

(21)申請案號：101106873

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 03 月 02 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/04 (2010.01)**

(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：王朝勳 WANG, CHAO HSUN (TW) ; 郭浩中 KUO, HAO CHUNG (TW)

(74)代理人：黃孝惇

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：4 共 21 頁

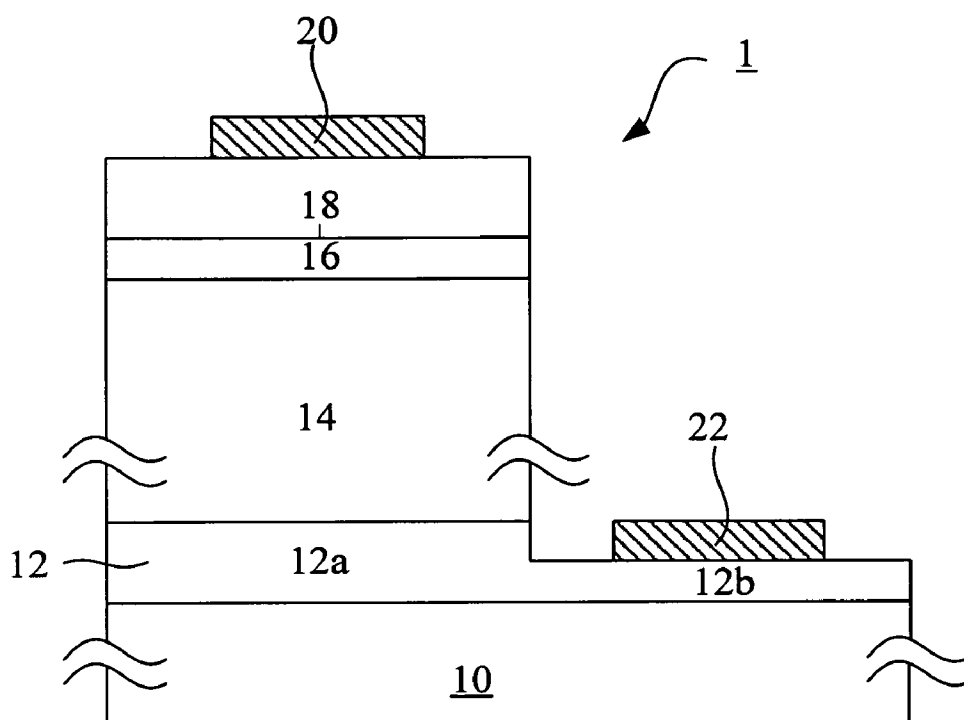
(54)名稱

具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件

LIGHT EMITTING DEVICE WITH GRADED COMPOSITION HOLE TUNNELING LAYER

(57)摘要

一種具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，包含：基板；n-型半導體層，設置在基板上，n-型半導體層具有第一部份及第二部份；具有漸變含量之電洞穿隧層，設置在n-型半導體層之第一部份上；電子阻擋層，設置在具有漸變含量之電洞穿隧層上；p-型半導體層，設置在電子阻擋層上；第一電極，設置在p-型半導體層上；以及第二電極，設置在n-型半導體層之第二部份上且與n-型半導體層之第一部份上之結構電性分離，且第二電極與第一電極之電性相反，藉由具有漸變含量之電洞穿隧層做為多重量子井層，在寬能隙發光元件中，提高電洞傳遞效率，進一步的提高發光效率。



- 1：發光元件
- 10：基板
- 12：n-型半導體層
- 12a：n-型半導體層的第一部份
- 12b：n-型半導體層的第二部份
- 14：具有漸變含量之電洞穿隧層
- 16：電子阻擋層
- 18：p-型半導體層
- 20：第一電極
- 22：第二電極

# 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：101106813

※申請日：101.3.2

※IPC分類：

H01L 33/04 (2010.01)

## 一、發明名稱：

具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件/Light emitting device with graded composition hole tunneling layer

