



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I384657B1

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：098123908

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 07 月 15 日

(51)Int. Cl. : H01L33/06 (2010.01)

H01L33/16 (2010.01)

H01L33/32 (2010.01)

(71)申請人：財團法人工業技術研究院 (中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72)發明人：胡智威 HU, CHIH WEI (TW)；廖偉材 LIAO, WEI TSAI (TW)

(74)代理人：詹銘文；蕭錫清

(56)參考文獻：

US 6335546B1

US 6492660B2

US 6576933B2

US 7084420B2

US 2009/0101928A1

審查人員：李景松

申請專利範圍項數：59 項 圖式數：12 共 0 頁

(54)名稱

氮化物半導體發光二極體元件

NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODE DEVICE

(57)摘要

一種氮化物半導體發光二極體元件，其包括基板、N 型摻雜層、主動層、P 型摻雜層、第一電極及第二電極。N 型摻雜層位於基板之一側上。主動層位於 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層以及位於量子阻障層之間的量子井。量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構。P 型摻雜層位於主動層上。第一電極位於 P 型摻雜層上。第二電極位於 N 型摻雜層曝露出的平台上或位於基板的另一側上。

A nitride semiconductor LED device including a substrate, an N-type doped layer, an active layer, a P-type doped layer, a first electrode and a second electrode is provided. The N-type doped layer is disposed on one side of the substrate. The active layer is disposed on the N-type doped layer and includes at least one quantum well structure. The quantum well structure includes two quantum barrier layers and a quantum well between the quantum barrier layers. The quantum barrier layer is a superlattice structure including a quaternary nitride. The P-type doped layer is disposed on the active layer. The first electrode is disposed on the P-type doped layer. The second electrode is disposed on the mesa exposed by the N-type doped layer or on the other side of the substrate.



- 100 . . . 基底
- 101 . . . 緩衝層
- 102 . . . N 型摻雜層
- 103 . . . 應力舒緩層
- 104 . . . 主動層
- 104a . . . 量子阻障層
- 104b . . . 量子井
- 105 . . . 電子阻障層
- 106 . . . P 型摻雜層
- 107 . . . P 型接觸層
- 108 . . . 第一電極
- 109 . . . 平台
- 110 . . . 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：98123908

H01L 33/06 (2010.01)

※申請日：98.7.15

※IPC 分類：H01L 33/16 (2010.01)

H01L 33/32 (2010.01)

## 一、發明名稱：

氮化物半導體發光二極體元件

NITIRDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING  
DIODE DEVICE

## 二、中文發明摘要：

一種氮化物半導體發光二極體元件，其包括基板、N型摻雜層、主動層、P型摻雜層、第一電極及第二電極。N型摻雜層位於基板之一側上。主動層位於N型摻雜層上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層以及位於量子阻障層之間的量子井。量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構。P型摻雜層位於主動層上。第一電極位於P型摻雜層上。第二電極位於N型摻雜層暴露出的平台上或位於基板的另一側上。

## 三、英文發明摘要：

A nitride semiconductor LED device including a substrate, an N-type doped layer, an active layer, a P-type doped layer, a first electrode and a second electrode is provided. The N-type doped layer is disposed on one side

of the substrate. The active layer is disposed on the N-type doped layer and includes at least one quantum well structure. The quantum well structure includes two quantum barrier layers and a quantum well between the quantum barrier layers. The quantum barrier layer is a superlattice structure including a quaternary nitride. The P-type doped layer is disposed on the active layer. The first electrode is disposed on the P-type doped layer. The second electrode is disposed on the mesa exposed by the N-type doped layer or on the other side of the substrate.

#### 四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1A

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

100：基底

101：緩衝層

102：N 型摻雜層

103：應力舒緩層

104：主動層

104a：量子阻障層

104b：量子井

105：電子阻障層

106：P 型摻雜層

107：P 型接觸層

108：第一電極

109：平台

110：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】

本發明是有關於一種半導體元件及其製造方法，且特別是有關於一種氮化物半導體發光二極體（light emitting diode；LED）元件及其製造方法。

### 【先前技術】

近年來，由於光電科技研究及相關產業之蓬勃發展，高效率之光電材料的需求也隨之倍增。半導體化合物材料因同時具有高發光效能、生命週期長、能隙調變範圍大、價格低廉等優點，逐漸成為光電材料的主流。其中，氮化物半導體材料適合作為藍光至紫外光之發光波段的材料，可以應用於全彩顯示器、發光二極體、高頻電子元件、半導體雷射等方面，特別是最近相當熱門的藍光發光二極體元件，因此受到廣泛注意。

習知的發光二極體元件包括依序形成在基板上的 N 型摻雜層、主動層與 P 型摻雜層，以及與 N 型摻雜層及 P 型摻雜層分別電性連接的二金屬電極。主動層包括二量子阻障層及位於量子阻障層中的量子井。量子阻障層之能隙（band gap）需大於量子井之能隙以防止載子掉入量子井後逃脫，以增加電子電洞對結合的機率。一般而言，量子井的材料為  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中  $x$  介於 0 與 1 之間。量子阻障層的材料會選擇與量子井的晶格常數相近的材料（以減少壓電場對發光效率的影響），並添加 Al 以提高量子阻障層

之能隙至大於量子井之能隙到一定程度，如  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中  $x$ 、 $y$  介於 0 與 1 之間。然而，大量添加 Al 含量會導致後續成長之量子井之結晶品質的下降，因此容易造成凹洞 (pits)，增加漏電流，也無法有效抑制壓電效應 (piezo effect) 及提升內部光取出效率 (internal quantum efficiency; IQE)。

美國專利公開案 US20080093610 中揭露了一種氮化物半導體發光元件，其主動區之量子阻障層為多層 (multilayer) 結構。此專利之量子阻障層包括 InGaN 層、AlInN 層、及 InGaN/GaN 超晶格結構，可以與 P 型摻雜層形成良好介面，且避免 N 型摻雜層之 Mg 擴散到主動層中。然而，包含 AlInN 之量子阻障層若要有足夠大的能隙差，Al 含量需添加到 15% 以上，且是否能達到所需之量子阻障仍然令人質疑。另外，大量提高 Al 含量並無法有效降低量子井與量子阻障層之間的壓電效應。

### 【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種氮化物半導體發光二極體元件，其量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構，能夠幫助釋放主動層之應力，因此能有效抑制壓電效應。

本發明另提供一種氮化物半導體發光二極體元件，其電子阻障層為包括另一四元氮化物的超晶格結構，能夠防止歸因於量子阻障層與電子阻障層之間的晶格失配而產生之晶體缺陷，以提升電子電洞對結合的機率，進而提升內

部光輸出效率。

本發明提出一種氮化物半導體發光二極體元件，包括基板、N 型摻雜層、主動層、P 型摻雜層、第一電極及第二電極。N 型摻雜層位於基板之一側上。主動層位於 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層以及位於量子阻障層之間的量子井。量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構。P 型摻雜層位於主動層上。第一電極位於 P 型摻雜層上。第二電極位於 N 型摻雜層曝露出的平台上或位於基板的另一側上。

在本發明之一實施例中，上述之四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ， $a$ 、 $b$  分別介於 0 與 1 之間，且  $a + b < 1$ 。超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $c$ 、 $d$ 、 $e$  分別介於 0 與 1 之間， $c + d < 1$ ，且  $a$  不等於  $c$ ， $b$  不等於  $d$ 。另外，超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且超晶格結構中每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n + p < 1$ 。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的厚度例如是介於約 1 nm 至約 20 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層的厚度例如是介於約 3 nm 至約 500 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括單一量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括多數個量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之基板的材料包括藍寶石、矽、SiC、ZnO 或 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之 N 型摻雜層的材料包括摻矽或鍺的 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於基板及 N 型摻雜層之間的緩衝層。緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於 N 型摻雜層及主動層之間的應力舒緩層。應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於 P 型摻雜層及第一電極之間的 P 型接觸層。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二

極體元件更包括位於 P 型摻雜層及主動層之間的電子阻障層。

本發明另提出一種氮化物半導體發光二極體元件，包括基板、N 型摻雜層、主動層、P 型摻雜層、電子阻障層、第一電極及第二電極。N 型摻雜層位於基板之一側上。主動層位於 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層以及位於量子阻障層之間的量子井。P 型摻雜層位於主動層上。電子阻障層位於 P 型摻雜層及主動層之間，其中電子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構，且電子阻障層的能隙高於量子阻障層的能隙。第一電極位於 P 型摻雜層上。第二電極位於 N 型摻雜層暴露出的平台上或位於基板的另一側上。

本發明之一實施例中，上述之四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$ ， $g$ 、 $h$  分別介於 0 與 1 之間，且  $g + h < 1$ 。超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{Al}_i\text{In}_j\text{Ga}_{1-i-j}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層、 $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分別介於 0 與 1 之間， $i + j < 1$ ，且  $g$  不等於  $i$ ， $h$  不等於  $j$ 。另外，超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且超晶格結構中每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，

