



(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 I381547B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 01 日

(21) 申請案號：096142955

(22) 申請日：中華民國 96 (2007) 年 11 月 14 日

(51) Int. Cl. : **H01L33/00 (2010.01)**

(71) 申請人：榮創能源科技股份有限公司 (中華民國) ADVANCED OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY, INC. (TW)

新竹縣湖口鄉新竹工業區工業五路 13 號

(72) 發明人：涂博閔 TU, PO MIN (TW)；黃世晟 HUANG, SHIH CHENG (TW)；葉穎超 YEH, YING CHAO (TW)；林文禹 LIN, WEN YU (TW)；吳芄逸 WU, PENG YI (TW)；徐智鵬 HSU, CHIH PENG (TW)；詹世雄 CHAN, SHIH HSIUNG (TW)

(56) 參考文獻：

TW M304115

US 2003/0057444A1

US 2006/0175624A1

審查人員：陳慶昌

申請專利範圍項數：27 項 圖式數：6 共 18 頁

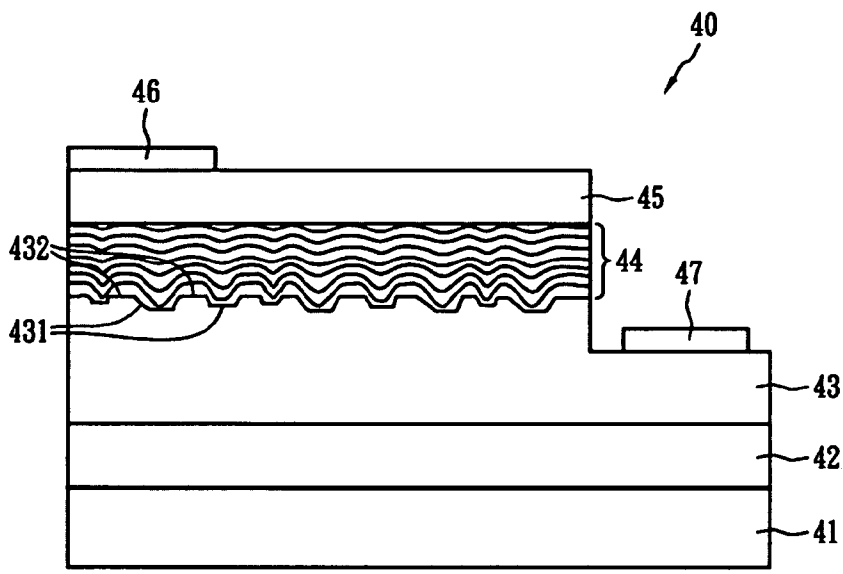
(54) 名稱

三族氮化合物半導體發光二極體及其製造方法

LIGHT EMITTING DEVICE OF III-NITRIDE BASED SEMICONDUCTOR AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57) 摘要

一種三族氮化合物半導體發光二極體，其包含一基板、一緩衝層、一 N 型半導體材料層、一共形(conformation)主動層及一 P 型半導體材料層。該 N 型半導體材料層具有第一表面及第二表面，該第一表面係直接接觸該緩衝層。該第二表面係具有複數個凹部，該共形主動層係形成於該第二表面上及該複數個凹部內。該共形主動層及該 N 型半導體材料層間之應力可藉由該複數個凹部釋放。



- 40 . . . 發光二極體
- 41 . . . 基板
- 42 . . . 緩衝層
- 43 . . . N型半導體材料層
- 44 . . . 共形主動層
- 45 . . . P型半導體材料層
- 46 . . . P型電極
- 47 . . . N型電極
- 431 . . . 凹部
- 432 . . . 平坦區

圖 4



# 發明專利說明書

※記號部分請勿填寫

※申請案號：096142955

※IPC分類：H01L 33/00 (2010.01)

※申請日：06.11.14

## 一、發明名稱：

三族氮化合物半導體發光二極體及其製造方法

LIGHT EMITTING DEVICE OF III-NITRIDE BASED  
SEMICONDUCTOR AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

## 二、中文發明摘要：

一種三族氮化合物半導體發光二極體，其包含一基板、一緩衝層、一N型半導體材料層、一共形(conformation)主動層及一P型半導體材料層。該N型半導體材料層具有第一表面及第二表面，該第一表面係直接接觸該緩衝層。該第二表面係具有複數個凹部，該共形主動層係形成於該第二表面上及該複數個凹部內。該共形主動層及該N型半導體材料層間之應力可藉由該複數個凹部釋放。