## 二、中文發明摘要：

一種具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，包含：基板；n-型半導體層，設置在基板上，n-型半導體層具有第一部份及第二部份；具有漸變含量之電洞穿隧層，設置在n-型半導體層之第一部份上；電子阻擋層，設置在具有漸變含量之電洞穿隧層上；p-型半導體層，設置在電子阻擋層上；第一電極，設置在p-型半導體層上；以及第二電極，設置在n-型半導體層之第二部份上且與n-型半導體層之第一部份上之結構電性分離，且第二電極與第一電極之電性相反，藉由具有漸變含量之電洞穿隧層做為多重量子井層，在寬能隙發光元件中，提高電洞傳遞效率，進一步的提高發光效率。

### 三、英文發明摘要：

A light emitting device with graded composition hole tunneling layer is provided. The device includes a substrate and an n-type semiconductor layer is disposed on the substrate, in which the n-type semiconductor layer includes a first portion and a second portion. A graded composition hole tunneling layer is disposed on the first portion of the n-type semiconductor layer. An electron blocking layer is disposed on the graded composition hole tunneling layer. A p-type semiconductor layer is disposed on the electron blocking layer. A first electrode is disposed on the p-type semiconductor layer, and a second electrode is disposed on the second portion of the n-type semiconductor layer and is electrical insulated from the first portion of the n-type semiconductor. The graded composition hole tunneling layer is used as the quantum-well to improve the transmission efficiency of the holes to increase the light emitting efficiency of the light emitting device.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1 發光元件

10 基板

12 n-型半導體層

12a n-型半導體層的第一部份

12b n-型半導體層的第二部份

14 具有漸變含量之電洞穿隧層

16 電子阻擋層

18 p-型半導體層

20 第一電極

22 第二電極

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

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明提供一種發光元件，更特別的是一種具有漸變含量之電洞穿隧層之高發光效率之發光元件。

### 【先前技術】

在過去的寬能隙半導體發光元件(尤其是三五族氮化物)結構裡，大多含以多重量子井結構做為發光層，其中的量子能障提供了將載子侷限在發光層的能力，但因為三族氮化物半導體元件在操作時會有內部電場的發生，使得量子能障傾斜而對電洞形成障礙，使得電洞在多重量子井中的傳遞受到阻礙，使得發光效率降低。

利用多重量子井作為發光層已經是半導體發光元件中非常普遍的應用，如雷射二極體以及發光二極體。在習知技術中曾提到，一般的氮化銦鎵/氮化鎵多重量子井的電洞分布非常集中於最後一個量子井，不利於高電流操作；而在其它的習知技術中也提到藉由薄量子能障和調變摻雜濃度來改善電洞集中的問題，但效果有限。其中藉由採用能障高度依序漸變的方式改變載子傳輸，但此種方式僅減少電子溢流，但無法改善電洞傳輸的問題。

### 【發明內容】

根據習知技術之缺點，本發明的目的主要是提供一種利用具有漸變含量之電洞穿隧層做為多重量子井能障層之發光元件，藉由具有漸變含量的多重量子井層組成的變

化，改變多重量子井能障層的能帶(band gap)，降低該處的價電帶能障，以改善電洞(electron hole)在多重量子井層中的傳輸，以提高發光元件的發光效率。

本發明的另一目的是在發光元件中提供一種具有漸變含量之電子穿隧層做為多重量子井層，用以改善發光元件的載子(carrier)傳輸及復合發光的效率。

本發明的再一目的是在發光元件中提供一種具有漸變含量之電洞穿隧層做為多重量子井層，用以解決在傳統的寬能隙發光元件中，因為內建電場而降低載子傳輸的現象，並改善電洞傳遞差的問題，進一步的提高發光效率。

本發明的又一目的是在發光元件中提供一種具有漸變含量之電洞穿隧層做為多重量子井層，其可以阻擋電子溢流，更能夠促使價電帶的能障降低，使得電洞更容易在多重量子井層中傳遞而與電子復合發光。

根據上述目的，本發明提供一種具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，包含：基板；n-型半導體層，設置在基板上，n-型半導體層具有第一部份及第二部份；具有漸變含量之電洞穿隧層，設置在n-型半導體層之第一部份上；電子阻擋層，設置在具有漸變含量之電洞穿隧層上；p-型半導體層，設置在電子阻擋層上；第一電極，設置在p-型半導體層上；以及第二電極，設置在n-型半導體層之第二部份上且與n-型半導體層之第一部份上之結構電性分離，且第二電極與第一電極之電性相反。