且  $n + p < 1$ 。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的厚度例如是介於約 1 nm 至約 20 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層的厚度例如是介於約 3 nm 至約 500 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括單一量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括多數個量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之基板材料包括藍寶石、矽、SiC、ZnO 或 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之 N 型摻雜層的材料包括摻矽或鍺的 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於基板及 N 型摻雜層之間的緩衝層。緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於 N 型摻雜層及主動層之間的應力舒緩層。應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二

極體元件更包括位於 P 型摻雜層及第一電極之間的 P 型接觸層。

本發明又提出一種氮化物半導體發光二極體元件，包括基板、N 型摻雜層、主動層、P 型摻雜層、電子阻障層、第一電極及第二電極。N 型摻雜層位於基板之一側上。主動層位於 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層以及位於量子阻障層之間的量子井。量子阻障層為包括第一四元氮化物的第一超晶格結構。P 型摻雜層位於主動層上。電子阻障層位於 P 型摻雜層及主動層之間，其中電子阻障層為包括第二四元氮化物的第二超晶格結構，且電子阻障層的能隙高於量子阻障層的能隙。第一電極位於 P 型摻雜層上。第二電極位於 N 型摻雜層曝露出的平台上或位於基板的另一側上。

在本發明之一實施例中，上述之第一四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ， $a$ 、 $b$  分別介於 0 與 1 之間，且  $a + b < 1$ 。第一超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $c$ 、 $d$ 、 $e$  分別介於 0 與 1 之間， $c + d < 1$ ，且  $a$  不等於  $c$ ， $b$  不等於  $d$ 。另外，第一超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且第一超晶格結構中每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。

本發明之一實施例中，上述之第二四元氮化物的材料

包括  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$ ， $g$ 、 $h$  分別介於 0 與 1 之間，且  $g+h < 1$ 。第二超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{Al}_i\text{In}_j\text{Ga}_{1-i-j}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層、 $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分別介於 0 與 1 之間， $i+j < 1$ ，且  $g$  不等於  $i$ ， $h$  不等於  $j$ 。另外，第二超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且第二超晶格結構中每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n+p < 1$ 。

在本發明之一實施例中，上述之量子井的厚度例如是介於約 1 nm 至約 20 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層的厚度例如是介於約 3 nm 至約 500 nm 之間。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括單一量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之主動層包括多數個量子井結構。

在本發明之一實施例中，上述之基板的材料包括藍寶石、矽、 $\text{SiC}$ 、 $\text{ZnO}$  或  $\text{GaN}$ 。

在本發明之一實施例中，上述之 N 型摻雜層的材料包括摻矽或鍺的  $\text{GaN}$ 。

在本發明之一實施例中，上述之 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的 GaN。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於基板及 N 型摻雜層之間的緩衝層。緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於 N 型摻雜層及主動層之間的應力舒緩層。應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

在本發明之一實施例中，上述之氮化物半導體發光二極體元件更包括位於 P 型摻雜層及第一電極之間的 P 型接觸層。

基於上述，本發明之量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構，能夠幫助釋放主動層之應力，因此能有效抑制壓電效應，提升後續成長之量子井的結晶品質，及減少漏電流的發生。此外，本發明之電子阻障層為包括另一四元氮化物的超晶格結構，能夠防止歸因於量子阻障層與電子阻障層之間的晶格失配而產生之晶體缺陷，如錯位以及凹洞等等。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

## 【實施方式】

## 第一實施例

圖 1A 為依據本發明第一實施例所繪示的氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖。

請參照圖 1A，首先，提供基板 100。基板 100 的材料例如是藍寶石 (sapphire)、矽、SiC、ZnO 或 GaN。接著，於基板 100 的一側上形成 N 型摻雜層 102。N 型摻雜層 102 的材料例如是摻矽或鋇的 GaN，且其形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法 (metalorganic chemical vapor deposition; MOCVD)。在一實施例中，N 型摻雜層 102 例如是具有平台 (mesa) 109，以供後續形成之第二電極 110 之用。

在一實施例中，在形成 N 型摻雜層 102 的步驟之前，也可以選擇性地於基板 100 及 N 型摻雜層 102 之間形成緩衝層 101。緩衝層 101 是作為緩衝 N 型摻雜層 102 成長於異質基板上而產生之晶格常數不匹配 (lattice mismatch) 的問題。緩衝層 101 的材料例如是 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間，且其形成方法例如是進行低溫磊晶成長 (400~900°C)。

然後，於 N 型摻雜層 102 上形成主動層 104。主動層 104 的厚度例如是介於約 3 nm 至約 500 nm 之間。主動層 104 包括至少一量子井結構，其中此量子井結構包括依序形成在 N 型摻雜層上 102 上的量子阻障層 (quantum barrier layer) 104a、量子井 (quantum well) 104b 及另一量子阻障層 104a。主動層 104 也就是發光層，利用上述之量子井

結構，電子電洞對會在量子井 104b 中結合而釋放出光子。

本發明之量子阻障層 104a 為包括四元氮化物 ( quaternary nitride ) 的超晶格結構 ( superlattice structure )。換句話說，量子阻障層 104a 之超晶格結構的材料可以為四元氮化物與另一四元氮化物、四元氮化物與三元氮化物、四元氮化物與二元氮化物、或四元氮化物、三元氮化物與二元氮化物所組成。在一實施例中，量子阻障層 104a 之四元氮化物的材料例如是  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ，其中  $a$ 、 $b$  分別介於 0 與 1 之間，且  $a + b < 1$ 。因此，量子阻障層 104a 之超晶格結構可以由週期層疊 ( periodically laminated ) 的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $c$ 、 $d$ 、 $e$  分別介於 0 與 1 之間， $c + d < 1$ ，且  $a$  不等於  $c$ ， $b$  不等於  $d$ 。上述之超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且其每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。圖 1A 的左側為量子阻障層 104a 之能帶分佈圖 ( band diagram )，由於量子阻障層 104a 為具有週期層疊之至少二材料層所形成的超晶格結構，其中之一的材料為四元氮化物，因此其能帶分佈圖呈週期變化。量子阻障層 104a 的厚度可以由超晶格結構中之每一材料層的厚度及週期層疊的次數而決定。

此外，量子井 104b 的材料例如是  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或

$\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ，其中  $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n + p < 1$ 。量子井 104b 的厚度例如是介於約 1 nm 至約 20 nm 之間。另外，量子阻障層 104a 及量子井 104b 的形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法（metalorganic chemical vapor deposition；MOCVD）或分子束磊晶法（molecular-beam epitaxy；MBE），且其生長溫度例如是介於約 600°C 至約 900°C 之間。

在一實施例中，量子阻障層 104a 例如是具有週期層疊之  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層所形成的超晶格結構，且量子井 104b 的材料例如是  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$ 。首先，以有機金屬化學氣相沉積法或分子束磊晶法於生長溫度 600~900°C 之間於 N 型摻雜層 102 上形成  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層，再於 700~900°C 的溫度下於  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層的表面形成  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層，然後，以週期層疊至少兩次的方式形成具有超晶格結構的量子阻障層 104a。之後，於量子阻障層 104a 的表面於 600~900°C 形成材料為  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  之量子井 104b。繼之，以上述的方法製作另一量子阻障層 104a 於量子井 104b 上，完成具有單一量子井結構（single quantum well structure）之主動層 104。

特別要說明的是，由於本發明之量子阻障層 104a 為包括四元氮化物的超晶格結構，因此不但可以滿足量子阻障層之能隙至少大於量子井之能隙 0.2 eV 以上的需求，而且可以幫助釋放主動層 104 之應力，有效降低壓電效應。另外，本發明之量子阻障層 104a 有助於提升後續成長之量

子井 104b 的結晶品質，降低缺陷凹洞的產生，進而減少漏電流的發生，及提升內部光取出效率。

在一實施例中，在形成主動層 104 的步驟之前，也可以選擇性地於 N 型摻雜層 102 及主動層 104 之間形成應力舒緩層 (strain-release layer) 103。應力舒緩層 103 是作為釋放主動層 104 之應力。應力舒緩層 103 例如是由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層所組成的疊層結構 (lamination structure)，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間，且每一  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層的厚度例如是分別介於約 1 nm 至約 50 nm 之間。應力舒緩層 103 的形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法。

之後，請繼續參照圖 1A，於主動層 104 上形成 P 型摻雜層 106。P 型摻雜層 106 的材料例如是摻鎂或鋅的 GaN，且其形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法。在一實施例中，在形成 P 型摻雜層 106 的步驟之前，也可以於主動層 104 及 P 型摻雜層 106 之間形成電子阻障層 105 (electron blocking layer)。電子阻障層 105 是進一步地阻擋電子逃出主動層 104，因此電子阻障層 105 的能隙高於量子阻障層 104a 的能隙。電子阻障層 105 例如為 AlGaN 層或是 AlGaN 層與 GaN 層所組成的超晶格結構。

繼之，於 P 型摻雜層 106 上形成第一電極 108。第一電極 108 的材料例如是 Cr/Au、ITO 或 ZnO。在一實施例中，在形成第一電極 108 的步驟之前，也可以選擇性地於 P 型摻雜層 106 及第一電極 108 之間形成 P 型接觸層 107。

P 型接觸層 107 是作為降低 P 型摻雜層 106 與第一電極 108 之間的阻抗。P 型接觸層 107 的材料例如是摻鎂或鋅的 GaN，且其形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法。

