

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國/US 2005/1/11 11/032,881

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於發光二極體(Light Emitting Diodes, LED)，更明確而言，係有關於用以增強其光取出效率的新型 LED 結構。

【先前技術】

在轉換電能成為光能的固態裝置中，發光二極體(LED)為一重要類別。典型的 LED 在兩相異摻雜層之間設有半導體材料之活化層。當一偏壓橫跨施加於該摻雜層時，電洞及電子便注入活化層，它們在那裡重新結合並產生光。由活化層所產生的光朝向四面八方發射，且光線經由所有外露表面而逸出半導體晶片。

隨著半導體材料的改進，半導體裝置的效率亦隨之提升。如今，新型 LED 是由例如氮化銦鋁鎵(InAlGaIn)之類的材料所製成，其可在紫外及黃綠光譜上提供更佳的發光效率。相較於習知光源，許多新型的 LED 在將電能轉換成光能方面更有效率且更可靠。而隨著 LED 不斷地改進，它們也被期待在未來能夠在許多應用上取代習知光源，例如：交通號誌，室外及室內顯示器，汽車前照燈及後照燈，習知室內照明等。

習知的 LED 效率主要受限於無法發出其活化層所產生之所有光。當 LED 被供給能量後，由其活化層所發射出的光(朝所有方向)以各種不同角度到達 LED 的發光表面。相較於環境大氣($n=1.0$)或是封裝用的環氧樹脂($n \approx 1.5$)，典型的半導體材料具有更高的折射率($n \approx 2.2-3.8$)。依照司乃耳定律，光在低於某一臨界角(相對於表面法線方向)內由高折射率區域到達低折射率區域時，會穿越較低折射率的區域。然而到達表面的光若其入射角大於臨界角，那麼它不但無法穿越還會遭受到內部全反射(total internal reflection, TIR)。在 LED 的情況中，其 TIR 光可持續在 LED 內部進行反射直到被吸收為止。由於此現象，習知 LED 所產生的光大部分皆無法發射到外部，因此降低其效率。

減少 TIR 光比例的其中一方法為以隨機蝕紋 (random

texturing) 的形式在 LED 表面上建立光散射中心。隨機蝕紋係藉由在反應性離子蝕刻期間、於 LED 表面上使用次微米直徑之聚苯乙烯球體作為遮罩而加以圖案化於表面上。由於隨機干涉效應之故，該蝕紋表面具有光波長等級之特徵部，其反射以及折射光線皆不按照司乃耳定律之預測。已證明此方法能提升 9%至 30%的發光效率。

如美國專利第 6,821,804 號中所論述者：表面蝕紋的一項缺點在於其會阻礙有效電流在 LED 中散佈，如此會造成蝕紋電極層（例如：p 型氮化鎵(GaN)）之導電性不佳。在較小型裝置或是具有良好導電性的裝置中，來自 p 型層及 n 型層接點（面）的電流將遍佈各層；但就較大型裝置或是由具有不良導電性之材料所製成的裝置而言，電流無法從接點（面）遍佈於各層。因此，部分活化層將不會有電流通過，因而無法發光。為建立二極體區域各處之均勻電流注入，可將由導電材料製成的散佈層沉積在表面上。然而，此擴散層通常必須為光學透明，俾使光可穿透該層。然而在將隨機表面結構設於 LED 表面上時，並無法輕易地加以沉積一實際上為薄的且光學上為透明的電流散佈層。

從 LED 中提升光取出效率的另一方法為包含發光表面或內部介面之週期性圖案化，此舉可將光由內部限困角重新導向至由該表面之形狀及週期所決定的定義模式，詳見 Krames 等人之美國專利第 5,779,924 號。該技術為隨機蝕紋表面的一項特例，其中干涉效應不再是隨機毫無規則可循並且其表面可以將光導引至特定模式或方向上。然而該方法其中一項缺點是：由於表面形狀及圖案必須均勻且極微小，其尺度為 LED 光源之單一波長的等級，因此不易製造該結構。而在圖案上沉積如上所述的光學透明電流散佈層時亦呈現困難。

提升光取出效率亦已藉由將 LED 的發光表面塑造成在其中心處具有發光層之半球形來實現。儘管這種構造可以增加發光量，但卻不易製造。Scifres 及 Burnham 等人之美國專利第 3,954,534

號揭示了一種 LED 陣列的形成方法，其係在每一 LED 上方形成一個半球。該等半球係於基板中形成，而二極體陣列就生長於其上。接著將二極體以及透鏡結構由基板以蝕刻方式去除。此方法的一項缺點在於：基板介面處之結構其形成受到限制，且將該結構自基板剝除會提高製造成本。此外，每一半球上方還設有發光層，這需運用到精確製造技術。