本發明之一實施例中，上述之基板為藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)、氧化鋅(ZnO)、矽基板、氮化

鎵(GaN)、尖晶石(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、氮化鋁(AlN)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、鍺(Ge)、氧化鋅(ZnO)、氧化鎂(MgO)、鋁酸鋰(LAO, lithium aluminate LiAlO<sub>2</sub>)、鎵酸鋰(LGO, lithium gallate, LiGaO<sub>2</sub>)及玻璃材料。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層係為具有多對之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)，且  $0 \leq x \leq 0.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.5$ ，至少一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)內之氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)之  $x$  及  $y$  含量係為遞增或是遞減形式。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層中之多對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)之鋁含量及銦含量為部份漸變或全部漸變。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之電洞穿隧層為  $n$  型摻雜電洞穿隧層或是無摻雜電洞穿隧層。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層之厚度範圍為 3 奈米(nm)至 15 奈米(nm)。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層之能障層係由該  $n$ -型半導體層朝向  $p$ -型半導體層的方向逐漸變大。

本發明之一實施例中，上述之電子阻擋層為含氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)層，其中  $0 \leq x \leq 0.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.5$ 。

本發明還提供另一種具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，包含：基板；第一電極，設置在基板上； $p$ -型半導體層，設置在第一電極上；電子阻擋層，設置在  $p$ -型

半導體層上；具有漸變含量之電洞穿隧層，設置在電子阻擋層上；n-型半導體層，設置在具有漸變含量之電洞穿隧層上；以及第二電極，設置在n-型半導體層上，第二電極與第一電極之電性相反。

本發明之一實施例中，上述之基板為藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)、氧化鋅(ZnO)、矽基板、氮化鎵(GaN)、尖晶石(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、氮化鋁(AlN)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、鍺(Ge)、氧化鋅(ZnO)、氧化鎂(MgO)、鋁酸鋰(LAO, lithium aluminate LiAlO<sub>2</sub>)、鎵酸鋰(LGO, lithium gallate, LiGaO<sub>2</sub>)及玻璃材料。

本發明之一實施例中，上述之電子阻擋層為含氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)層，其中  $0 \leq x \leq 0.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.5$ 。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層係為具有多對之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)，且  $0 \leq x \leq 0.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.5$ ，至少一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)內之氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)之x及y含量係為遞增或是遞減形式。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之該電洞穿隧層中之多對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)之鋁含量及銦含量為部份漸變或全部漸變。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之電洞穿隧層為n型摻雜電洞穿隧層或是無摻雜電洞穿隧層。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之電洞穿隧層之厚度範圍為3奈米(nm)至15奈米(nm)。

本發明之一實施例中，上述之具有漸變含量之電洞穿



隧層之一能障層係由 n-型半導體層朝向 p-型半導體層的方向逐漸變大。

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

### 【實施方式】

本發明在此所探討的方向為一種半導體發光元件。為了能徹底地瞭解本發明，將在下列的描述中提出詳盡的半導體發光元件之結構及其步驟。顯然地，本發明的實行並未限定此半導體發光元件之技藝者所熟習的特殊細節，然而，對於本發明的較佳實施例，則會詳細描述如下。除了這些詳細描述之外，本發明還可以廣泛地施行在其他的實施例中，且本發明的範圍不受限定，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之專利保護範圍須視本說明書所附之申請專利範圍所界定者為準。

請參考第 1 圖，係表示具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件之一實施例之示意圖。在第 1 圖中，具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件 1 包括：一基板 10、一 n-型(負型)半導體層 12、一具有漸變含量之電洞穿隧層 14、一電子阻擋層 16 及一 p-型(正型)半導體層 18，其中 n-型半導體層 12 設置在基板 10 上，且其具有第一部份及第二部份；具有漸變含量之電洞穿隧層 14 設置在 n-型半導體層 12 之第一部份 12a 上；電子阻擋層 16 設置在有漸變含量之電洞穿隧層 14 上；以及 p-型半導體層 18 設置在電子阻擋層 16

上。具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件 1 還包括第一電極 20 設置在 p-型半導體層 18 上，以及第二電極 22 設置在 n-型半導體層 12 的第二部份 12b 上，且第二電極 12b 與該第一電極 12a 之電性相反。