接著，於 N 型摻雜層 102 曝露出的平台 109 上形成第二電極 110。第二電極 110 的材料例如是 Ni/Au 或 Ti/Al/Ti/Au。至此，完成第一實施例之氮化物半導體發光二極體元件之製造流程。特別要說明的是，當基板 100 的材料為導電材料如 GaN 時，第二電極 110 也可以形成於基板 100 的另一側上，如圖 1B 所示，因此 N 型摻雜層 102 也不需要形成平台 109 供第二電極 110 之用。

接下來，將說明第一實施例之氮化物半導體發光二極體元件的結構。請參照圖 1A 及 1B，本發明之氮化物半導體發光二極體元件包括基板 100、N 型摻雜層 102、主動層 104、P 型摻雜層 106、第一電極 108 及第二電極 110。N 型摻雜層 102 位於基板 100 之一側上。主動層 104 位於 N 型摻雜層 102 上，其包括至少一量子井結構。量子井結構包括二量子阻障層 104a 以及位於量子阻障層 104a 之間的量子井 104b。量子阻障層 104a 為包括四元氮化物的超晶格結構。P 型摻雜層 106 位於主動層 104 上。第一電極 108 位於 P 型摻雜層 106 上。第二電極 110 位於 N 型摻雜層曝露出的平台 109 上或位於基板 100 的另一側上。此外，緩衝層 101 位於基板 100 與 N 型摻雜層 102 之間，作為緩衝 N 型摻雜層 102 成長於異質基板上而產生之晶格常數不匹配的問題。應力舒緩層 103 位於 N 型摻雜層 102 及主動層

104 之間，作為釋放主動層 104 之應力。電子阻障層 105 位於主動層 104 及 P 型摻雜層 106 之間，以進一步地阻擋電子逃出主動層 104。P 型接觸層 107 位於 P 型摻雜層 106 及第一電極 108 之間，作為降低 P 型摻雜層 106 與第一電極 108 之間的阻抗。

上述之實施例是以包括單一量子井結構之主動層為例來說明之，但本發明並不以此為限。熟知本技藝者應了解，本發明之主動層也可以為多重量子井結構（multiple quantum well structure）。也就是說，本發明之主動層包括多數個量子井結構，其中量子阻障層 104a 與量子井 104b 是以交替疊層至少兩次的方式配置在應力舒緩層 103 上，如圖 1C 及圖 1D 所示。

## 第二實施例

圖 2A 為依據本發明第二實施例所繪示的氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖。

請參照圖 2A，首先，提供基板 200。接著，於基板 200 的一側上形成 N 型摻雜層 202。在一實施例中，在形成 N 型摻雜層 202 的步驟之前，也可以選擇性地於基板 200 及 N 型摻雜層 202 之間形成緩衝層 201。基板 200、緩衝層 201 與 N 型摻雜層 202 的材料與形成方法與第一實施例類似，於此不再贅述。

然後，於 N 型摻雜層 202 上形成主動層 204。主動層 204 的厚度例如是介於約 3 nm 至約 500 nm 之間。主動層

204 包括至少一量子井結構，其中此量子井結構包括依序形成在 N 型摻雜層上 202 上的量子阻障層 204a、量子井 204b 及另一量子阻障層 204a。量子阻障層 204a 的材料例如是  $\text{GaN}$ 、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  或  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中  $x$ 、 $y$  分別介於 0 與 1 之間，且  $x + y < 1$ 。量子井 104b 的材料例如是  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ，其中  $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n + p < 1$ 。量子井 104b 的厚度例如是介於約 1 nm 至約 20 nm 之間。另外，量子阻障層 104a 及量子井 104b 的形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法或分子束磊晶法。

之後，於主動層 204 上形成電子阻障層 205。電子阻障層 205 為包括四元氮化物的超晶格結構。換句話說，電子阻障層 205 之超晶格結構的材料可以為四元氮化物與另一四元氮化物、四元氮化物與三元氮化物、四元氮化物與二元氮化物、或四元氮化物、三元氮化物與二元氮化物所組成。在一實施例中，電子阻障層 205 之四元氮化物的材料例如是  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$ ，其中  $g$ 、 $h$  分別介於 0 與 1 之間，且  $g + h < 1$ 。因此，電子阻障層 205 之超晶格結構可以由週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{Al}_i\text{In}_j\text{Ga}_{1-i-j}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層、 $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分別介於 0 與 1 之間， $i + j < 1$ ，且  $g$  不等於  $i$ ， $h$  不等於  $j$ 。電子阻障層 205 之超晶格結構之週期層疊的次數為至少兩次，且

其每一層的厚度例如是介於約 0.5 nm 至約 50 nm 之間。圖 2A 的右側為電子阻障層 205 之能帶分佈圖，由於電子阻障層 205 為具有週期層疊之至少二材料層所形成的超晶格結構，其中之一的材料為四元氮化物，因此其能帶分佈圖呈週期變化。電子阻障層 205 的厚度可以由超晶格結構中之每一材料層的厚度及週期層疊的次數而決定。

另外，電子阻障層 205 的形成方法例如是進行有機金屬化學氣相沉積法或分子束磊晶法，且其生長溫度例如是介於約 600°C 至約 1100°C 之間。由於本發明之電子阻障層 205 為包括四元氮化物的超晶格結構，因此可以防止歸因於量子阻障層 204a 與電子阻障層 205 之間的晶格失配而產生之晶體缺陷，如錯位以及凹洞等等。另外，本發明之量子阻障層 204a、量子井 204b 及電子阻障層 205 可以在同一個反應腔室中完成，降低成本與減少製造發光二極體元件的時間。

之後，請繼續參照圖 2A，於電子阻障層 205 上形成 P 型摻雜層 206。繼之，於 P 型摻雜層 206 上形成第一電極 208。在一實施例中，在形成第一電極 208 的步驟之前，也可以選擇性地於 P 型摻雜層 206 及第一電極 208 之間形成 P 型接觸層 207。接著，於 N 型摻雜層 102 曝露出的平台 209 上形成第二電極 210。至此，完成第二實施例之氮化物半導體發光二極體元件之製造流程。P 型摻雜層 206、P 型接觸層 207、第一電極 208 與第二電極 210 的材料與形成方法與第一實施例類似，於此不再贅述。特別要說明的是，

當基板 200 的材料為導電材料如 GaN 時，第二電極 210 也可以形成於基板 200 的另一側上，如圖 2B 所示，因此 N 型摻雜層 202 也不需要形成平台 209 供第二電極 210 之用。

接下來，將說明第二實施例之氮化物半導體發光二極體元件的結構。請參照圖 2A 及 2B，本發明之氮化物半導體發光二極體元件包括基板 200、N 型摻雜層 202、主動層 204、電子阻障層 205、P 型摻雜層 206、第一電極 208 及第二電極 210。N 型摻雜層 202 位於基板 200 之一側上。主動層 204 位於 N 型摻雜層 202 上，其包括至少一量子井結構，量子井結構包括二量子阻障層 204a 以及位於量子阻障層 204a 之間的量子井 204b。P 型摻雜層 206 位於主動層 204 上。電子阻障層 205 位於 P 型摻雜層 206 及主動層 204 之間，其中電子阻障層 205 為包括四元氮化物的超晶格結構，且電子阻障層 205 的能隙高於量子阻障層 204a 的能隙。第一電極 208 位於 P 型摻雜層 206 上。第二電極 210 位於 N 型摻雜層 202 曝露出的平台 209 上或位於基板 200 的另一側上。此外，緩衝層 201 位於基板 200 與 N 型摻雜層 202 之間，應力舒緩層 203 位於 N 型摻雜層 202 及主動層 204 之間，且 P 型接觸層 207 位於 P 型摻雜層 206 及第一電極 208 之間。

圖 2A 與 2B 是以單一量子井結構之主動層為例來說明之，但本發明並不以此為限。圖 2C 與 2D 為第二實施例之主動層為多重量子井結構的示意圖。

### 第三實施例

圖 3A 為依據本發明第三實施例所繪示的氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖。

在第一、第二實施例中，分別以量子阻障層、電子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構為例來說明之，但本發明並不以此為限。熟知本技藝者應了解，量子阻障層及電子阻障層也可以依製程需要而同時為具有四元氮化物的超晶格結構，如第三實施例所示。圖 3A 的左側為量子阻障層 304a 之能帶分佈圖，由於量子阻障層 304a 為具有週期層疊之至少二材料層所形成的超晶格結構，其中之一的材料為四元氮化物，因此其能帶分佈圖呈週期變化。圖 3A 的右側為電子阻障層 305 之能帶分佈圖，由於電子阻障層 305 為具有週期層疊之至少二材料層所形成的超晶格結構，其中之一的材料為四元氮化物，因此其能帶分佈圖呈週期變化。

第三實施例的各層材料及形成方法與第一、第二實施例類似，於此不再贅述，僅簡單說明第三實施例之氮化物半導體發光二極體元件的結構。請參照圖 3A 及 3B，本發明之氮化物半導體發光二極體元件包括基板 300、N 型摻雜層 302、主動層 304、電子阻障層 305、P 型摻雜層 306、第一電極 308 及第二電極 310。N 型摻雜層 302 位於基板 300 之一側上。主動層 304 位於 N 型摻雜層 302 上，其包括至少一量子井結構，量子井結構包括二量子阻障層 304a 以及位於量子阻障層 304a 之間的量子井 304b。量子阻障