美國專利第 5,793,062 號揭示一種增強 LED 光取出量之結構，其係藉由包含光學非吸收層而使光改向離開例如接點（面）一類的吸收區，並且將光重新導向 LED 表面。此結構其中一項缺點是：該非吸收層需要形成底切峽角（strait angle）層，其在許多材料系統中均難以製造。

美國專利第 6,821,804 號也討論到另一種增強光取出的方法。該方法為在 LED 發光表面上之薄膜金屬層內將光子耦合成表面電漿（surface plasmon）模式，光子再發射回輻射模式。該等結構端賴在該金屬層中將由半導體發射出之光子耦合成表面電漿，該表面電漿更進一步耦合成最後被萃取的光子。該裝置其中一項缺點是：由於週期性結構係具有淺溝槽深度（ $<0.1\ \mu\text{m}$ ）之一維刻線光柵，因此其不易製造。再者，可能是由於光子轉換成表面電漿以及表面電漿轉換至周圍光子的轉換機制缺乏效率，總內部量子效率非常地低（1.4-1.5%）。此結構亦於沉積上述電流層時，面臨到相同的難題。

如美國專利第 6,821,804 號更進一步提到者：可藉由使 LED 側面形成斜角以產生倒截形金字塔之方式來改良其光取出效率。該斜角表面為陷困在基板材料內部之 TIR 光提供一發光面，且已顯示利用該方法可使磷化銦鎵鋁（InGaAlP）材料系統之外部量子效率提升達 35%至 50%。此方法對於其中有非常大量的光陷困於基板中的裝置極為有效。對於生長在藍寶石基板上的氮化鎵（GaN）裝置而言，許多光係陷困在氮化鎵膜中，以致於使 LED 晶粒之側面形成斜角的方式並無法提供所期望之效率增加。另外還有一種提

升光取出效率的方法稱為光子循環。此方法端賴具有高效率活化層之 LED，其極容易將電子與電洞轉換成光，反之亦然。TIR 光反射離開 LED 表面並撞擊活化層，於此其轉換回一電子電洞對。由於活化層的效率非常高，所以電子電洞對幾乎立刻再轉換成光，且光再度以任意方向發射。一部份的循環光線會在低於臨界角內撞擊 LED 發光面其中之一，接著逸出，而反射回活化層的光則再次地經歷相同過程。

美國專利第 6,821,804 號揭示了一種 LED，其在該 LED 上或內部設有可增進其發光效率之光取出結構。該新型光取出結構提供了用以將光反射並折射進入更有利於光逃逸後進入封裝之方向的表面，該結構可以是光取出元件陣列或是具有比 LED 封裝材料更高折射率之色散層。光取出元件以及光色散層兩者可以具有多種不同之形狀，並且設置在電流散佈層上、磊晶層內或導電基板下方，以增加 LED 之效率，使其優於習知 LED。

【發明內容】

在一實施態樣中，吾人揭示了半導體發光二極體 (LED) 裝置的製造系統及方法，其係藉由：形成一 n 型氮化鎵 (n-GaN) 層；在該氮化鎵 (GaN) 層之表面上形成複數個球體；以及將該等球體固定在該氮化鎵 (GaN) 層之該表面上。

實施例可包含下列其中之一以上。一球體 7 位在 LED 的氧化銦錫 (ITO) 層及 p 型氮化鎵 (p-GaN) 層之間。球體 7 在氮化鎵上構成了有效的粗糙表面，以便從內部萃取更多的光出來。在一實施例中，球體 7 為一半徑約為 10nm~2 μ m 之次微米球體。須選擇球體的尺寸，以便在約 $1/2\lambda$ 下進行最佳光散射。在另一實施例中，球體 7 的折射率約為 2.4。適合製作該球體的材料包含例如：二氧化鈦 (TiO₂)、五氧化二鉭 (Ta₂O₅)、氧化鋯 (ZrO₂)、氧化鋅 (ZnO)、二氧化鈦 (HfO₂)、氮化鎵 (GaN)、氮化鋁 (AlN)、硒化鋅 (ZnSe)、以及氮氧化矽 (SiO_xN_y)。可利用各式各樣的塗佈方法將球體散佈在氮化鎵 (GaN) 表面 42 上，吾人可利用有機溶液來控制塗佈之球體密度。

球體密度可就亮度與電性間之取捨而加以控制及最佳化。藉由塗上鍍膜 9，球體 7 可以被固定在位置上。鍍膜 9 則可透過例如：CVD、PVD、電子束蒸鍍、旋轉塗佈或噴塗等各種技術來施以保角或非保角沉積。鍍膜 9 須對於 LED 之波長具有 80% 以上的透明度，並且一例示性鍍膜 9 可以是 ITO、或鎳(Ni)／金(Au)等材料。