接著，請參考第 2 圖，係表示具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件之另一實施例之示意圖。在第 2 圖中，具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件 2 包括：基板 30、第一電極 32、p 型半導體層 34、電子阻障層 36、具有漸變含量之電洞穿隧層 38、n-型半導體層 40 以及第二電極 42。其中，第一電極 32 設置在基板上；p-型半導體層 34 設置在第一電極 32 上；電子阻障層 36 設置在 p-型半導體層 34 上；具有漸變含量之電洞穿隧層 38 設置在電子阻障層 36 上；n-型半導體層 40 設置在具有漸變含量之該電洞穿隧層 38 上；以及第二電極 42 設置在 n-型半導體層 40 上，且第二電極 42 與該第一電極 32 之電性相反。

在本發明的實施例中，在第 1 圖及第 2 圖的發光元件可以是發光二極體(light emitting diode)、半導體雷射(semiconductor laser)或者是雷射二極體(laser diode)。

於上述第 1 圖及第 2 圖之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件之結構中，基板 10、30 的材料可以是藍寶石(sapphire)、尖晶石( $MgAl_2O_4$ )、氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)、碳化矽(SiC)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、矽(Si)基板、鍺(Ge)、氧化鋅(ZnO)、氧化鎂(MgO)、鋁酸鋰(LAO, lithium aluminate  $LiAlO_2$ )、鎵酸鋰(LGO, lithium gallate,  $LiGaO_2$ )及玻璃材料。n-型半導體層 12、40 係為

n-型含氮化鎵之半導體層及 p-型半導體層 18、34 係為 p-型含氮化鎵之半導體層。

另外，根據以上所述之結構，在本發明中所揭露之半導體發光元件的形成方法，係以磊晶成長(epitaxially grow)的方式，例如金屬有機化學氣相磊晶(MOCVD)或氮化物氣相磊晶(HVPE)或分子束磊晶(MBE)或熱壁磊晶(hot wall epitaxy)。

於本發明的實施例中，具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38 係由具有多對之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ )，且其厚度範圍為 3 奈米(nm)至 15 奈米(nm)所組成之電洞穿隧層，其中  $0 \leq x \leq 0.5$ ， $0 \leq y \leq 0.5$ ，藉由鋁、銦及鎵含量的變化而改變氮化銦鎵鋁的組成結構，而鎵含量是隨著鋁和銦的含量的變化而變化。要說明的是，由於漸變含量之電洞穿隧層 14、38 內是由多對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ )所組成，因此鋁(Al)、銦(In)及鎵(Ga)的含量在漸變含量之電洞穿隧層 14、38 內的每一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ )是不同的，其含量的變化可以是由下層往上層漸增(或遞減)或是由上層往下層漸增(或遞減)。

於一實施例中，氮化銦鎵鋁( $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ )的鋁(Al)含量係由 0 至 0.5 變化，因此，可以由漸變含量之電子穿隧層 14、38 的下層開始逐漸增加鋁的含量，直至漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的上層的鋁含量為 0.5 為止。

於另一實施例中，鋁的含量可以由漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的上層開始向下逐漸增加，直至漸變含量之電

洞穿隧層 14、38 的最下層的鋁含量為 0.5 為止。同樣的，在氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )的銦(In)含量也可由 0 至 0.5 而變化，其可以由漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的上層開始向下逐漸增加銦的含量，直至漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的最下層的銦含量為 0.5 為止。

於另一實施例中，銦的含量可以由漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的上層開始向下逐漸增加，直至漸變含量之電洞穿隧層 14、38 的最下層的銦含量為 0.5 為止。

因此，於上述之實施例中，是說明多對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )中的鋁含量及銦含量為全部漸變(即為全部遞增或是全部遞減)的方式來構成具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38，但其實施例的方式不限於此。

於另一實施例中，多對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )中的鋁含量及銦含量可以是部份漸變(即為部份遞增或是部份遞減)的方式來構成具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38。於又一實施例中，構成具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38 之多對之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )中，只要至少一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )的鋁及銦的含量有漸變的形式，同樣也可以形成具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38。另外於上述的實施例中，無論是部份漸變或是全部件變之具有漸變含量之電洞穿隧層 14、38 可以是 n-型摻雜或是無摻雜之電洞穿隧層 14、38。