層 104a 為包括四元氮化物的超晶格結構。P 型摻雜層 306 位於主動層 304 上。電子阻障層 305 位於 P 型摻雜層 306 及主動層 304 之間，其中電子阻障層 305 為包括另一四元氮化物的超晶格結構，且電子阻障層 305 的能隙高於量子阻障層 304a 的能隙。第一電極 308 位於 P 型摻雜層 306 上。第二電極 310 位於 N 型摻雜層 302 曝露出的平台 309 上或位於基板 300 的另一側上。此外，緩衝層 301 位於基板 300 與 N 型摻雜層 302 之間，應力舒緩層 303 位於 N 型摻雜層 302 及主動層 304 之間，且 P 型接觸層 307 位於 P 型摻雜層 306 及第一電極 308 之間。

圖 3A 與 3B 是以單一量子井結構之主動層為例來說明之，但本發明並不以此為限。圖 3C 與 3D 為第三實施例之主動層為多重量子井結構的示意圖。

綜上所述，本發明之量子阻障層為包括四元氮化物的超晶格結構，能夠幫助釋放主動層之應力，因此能有效抑制壓電效應，提升後續成長之量子井的結晶品質，及減少漏電流的發生。此外，本發明之量子阻障層可以提供足夠大的能隙差（0.2~2 eV），以增加載子阻障，提升電子電洞對結合的機率，進而提升內部光取出效率。

另外，本發明之電子阻障層為包括另一四元氮化物的超晶格結構，能夠防止歸因於量子阻障層與電子阻障層之間的晶格失配而產生之晶體缺陷，如錯位以及凹洞等等。

再者，本發明之包括四元氮化物之量子阻障層或電子阻障層可以依製程需要而單獨存在或同時存在，且本發明

之量子阻障層、量子井及電子阻障層可以在同一個反應腔室中完成，降低成本與減少製造發光二極體元件的時間。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，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，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

### 【圖式簡單說明】

圖 1A 為依據本發明第一實施例所繪示的一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖。

圖 1B 為依據本發明第一實施例所繪示的另一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖。

圖 1C 為依據本發明第一實施例所繪示的又一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖。

圖 1D 為依據本發明第一實施例所繪示的再一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖。

圖 2A 為依據本發明第二實施例所繪示的一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 2B 為依據本發明第二實施例所繪示的另一氮化物

半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 2C 為依據本發明第二實施例所繪示的又一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 2D 為依據本發明第二實施例所繪示的再一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 3A 為依據本發明第三實施例所繪示的一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖，且其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 3B 為依據本發明第三實施例所繪示的另一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖，且其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 3C 為依據本發明第三實施例所繪示的又一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖，且其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

圖 3D 為依據本發明第三實施例所繪示的再一氮化物半導體發光二極體元件之示意剖面圖，其左側為量子阻障層之能帶分佈圖，且其右側為電子阻障層之能帶分佈圖。

**【主要元件符號說明】**

100、200、300：基底

101、201、301：緩衝層

102、202、302：N 型摻雜層

103、203、303：應力舒緩層

104、204、304：主動層

104a、204a、304a：量子阻障層

104b、204b、304b：量子井

105、205、305：電子阻障層

106、206、306：P 型摻雜層

107、207、307：P 型接觸層

108、208、308：第一電極

109、209、309：平台

110、210、310：第二電極

101年10月17日修(更)正本

## 七、申請專利範圍：

1. 一種氮化物半導體發光二極體元件，包括：
  - 一基板；
  - 一 N 型摻雜層，位於該基板之一側上；
  - 一主動層，位於該 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構，其中該量子井結構包括二量子阻障層以及位於該些量子阻障層之間的一量子井，各該量子阻障層為包括一四元氮化物的一超晶格結構；
  - 一 P 型摻雜層，位於該主動層上；
  - 一第一電極，位於該 P 型摻雜層上；以及
  - 一第二電極，位於該 N 型摻雜層曝露出一的一平台上或位於該基板的另一側上。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ， $a$ 、 $b$  分別介於 0 與 1 之間，且  $a + b < 1$ 。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $c$ 、 $d$ 、 $e$  分別介於 0 與 1 之間， $c + d < 1$ ，且  $a$  不等於  $c$ ， $b$  不等於  $d$ 。
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構之該週期層疊的次數為至

少兩次。

5. 如申請專利範圍第 3 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構中每一層的厚度介於 0.5 nm 至 50 nm 之間。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n + p < 1$ 。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的厚度介於 1 nm 至 20 nm 之間。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層的厚度介於 3 nm 至 500 nm 之間。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括單一該量子井結構。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括多數個該量子井結構。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該基板材料包括藍寶石、矽、SiC、ZnO 或 GaN。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該 N 型摻雜層的材料包括摻矽或錯的 GaN。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光

二極體元件，其中該 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的 GaN。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該基板及該 N 型摻雜層之間的一緩衝層。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 N 型摻雜層及該主動層之間的一應力舒緩層。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

18. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 P 型摻雜層及該第一電極之間的一 P 型接觸層。

19. 如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 P 型摻雜層及該主動層之間的一電子阻障層。

20. 一種氮化物半導體發光二極體元件，包括：  
一基板；

- 一 N 型摻雜層，位於該基板之一側上；
- 一主動層，位於該 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構，其中該量子井結構包括二量子阻障層以及位於該些量子阻障層之間的一量子井；
- 一 P 型摻雜層，位於該主動層上；
- 一電子阻障層，位於該 P 型摻雜層及該主動層之間，其中該電子阻障層為包括一四元氮化物的一超晶格結構，且該電子阻障層的能隙高於該量子阻障層的能隙；
- 一第一電極，位於該 P 型摻雜層上；以及
- 一第二電極，位於該 N 型摻雜層曝露出一的一平台上或位於該基板的另一側上。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$ ， $g$ 、 $h$  分別介於 0 與 1 之間，且  $g+h < 1$ 。

22. 如申請專利範圍第 21 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{Al}_i\text{In}_j\text{Ga}_{1-i-j}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層、 $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分別介於 0 與 1 之間， $i+j < 1$ ，且  $g$  不等於  $i$ ， $h$  不等於  $j$ 。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構之該週期層疊的次數為至少兩次。

24. 如申請專利範圍第 22 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該超晶格結構中每一層的厚度介於 0.5 nm 至 50 nm 之間。

25. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n + p < 1$ 。

26. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的厚度介於 1 nm 至 20 nm 之間。

27. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層的厚度介於 3 nm 至 500 nm 之間。

28. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括單一該量子井結構。

29. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括多數個該量子井結構。

30. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該基板的材料包括藍寶石、矽、SiC、ZnO 或 GaN。

31. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該 N 型摻雜層的材料包括摻矽或鎘的 GaN。

32. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的

GaN。

33. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該基板及該 N 型摻雜層之間的一緩衝層。

34. 如申請專利範圍第 33 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

35. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 N 型摻雜層及該主動層之間的一應力舒緩層。

36. 如申請專利範圍第 35 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

37. 如申請專利範圍第 20 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 P 型摻雜層及該第一電極之間的一 P 型接觸層。

38. 一種氮化物半導體發光二極體元件，包括：

一基板；

一 N 型摻雜層，位於該基板之一側上；

一主動層，位於該 N 型摻雜層上，其包括至少一量子井結構，其中該量子井結構包括二量子阻障層以及位於該些量子阻障層之間的一量子井，各該量子阻障層為包括一

第一四元氮化物的一第一超晶格結構；

一 P 型摻雜層，位於該主動層上；

一電子阻障層，位於該 P 型摻雜層及該主動層之間，其中該電子阻障層為包括一第二四元氮化物的一第二超晶格結構，且該電子阻障層的能隙高於該量子阻障層的能隙；

一第一電極，位於該 P 型摻雜層上；以及

一第二電極，位於該 N 型摻雜層曝露出一的一平台上或位於該基板的另一側上。

39. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第一四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ， $a$ 、 $b$  分別介於 0 與 1 之間，且  $a + b < 1$ 。

40. 如申請專利範圍第 39 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第一超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  層、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $c$ 、 $d$ 、 $e$  分別介於 0 與 1 之間， $c + d < 1$ ，且  $a$  不等於  $c$ ， $b$  不等於  $d$ 。

41. 如申請專利範圍第 40 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第一超晶格結構之該週期層疊的次數為至少兩次。

42. 如申請專利範圍第 40 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第一超晶格結構中每一層的厚度介於 0.5 nm 至 50 nm 之間。

43. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第二四元氮化物的材料包括  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$ ， $g$ 、 $h$  分別介於 0 與 1 之間，且  $g+h < 1$ 。

44. 如申請專利範圍第 43 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第二超晶格結構由週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{Al}_i\text{In}_j\text{Ga}_{1-i-j}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層、週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層、或週期層疊的  $\text{Al}_g\text{In}_h\text{Ga}_{1-g-h}\text{N}$  層、 $\text{In}_k\text{Ga}_{1-k}\text{N}$  層與  $\text{GaN}$  層所組成，其中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分別介於 0 與 1 之間， $i+j < 1$ ，且  $g$  不等於  $i$ ， $h$  不等於  $j$ 。