## 三、英文發明摘要：

## 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

發光二極體：40

基板：41

緩衝層：42

N型半導體材料層：43

共形主動層：44

P型半導體材料層：45

P型電極：46

N型電極：47

凹部：431

平坦區：432

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明是關於一種三族氮化合物半導體發光二極體及其製造方法，尤係關於一種能釋放主動層及N型半導體材料層間應力之三族氮化合物半導體發光二極體及其製造方法。

### 【先前技術】

[0002] 隨著發光二極體元件之被廣泛應用於不同產品，近年來製作藍光發光二極體之材料，業已成為當前光電半導體材料業重要的研發對象。目前藍光發光二極體之材料有硒化鋅(ZnSe)、碳化矽(SiC)及氮化銦鎵(InGaN)等材料，這些材料都是寬能隙(band gap)之半導體材料，能隙大約在2.6eV以上。由於氮化鎵系列係直接能隙(direct gap)之發光材料，因此可以產生高亮度之照明光線，且相較於同為直接能隙之硒化鋅更有壽命長之優點。

[0003] 目前藍光發光二極體之主動層(發光層)多係採氮化銦鎵/氮化鎵(InGaN/GaN)量子井結構，又該量子井結構係夾設於N型氮化鎵(GaN)層及P型氮化鎵層之間。當In加入GaN形成InGaN時，因為InGaN與GaN之間的晶格常數不同，以致於主動層及氮化鎵介面產生應力。該應力會產生壓電之作用而形成壓電場，從而會影響主動層之發光效率及波長，因此需要消除應力以避免不良之影響。

[0004] 圖1係美國第US 6,345,063號專利之發光二極體之剖面示意圖。發光二極體10包含一基板11、一緩衝層12、一N

型InGa<sub>N</sub>層13、一主動層14、一第一P型三五族氮化合物層15、一第二P型三五族氮化合物層16、一P型電極17及一N型電極18。N型InGa<sub>N</sub>層13和主動層14之InGa<sub>N</sub>膜間的晶格常數匹配，因此可消除累積之應力。但該N型InGa<sub>N</sub>層13之形成溫度較低，因此會犧牲磊晶品質而取代原先品質較佳之Ga<sub>N</sub>層。

[0005] 圖2係美國第US 6,861,270號專利之發光二極體之剖面示意圖。發光二極體20包含一基板21、一N型氮化鋁鎵(AlGa<sub>N</sub>)層22、複數個鎵或鋁之微凸部25、一主動層23及P型氮化鋁鎵層24。該鎵微凸部25會使得主動層23在能隙上產生擾動(fluctuation)，於能隙帶較窄的區域之發光效率會較加，縱使差排(dislocation)於該些區域仍會發生。參見該美國專利之發明內容(Summary of the Invention)，其中明確揭露該能隙帶之擾動係藉由晶格常數不同所產生，因此本專利並非解決晶格常數不匹配所造成之應力問題。

[0006] 圖3係美國第US 7,190,001號專利之發光二極體之剖面示意圖。發光二極體30包含一基板31、一緩衝層32、一N型披覆層(cladding layer)33、一Al<sub>N</sub>非平坦層34、一主動層35、一P型披覆層36、一接觸層37、一透明電極38、一P型電極391及一N型電極392。主動層35係形成於Al<sub>N</sub>非平坦層34上，因此可簡化主動層35之成長條件，所以能加發光效率。然該Al<sub>N</sub>非平坦層34需要特別之熱處理製程才能形成於N型披覆層33上，因此容易影響原本底層之磊晶品質。

[0007] 綜上所述，市場上亟需要一種確保品質穩定之發光二極體，俾能改善上述習知技術之各種缺點。

**【發明內容】**

[0008] 本發明之主要目的係提供一種具三族氮化合物半導體發光二極體及其製造方法，因減少磊晶層之應力累積，所以能降低量子侷限史塔克效應(Quantum Confined Stark Effect; QCSE)效應，增加電子及電洞複合機率，從而提高發光二極體之發光效率。