接著，請參考第 3 圖及第 4 圖。第 3 圖表示傳統之寬

能隙半導體發光元件的能帶以及其對載子行為影響之示意圖，以及第 4 圖係具有漸變含量電洞穿隧層寬能隙半導體發光元件的能帶以及其對載子行為影響之示意圖。於第 3 圖中，在主動區域(active region)中有較多的電洞累積在靠近電子阻擋層的部份(於圖面右邊的部份)。由於在傳統的寬能隙半導體發光元件內，其主動層的成份固定，因此電洞的分佈會過於集中在某一個區域，而影響電洞的傳輸能力。

反觀，在本發明的實施例中，如第 4 圖所表示的具有漸變含量電洞穿隧層之寬能隙半導體發光元件的能帶以及其對載子行為影響之示意圖中，係將傳統具有固定成份的多重量子井結構由具有漸變含量的電洞穿隧層所取代，其電洞的分佈會平均在構成漸變含量的電洞穿隧層的每一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )內，除了改善在多重量子井的電洞分佈過於集中於某一個井(特別是指最後一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ))，以有效的增加電洞的傳輸能力之外，也可以有利於含有具有漸變含量的電洞穿隧層之發光元件可以在高電流下進行操作，進一步的改善發光元件的載子傳輸以及復合發光的效率。另外，由第 4 圖中也可以得到在具有漸變含量電洞穿隧層之一能障層係由該 n-型半導體層朝向該 p-型半導體層的方向逐漸變大，即由圖面中由左向右方向逐漸變大。

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 1 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件之一實施例之示意圖；

第 2 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件之另一實施例之示意圖；

第 3 圖係根據傳統揭露之技術，表示習知之寬能隙半導體發光元件的能帶以及其對載子行為影響之示意圖；以及

第 4 圖係具有漸變含量電洞穿隧層寬能隙半導體發光元件的能帶以及其對載子行為影響之示意圖。

【主要元件符號說明】

1、2 發光元件

10、30 基板

12、40 n-型半導體層

12a n-型半導體層的第一部份

12b n-型半導體層的第二部份

14、38 具有漸變含量之電洞穿隧層

16、36 電子阻擋層

18、34 p-型半導體層

20、32 第一電極

22、42 第二電極

## 七、申請專利範圍：

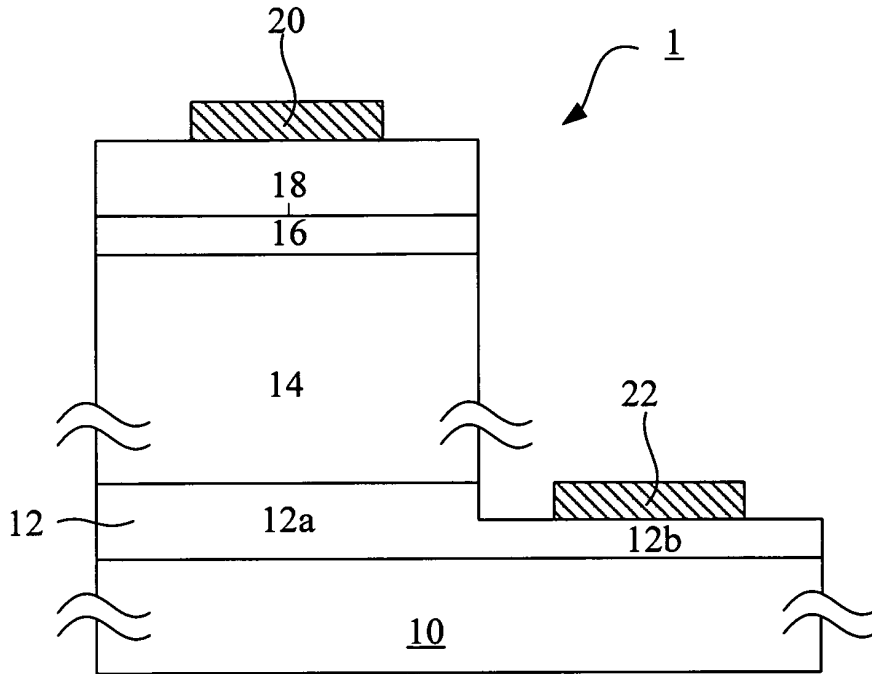
1. 一種具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，包含：
  - 一基板；
  - 一 n-型半導體層，設置在該基板上，該 n-型半導體層具有一第一部份及一第二部份；
  - 一具有漸變含量之電洞穿隧層，設置在該 n-型半導體層之該第一部份上；
  - 一電子阻擋層，設置在具有漸變含量之該電洞穿隧層上；
  - 一 p-型半導體層，設置在該電子阻擋層上；
  - 一第一電極，設置在該 p-型半導體層上；以及
  - 一第二電極，設置在該 n-型半導體層之該第二部份上且與該 n-型半導體層之該第一部份上之結構電性分離，且該第二電極與該第一電極之電性相反。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電子穿隧層之發光元件，其中該基板為藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)、氧化鋅(ZnO)、矽基板、氮化鎵(GaN)、尖晶石(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、氮化鋁(AlN)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、鍺(Ge)、氧化鋅(ZnO)、氧化鎂(MgO)、鋁酸鋰(LAO, lithium aluminate LiAlO<sub>2</sub>)、鎵酸鋰(LGO, lithium gallate, LiGaO<sub>2</sub>)及玻璃材料。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之該電洞穿隧層係為具有多對之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁(Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N)，其中  $0 \leq x \leq 0.5$ ， $0 \leq y \leq 0.5$ ，且至少