45. 如申請專利範圍第 44 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第二超晶格結構之該週期層疊的次數為至少兩次。

46. 如申請專利範圍第 44 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該第二超晶格結構中每一層的厚度介於 0.5 nm 至 50 nm 之間。

47. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的材料包括  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  或  $\text{Al}_n\text{Ga}_p\text{In}_{1-n-p}\text{N}$ ， $f$ 、 $n$ 、 $p$  分別介於 0 與 1 之間，且  $n+p < 1$ 。

48. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該量子井的厚度介於 1 nm 至 20 nm 之間。

49. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層的厚度介於 3 nm 至 500 nm

之間。

50. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括單一該量子井結構。

51. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該主動層包括多數個該量子井結構。

52. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該基板的材料包括藍寶石、矽、SiC、ZnO 或 GaN。

53. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該 N 型摻雜層的材料包括摻矽或銻的 GaN。

54. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該 P 型摻雜層的材料包括摻鎂或鋅的 GaN。

55. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該基板及該 N 型摻雜層之間的一緩衝層。

56. 如申請專利範圍第 55 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該緩衝層的材料包括 GaN、 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ 、SiC、ZnO、ZnTeO 或 MgN，其中  $q$  介於 0 與 1 之間。

57. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 N 型摻雜層及該主動層之間的一應力舒緩層。

58. 如申請專利範圍第 57 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，其中該應力舒緩層的材料包括由  $\text{In}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  層與 GaN 層組成的疊層結構，其中  $m$  介於 0.01 與 0.3 之間。

59. 如申請專利範圍第 38 項所述之氮化物半導體發光二極體元件，更包括位於該 P 型摻雜層及該第一電極之間的一 P 型接觸層。

八、圖式:

