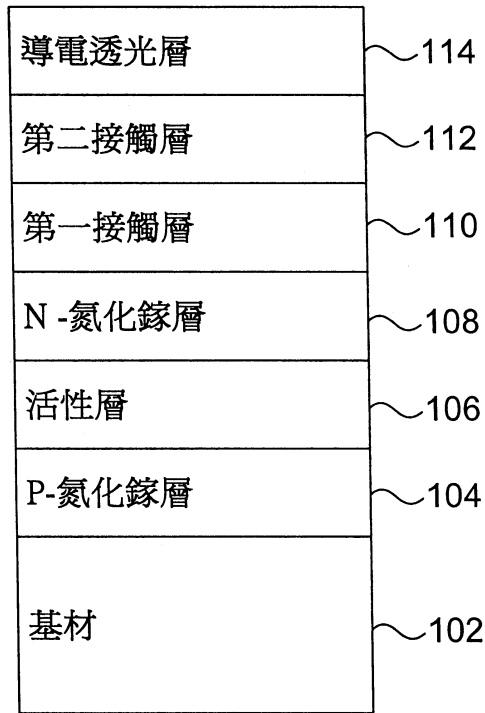


圖 1A

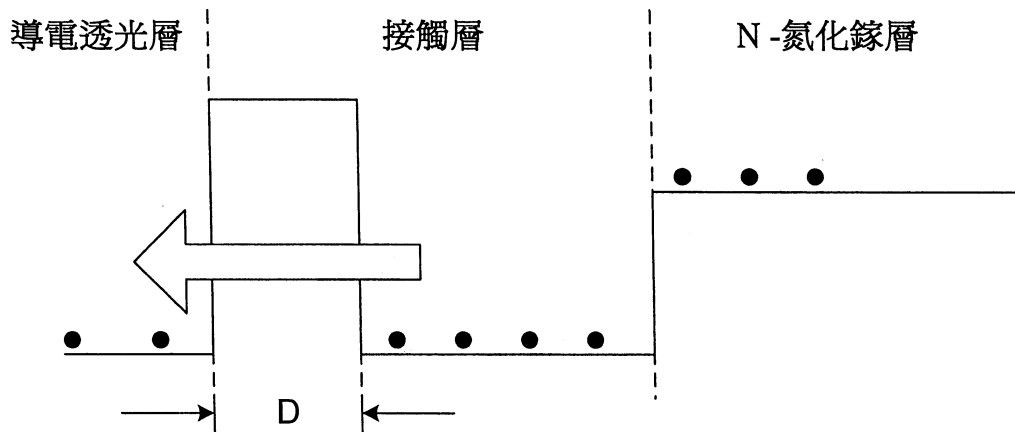


圖 1B

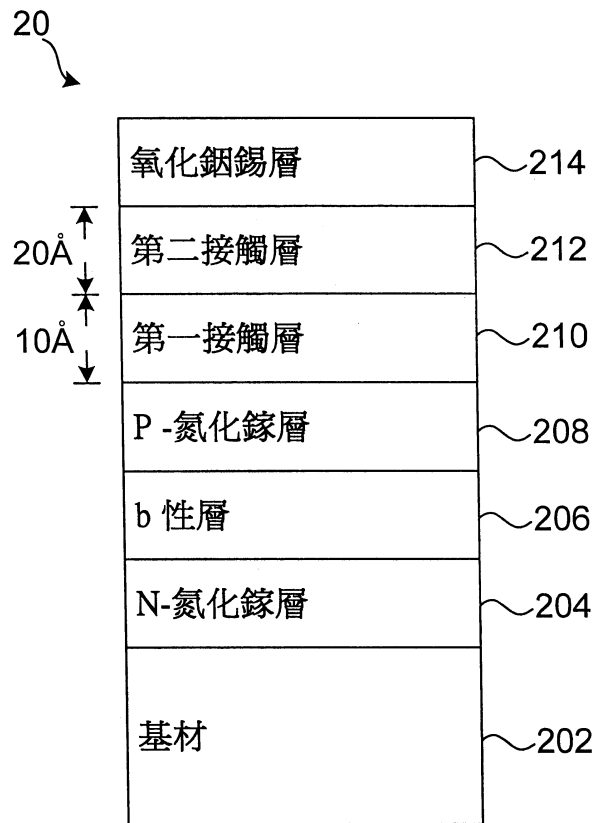