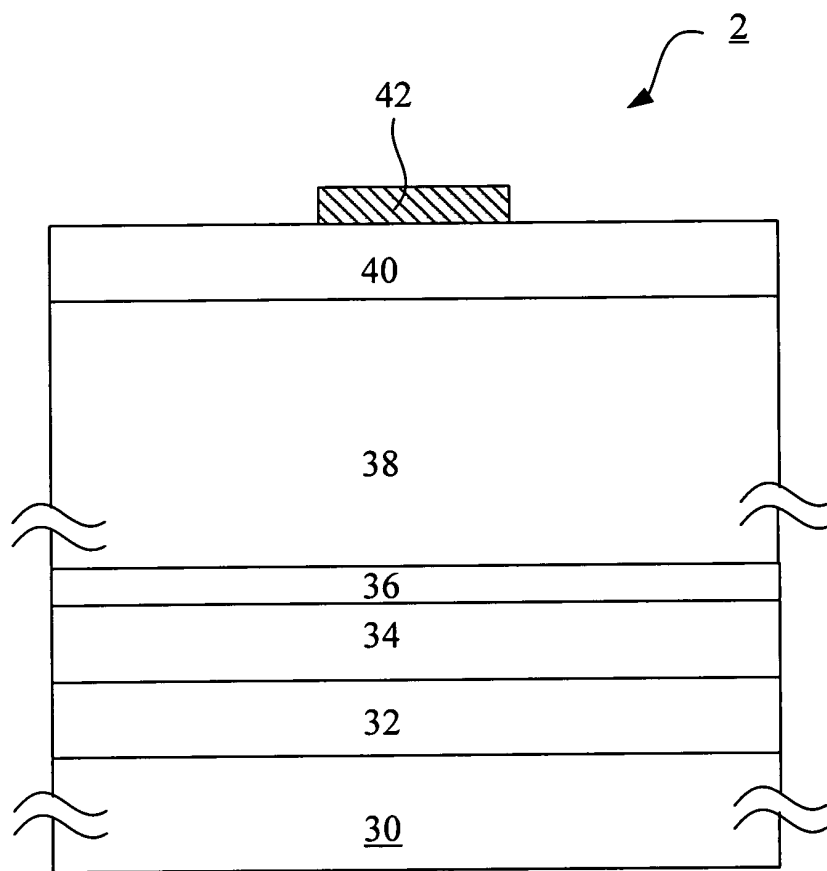
一對氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )內之該氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )之  $x$  及  $y$  含量係為遞增或是遞減形式。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之該電洞穿隧層中之該些之氮化銦鎵(InGaN)/氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )之鋁含量及銦含量為部份漸變或全部漸變。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之該電洞穿隧層為  $n$  型摻雜電洞穿隧層或是無摻雜電洞穿隧層。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之該電洞穿隧層之厚度範圍為 3 奈米(nm)至 15 奈米(nm)。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中具有漸變含量之該電洞穿隧層之一能障層係由該  $n$ -型半導體層朝向該  $p$ -型半導體層的方向逐漸變大。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電洞穿隧層之發光元件，其中該電子阻擋層為含氮化銦鎵鋁( $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ )層，其中  $0 \leq x \leq 0.5$ 、 $0 \leq y \leq 0.5$ 。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有漸變含量之電子穿隧層之發光元件，其中該發光元件為發光二極體(light emitting diode)、半導體雷射(semiconductor laser)或雷射二極體(laser diode)。