就相同的晶片尺寸／功率消耗而言，該 LED 可以輸出更多的光；或假設在相同的光輸出需求下，該 LED 可以製造得更小，且此類較小尺寸消耗較少功率及空間，如此可節省成本。該 LED 可應用標準加工技術製造，使其相較於標準 LED 具有高度成本競爭力。

【實施方式】

如圖 1 所顯示，一垂直的 LED 具有一基板 10(典型上為銅、銅鎢合金、鈾、銅鈾合金、矽、砷化鎵或鍺)。在基板 10 上面，依序形成一過渡金屬多重層 12、一 p 型氮化鎵(p-GaN)層 14、一多重量子井(MQW)層 16、一 n 型氮化鎵(n-GaN)層 18。n 型電極 20 以及 p 型電極 22 接著形成在選定作為電極的區域上。球體 7 可以設置在 n 型氮化鎵層 18 上方，使平坦的 n 型氮化鎵(n-GaN)表面在不需複雜的 n-GaN 表面之化學蝕刻處理下便能實際上變得粗糙，以期萃取更多的光。

圖 2A 顯示光取出球體 7 之更詳細圖式。球體 7 係設置於 LED 的 ITO 層與 p 型氮化鎵(p-GaN)層之間的介面上。該球體 7 在氮化鎵(GaN)上建立有效粗糙表面，以由內部萃取出更多光。在一項實施例中，球體 7 為半徑約 30nm~1 μ m 之次微米球體。須選擇球體的尺寸，以便在約 $1/2\lambda$ 下進行最佳光散射。該球體也可以是聚合物球，與目前使用在 SEM 設備中作為校準用之球體類似。在另外一項實施例中，球體 7 的折射率約在 2.0~3 之間。適合製作該球體的材料包含例如：二氧化鈦(TiO₂)、五氧化二鈮(Ta₂O₅)、氧化鋇(ZrO)、氧化鋅(ZnO)、二氧化鈦(HfO₂)、氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)、硒化鋅(ZnSe)、以及氮氧化矽(SiO_xN_y)。有許多種方法可

用以將球體散佈於氮化鎵(GaN)表面。球體密度可就其亮度(Iv)以及電性(Vf)間進行取捨而加以控制及最佳化。例如：當鍍膜密度增加時，LED 亮度(Iv)與 Vf 也會增加。利用該球體 7，光輸出可較習知的 LED 結構增加達 30%以上。

該複數個球體 7 形成一內部光取出元件(LEE)陣列。形成之內部 LEE 陣列亦提供一呈現空間性變化的折射率。LEE 陣列是在 LED 生長製程期間形成的，當陣列形成後，LED 結構中剩餘的層便透過磊晶沉積技術生長在該陣列之上，以便將 LEE 陣列埋置在 LED 內部。這樣，其餘那些陷困在磊晶層或是基板內部的光線就可以透過與 LEE 陣列之交互作用形成散射並逸至 LED 外部。

圖 2A-1 顯示出晶圓上沉積了球體後的光反射效應。當光經由透明的或是半透明的鍍膜 9 離開氮化鎵(GaN)層後，光在淨空區域處經歷全反射，且當光遇到折射率匹配的球體時便被散射。圖 2A-2 顯示出即使在沒有鍍膜 9 時，也會呈現出相同效應。

如圖 2B 所顯示，將該複數個球體 7 係透過例如旋轉塗佈鍍膜或是噴塗鍍膜的濕式法（其中球體粉末係預先溶解並分散於有機或水溶液內）而直接地將其塗佈在 p 型或 n 型氮化鎵的頂層上，並整合成磊晶晶圓的一部份。另外一種方法是使用乾式製程，例如：靜電粉末鍍膜或者是其他透過空氣或氣體作為傳媒的方法。此外，可視需要在反應性離子蝕刻(Reactive Ion Etching, RIE)過程中決定是否添加該等球體作為遮罩，該遮罩能促使 GaN 形成更加粗糙的表面並進一步提升光取出效率。

圖 3 顯示出在載座上形成的一示例性 InGaN LED 其多重層磊晶結構，在一項實施例中載座可以是藍寶石基板。藍寶石基板上形成的多重層磊晶結構包含一 n 型氮化鎵基層(n-GaN based layer)42、一多重量子井(Multi-Quantum Well, MQW)活化層 44 以及一接觸層 46。該 n 型氮化鎵基底層可以是受過摻雜的 n 型氮化鎵基底層，舉一厚度約介於 2-6 微米間的 n 型氮化鎵基底層為例：在其摻雜矽後，可提升導電性。