圖 2A

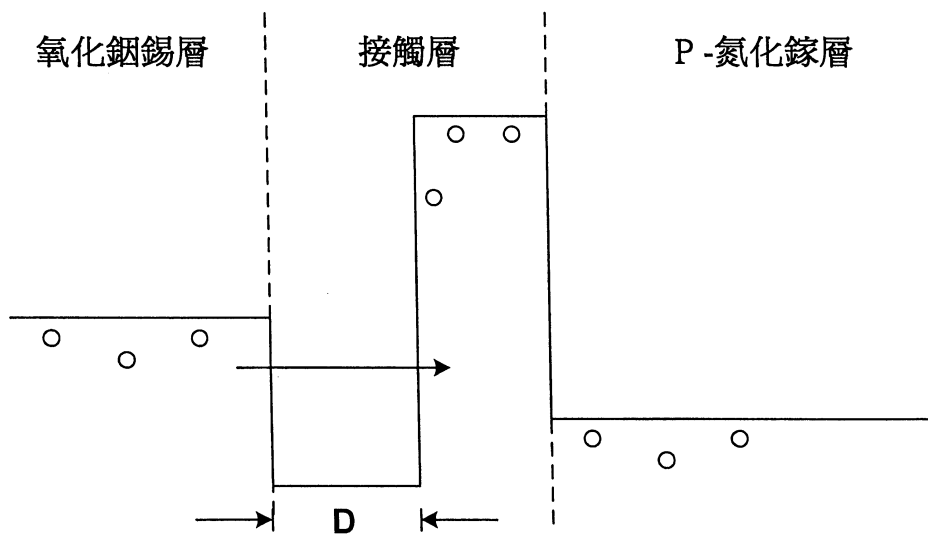


圖 2B

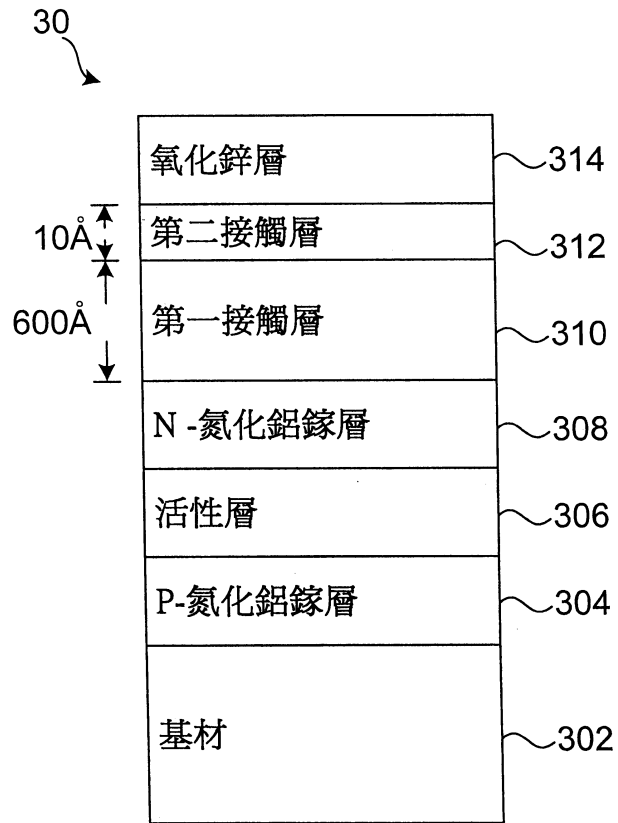


圖 3