[0009] 為達上述目的，本發明揭示一種三族氮化合物半導體發光二極體，其包含一基板、一第一型半導體材料層、一共形主動層及一第二型半導體材料層。該第一型半導體材料層包括一第一表面及一第二表面，其中該第一表面朝向該基板，該第二表面相對於該第一表面並具有複數個凹部。該共形主動層係形成於該第二表面上及該複數個凹部內。該共形主動層及該第一型半導體材料層間之應力可藉由該複數個凹部釋放。該第二型半導體材料層係設於該共形主動層上。

[0010] 上述發光二極體另包含一介於該基板及該第一型半導體材料層間之緩衝層。

[0011] 該凹部之深度係大於該共形主動層中一量子井層之厚度，及小於該第一型半導體材料層之厚度。且該凹部之上方開口的寬度係大於 $0.1\ \mu\text{m}$ 及小於 $10\ \mu\text{m}$ 。該複數個凹部具有不同尺寸。該複數個不同尺寸之凹部係呈均勻或交錯分佈。該凹部之開口寬度大於該凹部之底部寬度。

- [0012] 該共形主動層係單層量子井結構或多層量子井結構。
- [0013] 該第一型半導體材料層係一N型半導體材料層，且該第二型半導體材料層係一P型半導體材料層。
- [0014] 本發明另揭示一種三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，包含下列步驟：提供一基板；於該基板上成長一第一型半導體材料層，其中該第一型半導體材料層包括一第一表面及一第二表面，該第一表面朝向該基板，該第二表面相對於該第一表面並具有複數個凹部；成長一共形主動層於該第一型半導體材料層上；以及在該共形主動層上形成一第二型半導體材料層。
- [0015] 該複數個凹部係藉由蝕刻製程形成於該第一型半導體材料層之第二表面。
- [0016] 該複數個凹部係藉由控制氮氣、氬氣、氫氣、三甲基鎔、三乙基鎔、三甲基銦、三乙基銦或有機金屬化合物之流量而形成於該第二表面之空洞。該複數個凹部係藉由金屬有機化學氣相沉積製程產生。
- [0017] 上述製造方法另包含直接於該基板表面形成至少一緩衝層之步驟。

#### 【實施方式】

- [0018] 圖4係本發明三族氮化合物半導體發光二極體之剖面示意圖。發光二極體40包含一基板41、一緩衝層42、一N型(或稱為第一型)半導體材料層43、一共形主動層44及一P型(或稱為第二型)半導體材料層45，又於N型半導體材料層43表面設有N型電極47，及於P型半導體材料層45表面



設有P型電極46。

[0019] 一般而言，製作此發光二極體40係先提供一基材41，例如：藍寶石（亦即鋁氧化合物 $Al_2O_3$ ）、碳化矽（ $SiC$ ）、矽、氧化鋅（ $ZnO$ ）、氧化鎂（ $MgO$ ）及砷化鎵（ $GaAs$ ）等，並於該基材41上形成不同之材料層。因為基材41與三族氮化合物之晶格常數不匹配，因此需要在基材41上先形成至少一緩衝層42，該緩衝層42之材料可以是 $GaN$ 、 $InGaN$ 或 $AlGaN$ ，或硬度較習知含鋁元素緩衝層為低之超晶格核（*Superlattice*）層。然後於緩衝層42上成長一N型半導體材料層43，其可以利用磊晶之方式產生N型氮化鎵摻雜矽薄膜以作為N型半導體材料層43。該N型半導體材料層43之上表面並非平坦狀，其包含複數個凹部431及一平坦區432。凹部431之形成仍可以於金屬有機化學氣相沉積（*MOCVD*）爐內完成，其係待N型半導體材料層43沉積至一定厚度（ $1\sim 5\ \mu m$ ）後，再將供應之氮氣、氨氣、氫氣、三甲基鎵（*trimethylgallium*； $TMGa$ ）、三乙基鎵、三甲基銦（*trimethylindium*； $TMIn$ ）、三乙基銦或有機金屬化合物關閉或降至低流量，因此表面之磊晶部分會產生很多空洞之凹部431。另外，尚可選擇待N型半導體材料層43形成後，再以蝕刻製程在N型半導體材料層43表面產生同樣之凹部431。

[0020] 然後於N型半導體材料層43上成長單層量子井（*single quantum well*； $SQW$ ）結構或多層量子井（*multiquantum well*； $MQW$ ）結構之共形主動層44，例如：二層至三十層之發光層/電障層（*barrier layer*）