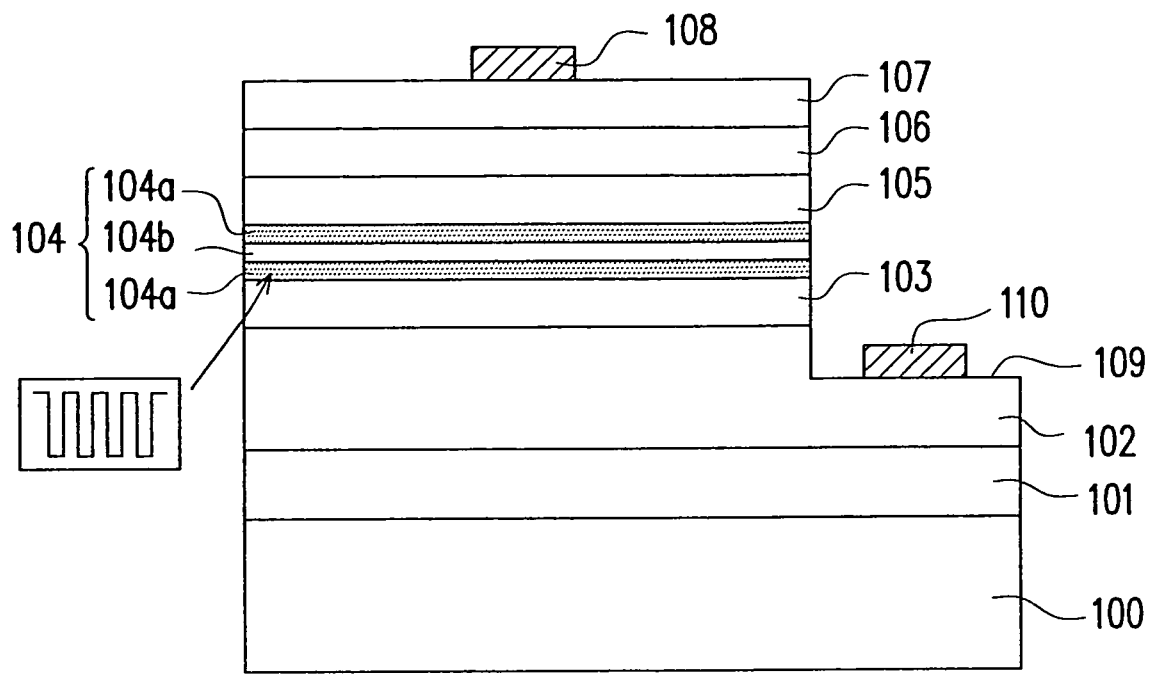


圖 1A

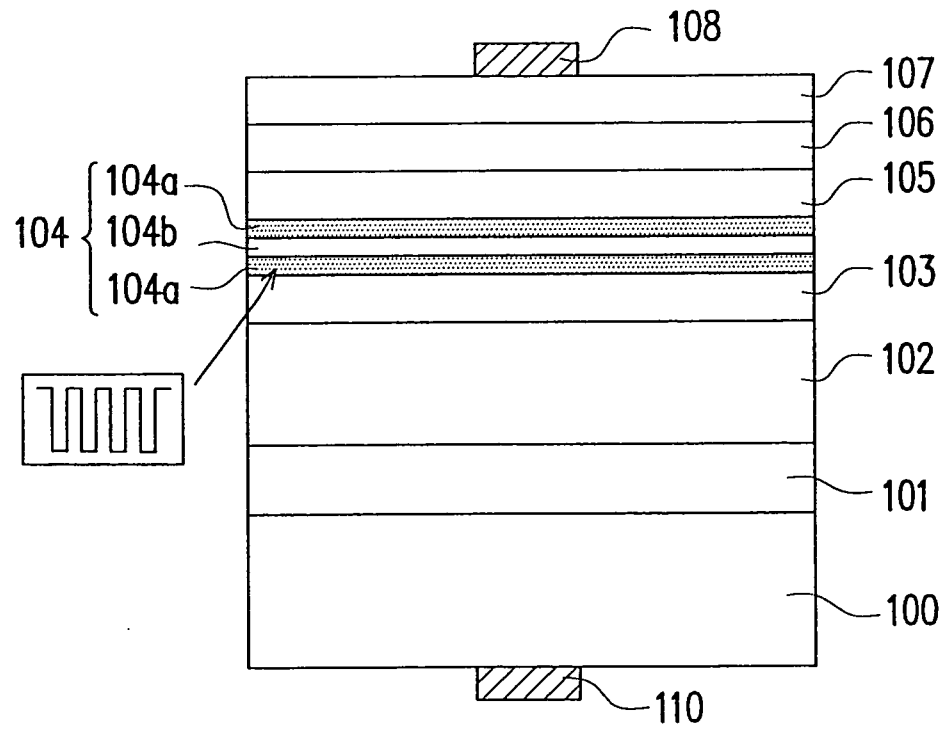


圖 1B

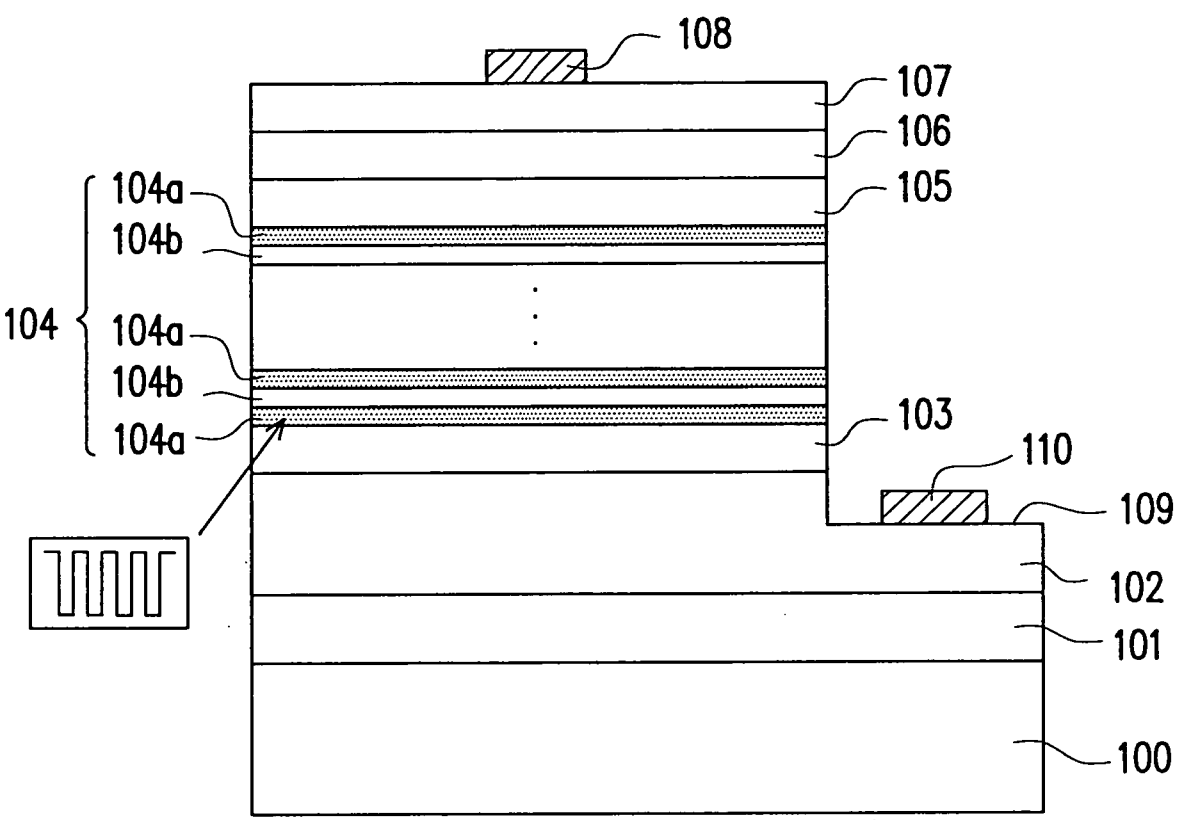


圖 1C

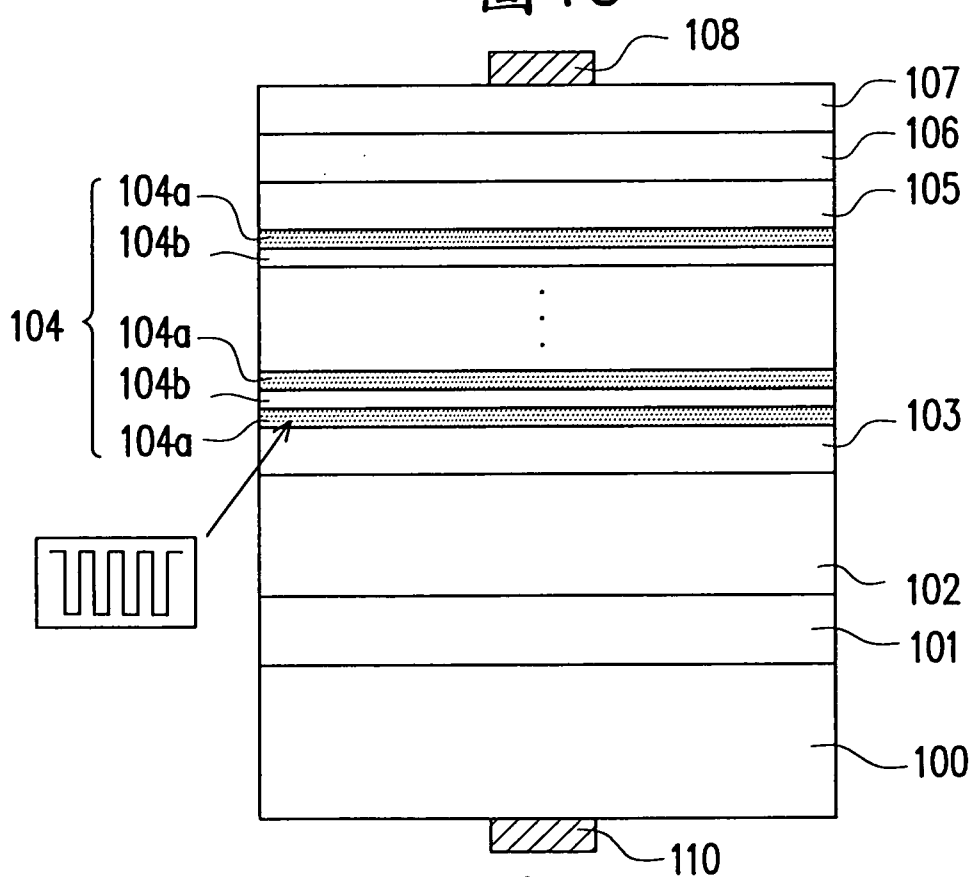


圖 1D