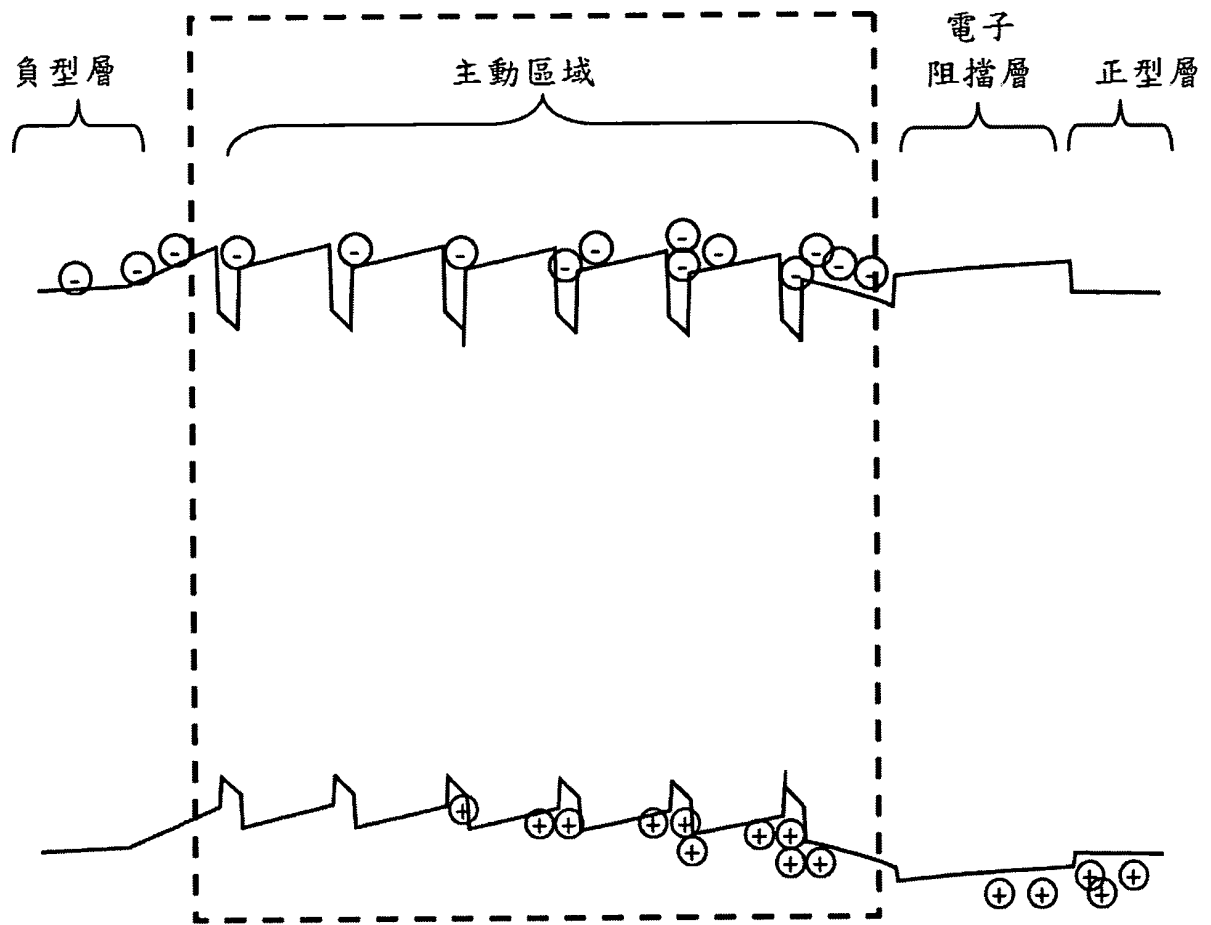
八、圖式：



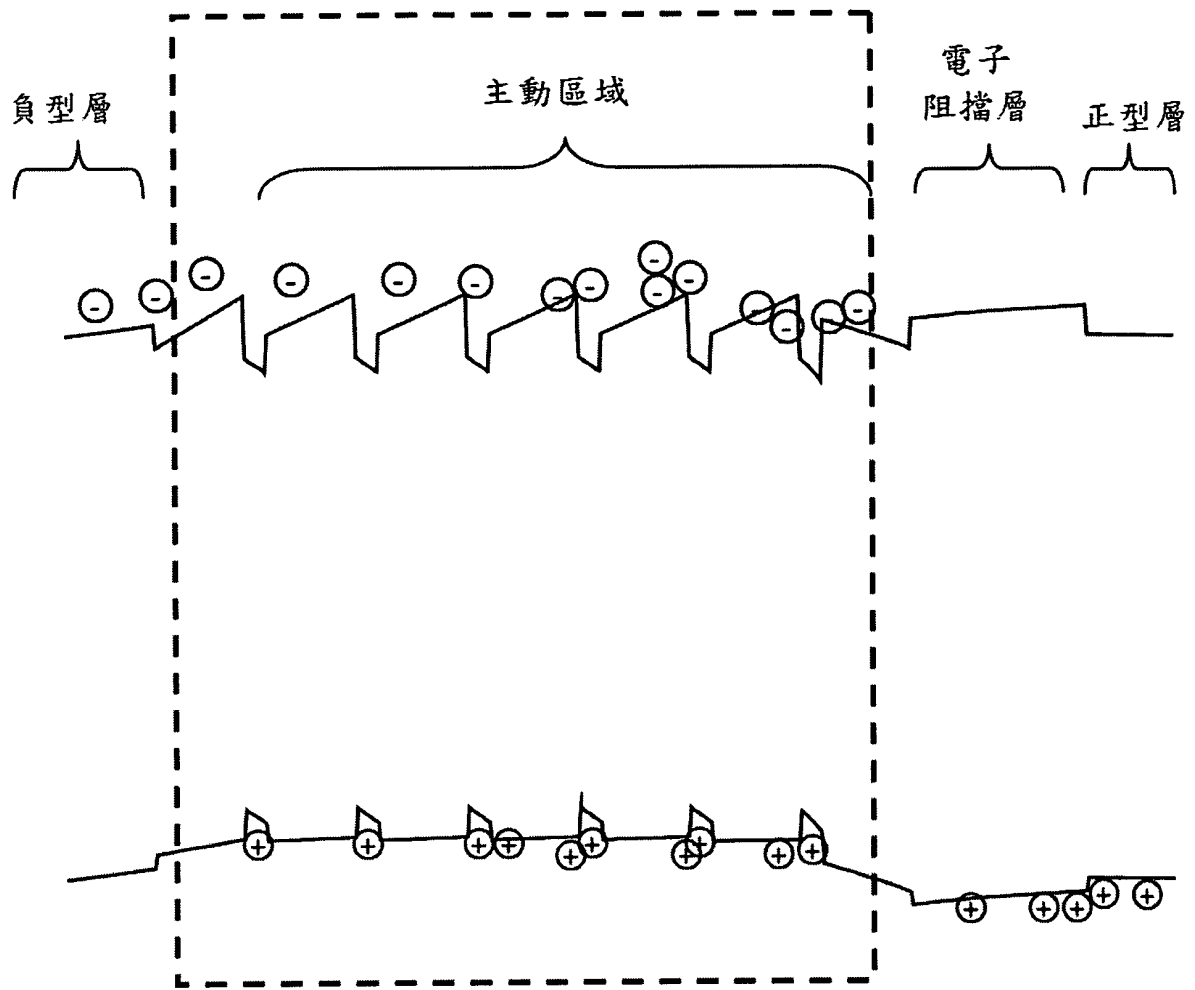
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