之多層量子井疊層結構，而又以六層至十八層之疊層結構為較佳，該共形主動層44為發光二極體40主要產生光線之部分。該發光層可以是氮化鋁銦鎵  
( $\text{Al}_X\text{In}_Y\text{Ga}_{1-X-Y}\text{N}$ )及電障層可以是氮化鋁銦鎵  
( $\text{Al}_I\text{In}_J\text{Ga}_{1-I-J}\text{N}$ )，而且 $0 \leq X < 1$ 、 $0 \leq Y < 1$ 、 $0 \leq I < 1$ 及 $0 \leq J < 1$ ， $X+Y < 1$ 及 $I+J < 1$ ；又當 $X$ 、 $Y$ 、 $I$ 、 $J > 0$ ，則 $X \neq I$ 及 $Y \neq J$ 。又氮化銦鎵( $\text{InGaN}$ )/氮化鎵( $\text{GaN}$ )亦可作為發光層/電障層之材料。藉由N型半導體材料層43表面之凹部431，可釋放共形主動層44及N型半導體材料層43之間應力，故可增加共形主動層44之發光效率。此外，因係於N型半導體材料層43上形成凹部431，故不需要再增加不同材料的磊晶層或沉積金屬微凸部，所以不會減損底部各磊晶層之品質，亦不需採晶格常數匹配但犧牲磊晶品質之磊晶層作為N型半導體材料層43。

[0021] 在共形主動層44上形成至少一P型半導體材料層45，該P型半導體材料層45可以為摻雜鎂之氮化鎵與氮化銦鎵的疊層或摻雜鎂之氮化鋁鎵與氮化鎵超晶格結構加上摻雜鎂之氮化鎵等不同結構。另外，於N型半導體材料層43及P型半導體材料層45分別形成N型電極47及P型電極46之圖型，藉此可連接外部之電力。

[0022] 圖5(a)係本發明發光二極體之部分剖面示意圖。於基板41上依序形成緩衝層42及N型半導體材料層43，該N型半導體材料層43表面有複數個凹部431一平坦區432。凹部431之深度 $h$ 可以大於單一量子井層之厚度，及小於N型半導體材料層43之厚度。另外，凹部431之截面略呈倒梯形

，其上方開口之寬度W可大於 $0.1\ \mu\text{m}$ 及小於 $10\ \mu\text{m}$ 。

[0023] 圖5(b)係圖5(a)中部分發光二極體之上視圖。複數個凹部431之寬度W或直徑並非單一而是大小不一，不同尺寸之凹部431約略呈均勻或交錯分佈於N型半導體材料層43表面。

[0024] 本發明之技術內容及技術特點已揭示如上，然而熟悉本項技術之人士仍可能基於本發明之教示及揭示而作種種不背離本發明精神之替換及修飾。因此，本發明之保護範圍應不限於實施例所揭示者，而應包括各種不背離本發明之替換及修飾，並為以下之申請專利範圍所涵蓋。

#### 【圖式簡單說明】

[0025] 圖1係美國第US 6,345,063號專利之發光二極體之剖面示意圖；

[0026] 圖2係美國第US 6,861,270號專利之發光二極體之剖面示意圖；

[0027] 圖3係美國第US 7,190,001號專利之發光二極體之剖面示意圖；

[0028] 圖4係本發明三族氮化合物半導體發光二極體之剖面示意圖；

[0029] 圖5(a)係本發明發光二極體之部分剖面示意圖；以及

[0030] 圖5(b)係圖5(a)中部分發光二極體之上視圖。

#### 【主要元件符號說明】

[0031] 發光二極體：10、20、30

- [0032] 基材：11、21、31
- [0033] 緩衝層：12、32
- [0034] N型InGa<sub>N</sub>層：13
- [0035] 共形主動層：14、23、35
- [0036] 第一P型三五族氮化合物層：15
- [0037] 第二P型三五族氮化合物層：16
- [0038] P型電極：17、391
- [0039] N型電極：18、392
- [0040] N型氮化鋁鎵層：22
- [0041] P型氮化鋁鎵層：24
- [0042] 鎵微凸部：25
- [0043] N型披覆層：33
- [0044] AlN非平坦層：34
- [0045] P型披覆層：36
- [0046] 接觸層：37
- [0047] 透明電極：38
- [0048] 發光二極體：40
- [0049] 基板：41
- [0050] 緩衝層：42