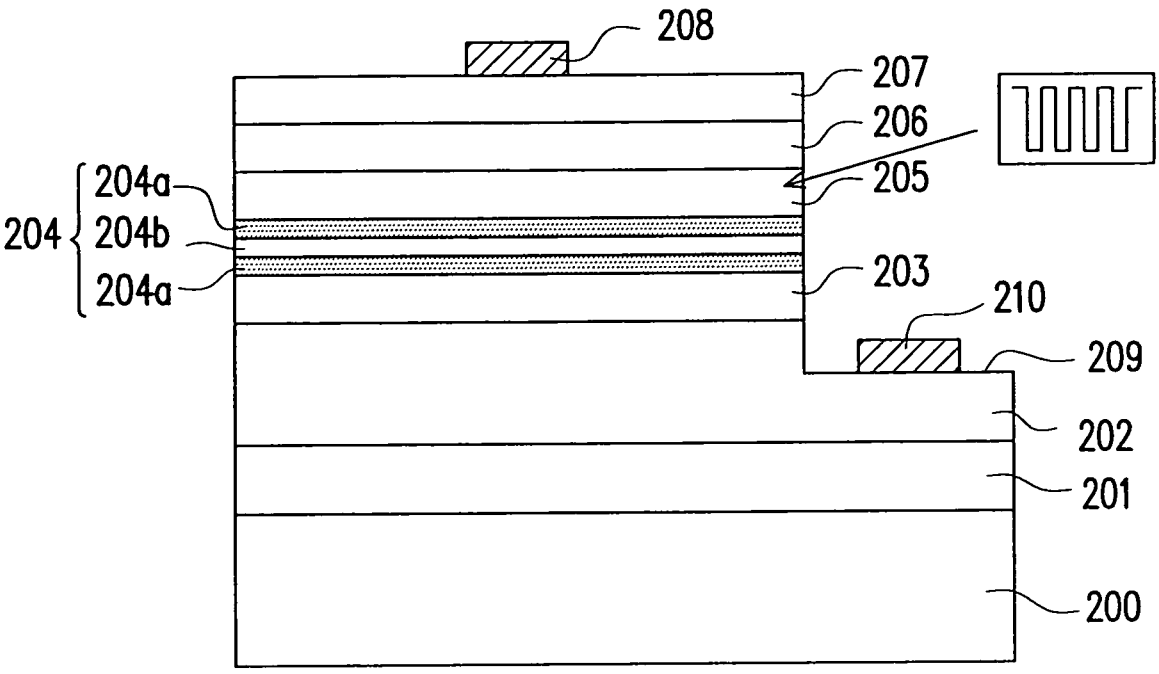


圖 2A

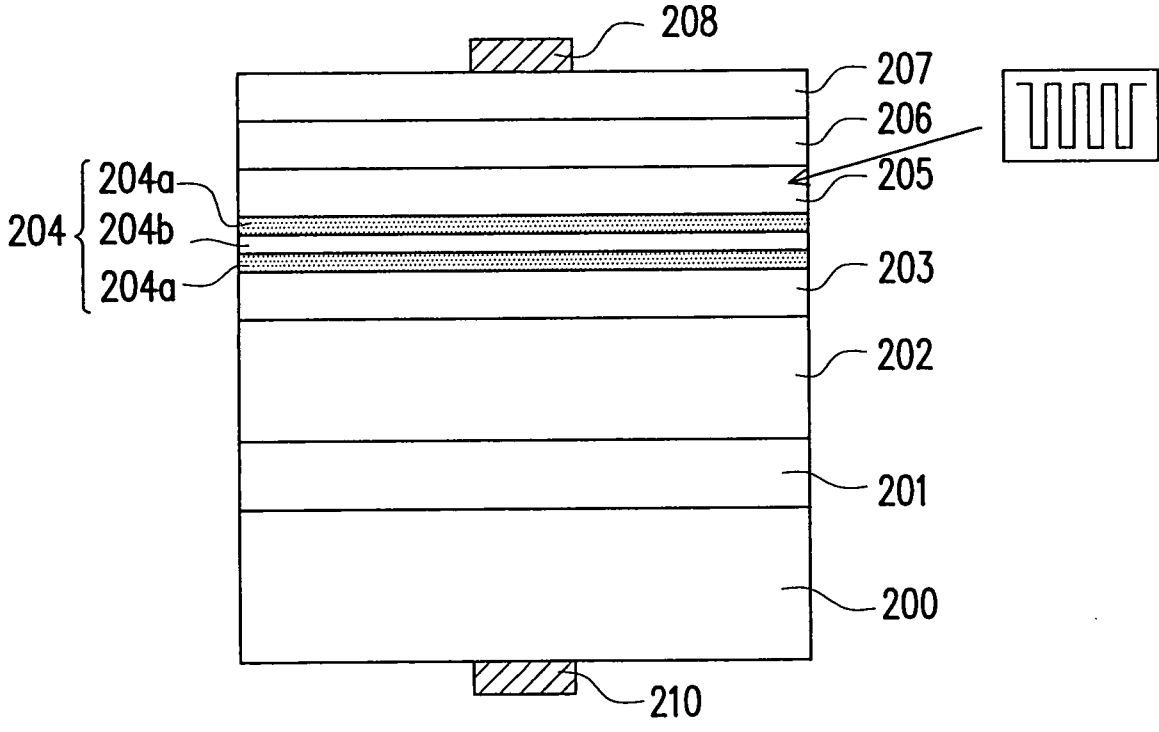


圖 2B

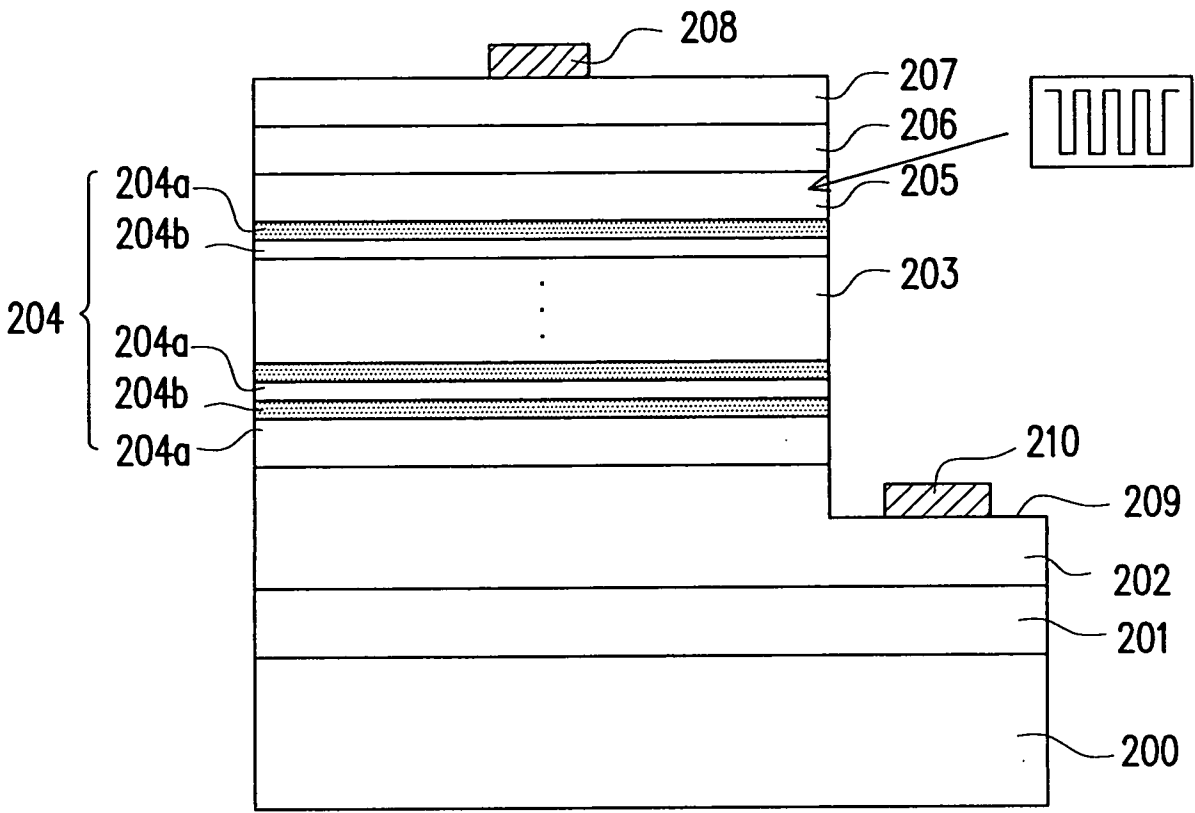


圖 2C

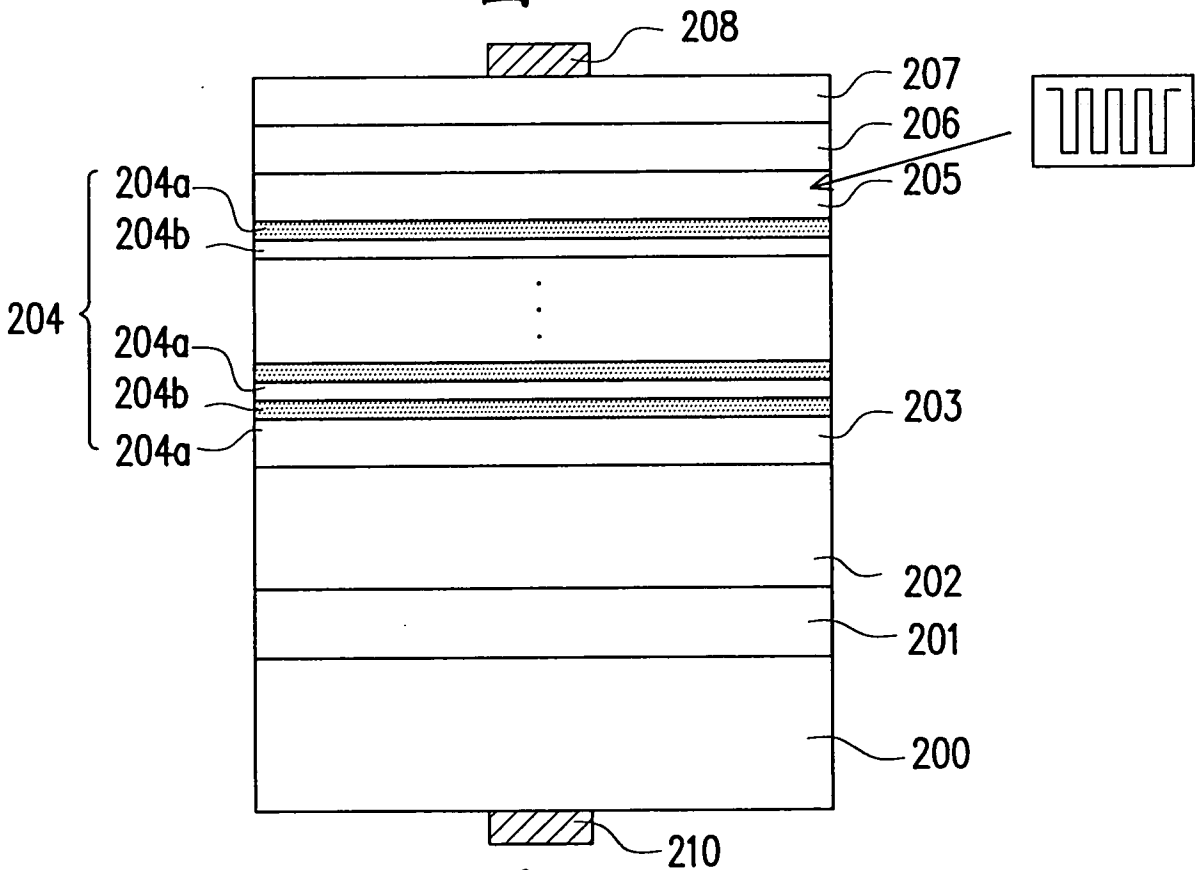


圖 2D