- [0051] N型半導體材料層：43
- [0052] 共形主動層：44
- [0053] P型半導體材料層：45
- [0054] P型電極：46
- [0055] N型電極：47
- [0056] 凹部：431
- [0057] 平坦區：432

## 七、申請專利範圍：

- 1 . 一種三族氮化合物半導體發光二極體，包含：
  - 一基板；
  - 一第一型半導體材料層，包括一第一表面及一第二表面，其中該第一表面朝向該基板，該第二表面相對於該第一表面並具有複數個凹部，該複數個凹部具有不同尺寸，該複數個不同尺寸之凹部係呈交錯分佈；
  - 一共形主動層，係形成於該第二表面上及該複數個凹部內；以及
  - 一第二型半導體材料層，設於該共形主動層上。
- 2 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其另包含一介於該基板及該第一型半導體材料層間之緩衝層。
- 3 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該凹部之深度係大於該共形主動層中一量子井層之厚度，及小於該第一型半導體材料層之厚度。
- 4 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該凹部之上方開口的寬度係大於 $0.1\ \mu\text{m}$ 及小於 $10\ \mu\text{m}$ 。
- 5 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該凹部之開口寬度大於該凹部之底部寬度。
- 6 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該基材之材料係藍寶石、碳化矽(SiC)、矽、氧化鋅(ZnO)、氧化鎂(MgO)或砷化鎵(GaAs)。
- 7 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該共形主動層係單層量子井結構或多層量子井結構。
- 8 . 根據請求項7之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該

- 多層量子井結構係二層至三十層之發光層/電障層之疊層結構。
- 9 . 根據請求項7之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該多層量子井結構係六層至十八層之發光層/電障層之疊層結構。
  - 10 . 根據請求項8或9之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該發光層/電障層係氮化鋁銦鎵( $\text{Al}_X\text{In}_Y\text{Ga}_{1-X-Y}\text{N}$ )/氮化鋁銦鎵( $\text{Al}_I\text{In}_J\text{Ga}_{1-I-J}\text{N}$ )，其中 $0 \leq X < 1$ 、 $0 \leq Y < 1$ 、 $0 \leq I < 1$ 及 $0 \leq J < 1$ ， $X+Y < 1$ 及 $I+J < 1$ ；又當 $X$ 、 $Y$ 、 $I$ 、 $J > 0$ ，則 $X \neq I$ 及 $Y \neq J$ 。
  - 11 . 根據請求項8或9之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該發光層/電障層係氮化銦鎵( $\text{InGaN}$ )/氮化鎵( $\text{GaN}$ )。
  - 12 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該第一型半導體材料層係一N型半導體材料層，且該第二型半導體材料層係一P型半導體材料層。
  - 13 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該第一型半導體材料層係一N型氮化鎵摻雜矽薄膜。
  - 14 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其中該第二型半導體材料層可以是摻雜鎂之氮化鎵與氮化銦鎵的疊層，或者是摻雜鎂之氮化鋁鎵與氮化鎵超晶格結構加上摻雜鎂之氮化鎵的疊層。
  - 15 . 根據請求項1之三族氮化合物半導體發光二極體，其另包含於一第一型電極及一第二型電極，其中該第一型電極係設於第一型半導體材料層上，又該第二型電極係設於第二型半導體材料層上。
  - 16 . 一種三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，包含下

列步驟：

提供一基板；

於該基板上成長一第一型半導體材料層，其中該第一型半導體材料層包括一第一表面及一第二表面，該第一表面朝向該基板，該第二表面相對於該第一表面並具有複數個凹部，該複數個凹部具有不同尺寸，該複數個不同尺寸之凹部係呈交錯分佈；

成長一共形主動層於該第一型半導體材料層上；以及  
在該共形主動層上形成一第二型半導體材料層。

- 17 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該複數個凹部係藉由蝕刻製程形成於該第一型半導體材料層之第二表面。
- 18 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該複數個凹部係藉由控制供應該第一型半導體材料層長成之有機金屬化合物或氣體之流量而產生。
- 19 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該複數個凹部係藉由控制氮氣、氨氣、氫氣、三甲基鎵、三乙基鎵、三甲基銻或三乙基銻之流量而形成於該第二表面之空洞。
- 20 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該複數個凹部係藉由金屬有機化學氣相沉積製程產生。
- 21 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其另包含直接於該基板表面形成至少一緩衝層之步驟。
- 22 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方



- 法，其中該凹部之深度係大於該共形主動層中一量子井層之厚度，及小於該第一型半導體材料層之厚度。
- 23 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該凹部之上方開口的寬度係大於 $0.1 \mu\text{m}$ 及小於 $10 \mu\text{m}$ 。
- 24 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該共形主動層係單層量子井結構或多層量子井結構。
- 25 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該第一型半導體材料層係一N型半導體材料層，且該第二型半導體材料層係一P型半導體材料層。
- 26 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該第一型半導體材料層係一N型氮化鎵摻雜矽薄膜。
- 27 . 根據請求項16之三族氮化合物半導體發光二極體之製造方法，其中該第二型半導體材料層可以是摻雜鎂之氮化鎵與氮化銦鎵的疊層，或者是摻雜鎂之氮化鋁鎵與氮化鎵超晶格結構加上摻雜鎂之氮化鎵的疊層。

八、圖式：

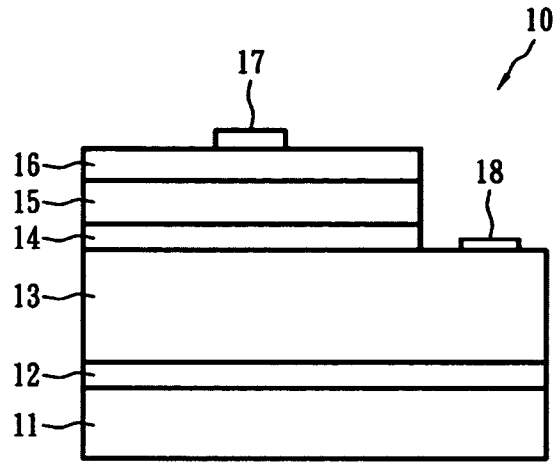


圖 1 (習知技藝)

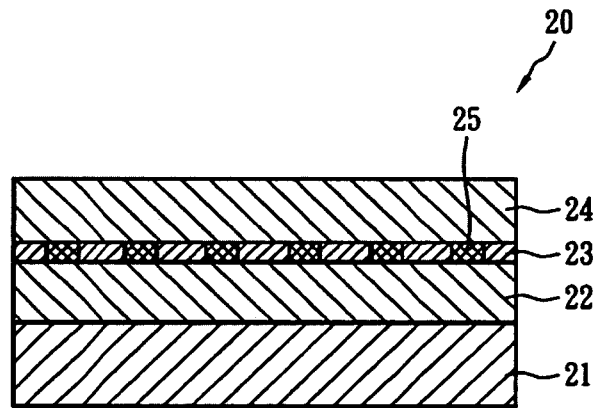


圖 2 (習知技藝)

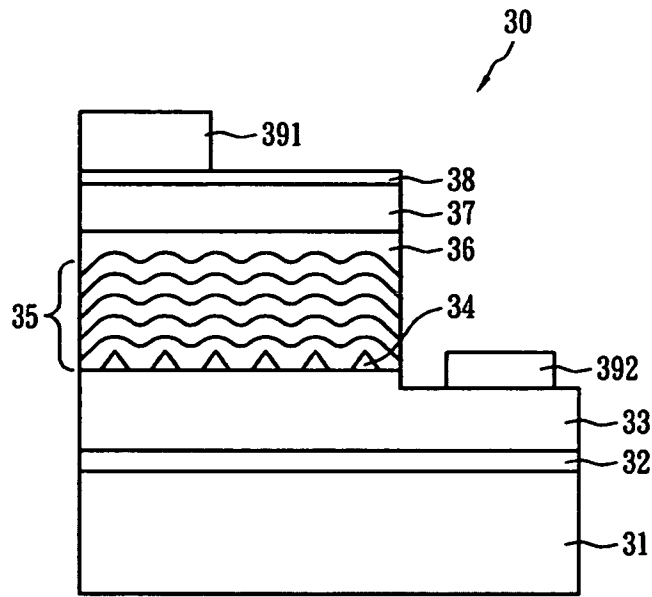


圖 3 (習知技藝)