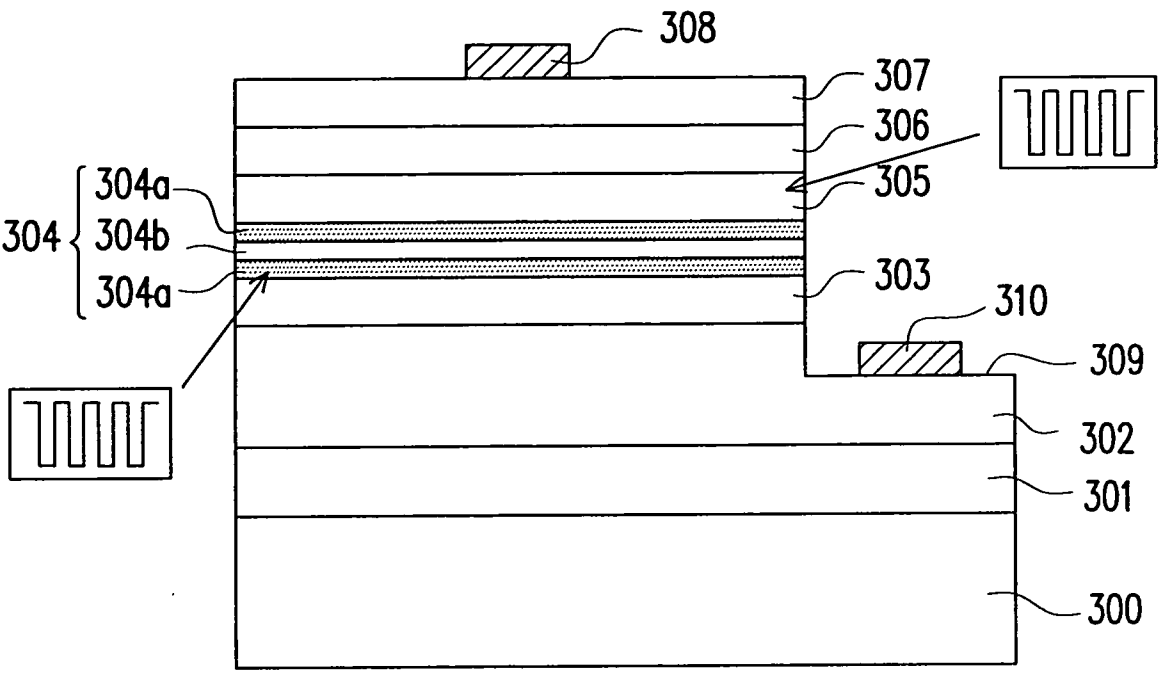


圖 3A

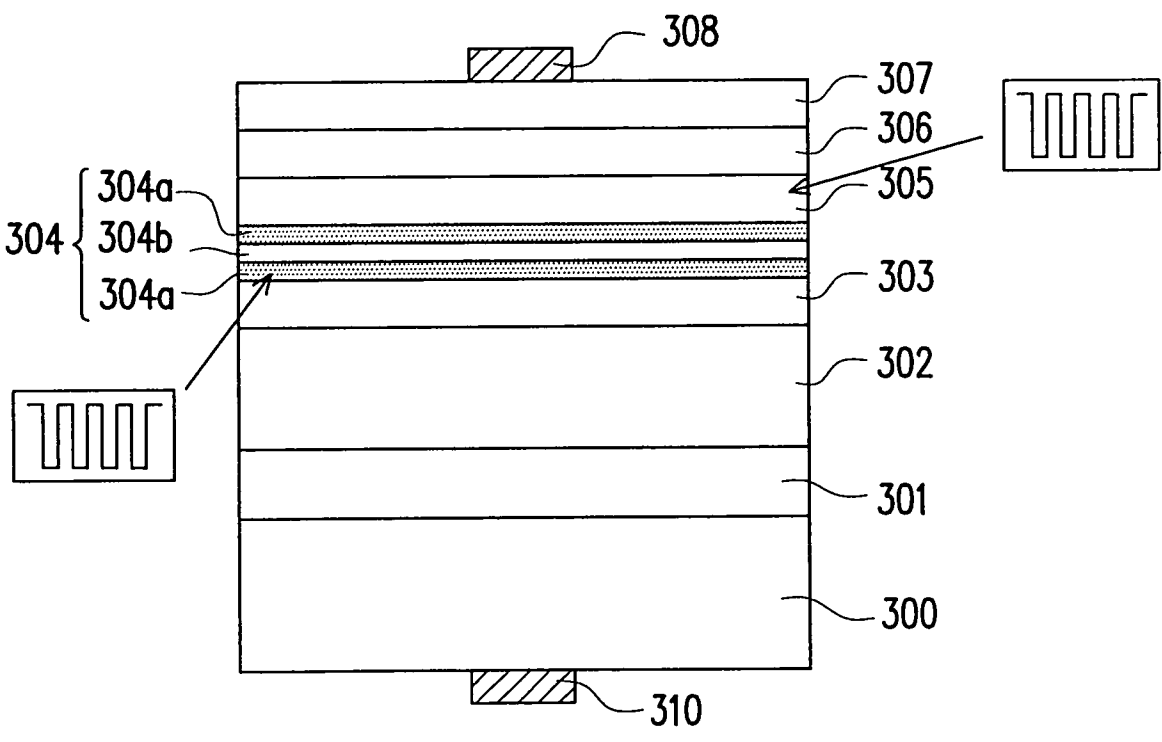


圖 3B

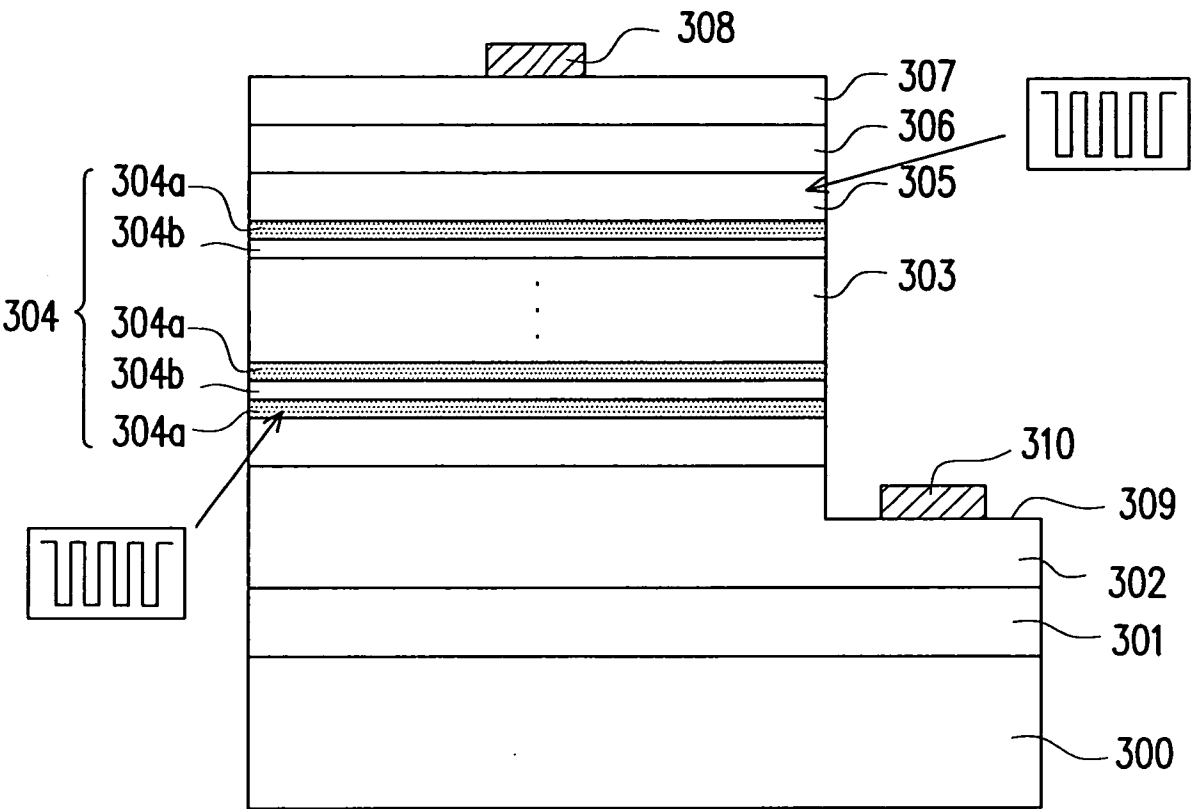


圖 3C

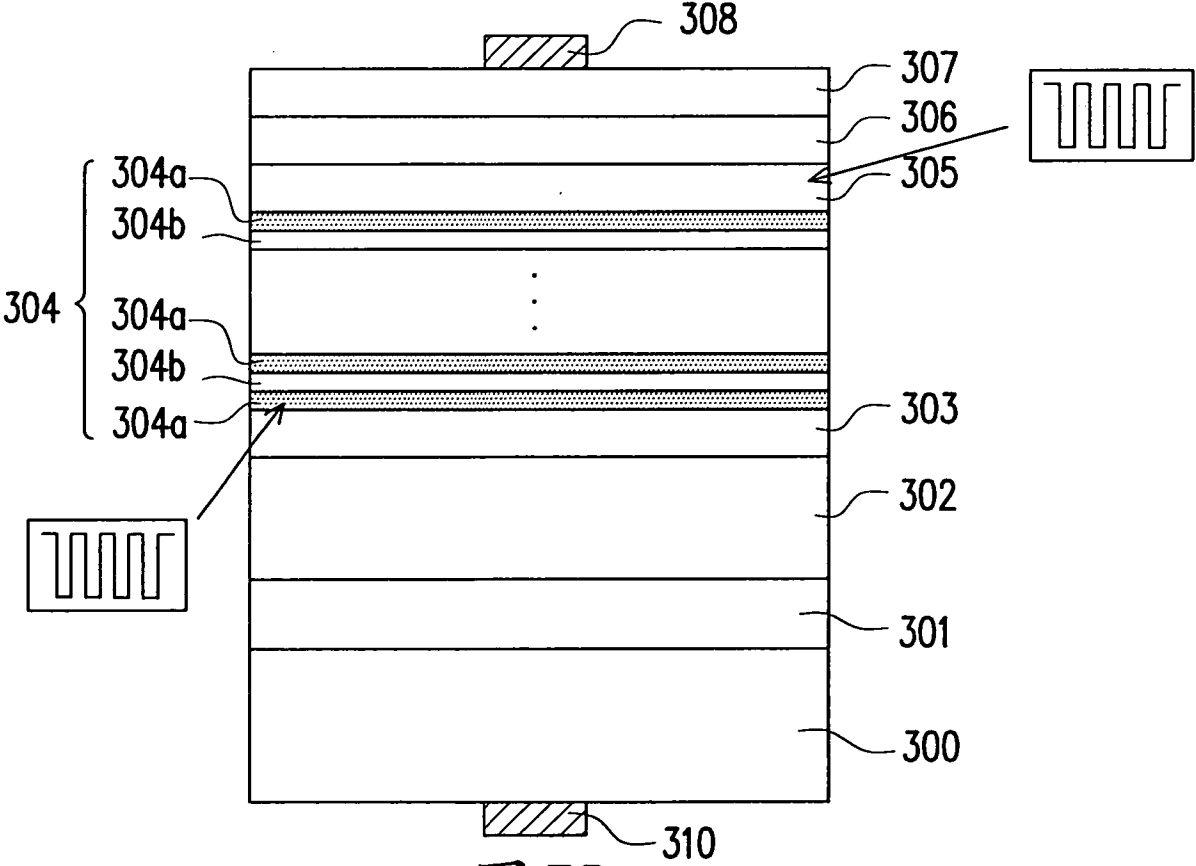


圖 3D