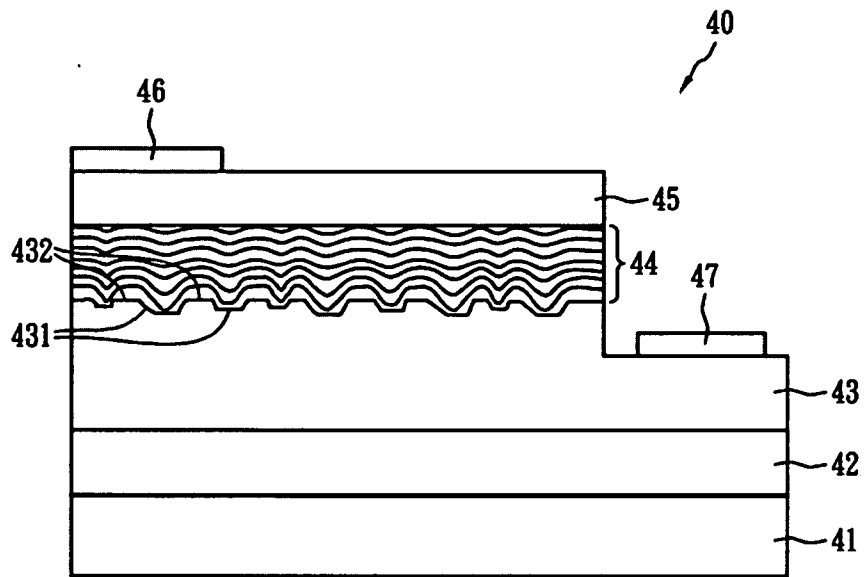


圖 4

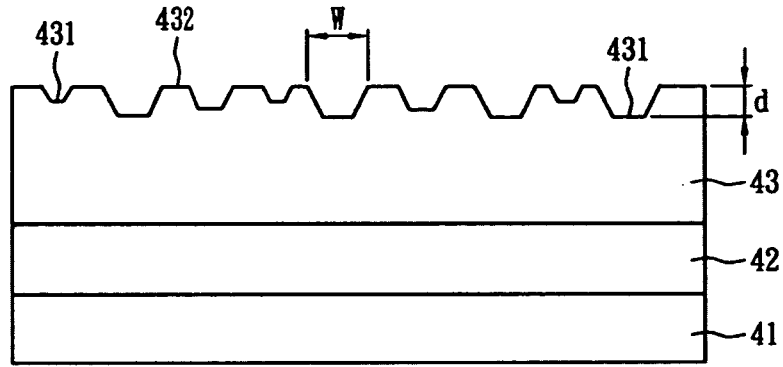


圖 5(a)

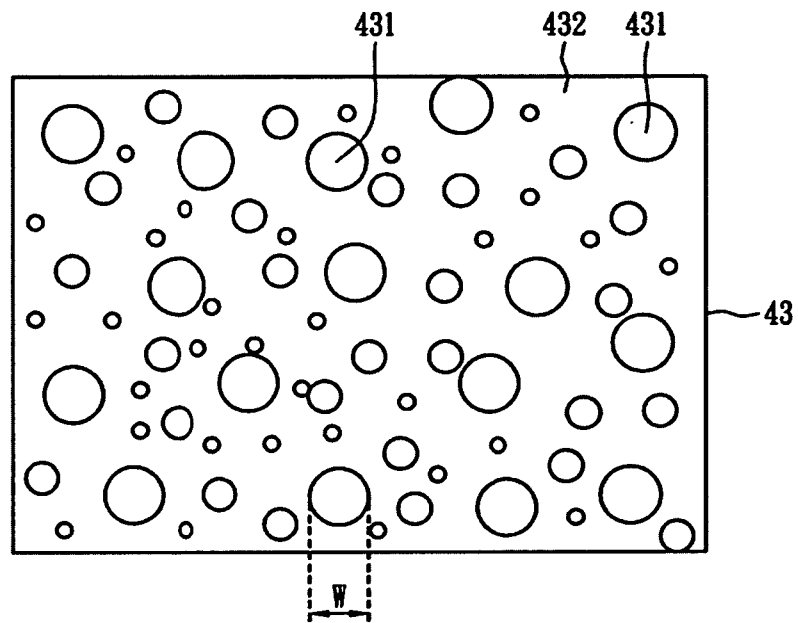


圖 5(b)