MQW 活化層 44 可以是氮化銦鎵(InGaN)/氮化鎵(GaN) MQW 活化層。一旦電能於 n 型氮化鎵基底層 42 及接觸層 46 之間饋入，MQW 層便接著激發產生光。產生的光，其波長係介於 250nm 至 600nm 之間。p 型層可以是一 p⁺型氮化鎵基底層，例如：p⁺型氮化鎵層、p⁺型氮化銦鎵或是 p⁺氮化鋁銦鎵層，其厚度約介於 0.05-0.5 微米之間。台面定義製程實施後，接著在接觸層 46 之上形成的是反射接點(面) 48。反射接點(面) 48 可以是銀、鋁、ITO/銀、ITO、鋁、銻、鈮、鎳/銅、或其他種材料。球體 7 則是設置於 n 型氮化鎵(n-GaN)層 42 上。接著透過沉積例如：ITO 或是鎳/銅等材質的透明接觸層 40，將球體 7 覆蓋以得到良好的電流散佈及光取出率。

沉積一鈍化層 50 且施行黏附金屬沉積，以在鈍化層 50 上方所蝕刻出之視窗中形成一反射與黏附金屬 52(例如鈦以及鉻等)。鈍化層 50 係屬非導電性。黏附金屬 53 則形成一接觸表面，且一金屬載體層 60 覆蓋於其上。將一金屬薄層(鉻、鉻/金、鎳/金或其他種類)則透過電鍍製程覆蓋於該結構上，以作為在電鍍製程中之電極使用。然而，若是以無電製程、濺鍍或是磁濺鍍製程來取代電鍍製程，則鍍膜操作是不必要的。多重層磊晶結構係使用透過諸如電鍍或無電電鍍等技術而被鍍上一金屬載體層 60。透過無電電鍍，藍寶石基板以聚亞醯胺層、或是容易移除掉又不會造成藍寶石損壞的鍍層、或者是相當厚之無電電鍍金屬(例如鎳或銅等)加以保護。接下來，移除藍寶石基板。在 n 型氮化鎵(n-GaN)層 42 之上形成一 n 型電極 70 的圖案後，該垂直的 LED 便告完成。

圖 4 顯示出一典型包含有光取出球體之 LED 圖片。透過覆蓋能提供折射率匹配的粒子，例如：二氧化鈦(TiO₂)球體，可以有效地將氮化鎵表面加以粗化因而可以更有效地將光取出。效率之所以提昇係由於折射率能獲得更佳匹配之故，其中氮化鎵(GaN)約 2.4 而 TiO₂則為約 2.5。

儘管本發明已經參照某些較佳的實施例作了相當具體且詳細

的描述，然而還是可能存在有其他的變化形式。在另一項實施例中，氮化鎵(GaN)層的表面則是透過球體／圓球或濕式／乾式蝕刻技術來使表面加以粗化。對熟悉此項技藝人士而言，亦不難想像得到可利用該 LEE 陣列來形成其他可能的 LED 結構型態。透過 LEE 陣列和散佈層所形成的各種組合，該新型的 LED 可以呈現出不同的結構型態。LEEs 則可具有不同的形狀、尺寸、毗鄰間距，並且可置於不同位置。同樣地，該散佈層可利用不同材料製造並置於不同位置。因此，隨附的申請專利範圍其精神以及範疇不該只侷限於上述的較佳實施例。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示出一具有光取出球體的垂直 LED 實施例。

圖 2A 顯示一光取出球體之更詳細圖式。

圖 2A-1 以及圖 2A-2 顯示光取出球體之更詳細圖式。

圖 2B 顯示透過鍍膜方法散佈於 GaN 表面上的光取出球體之 200 倍光學照片。

圖 3 顯示設有光取出球體的第三 LED 實施例。

圖 4 顯示一光取出 LED 的掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。

【主要元件符號說明】

- 7 光取出球體
- 9 鍍膜
- 10 基板
- 12 過渡金屬多重層
- 14 p 型氮化鎵層
- 16 多重量子井(MQW)層
- 18 n 型氮化鎵層
- 20 n 型電極
- 22 p 型電極
- 40 透明接觸層
- 42 n 型氮化鎵基底層

44	多重量子井(MQW)活化層
46	接觸層
48	反射接點 (面)
50	鈍化層
52	反射與黏附金屬層
53	黏附金屬層
60	金屬載體層
70	n 型電極

五、中文發明摘要：

本發明揭示了半導體垂直發光二極體(Vertical Light Emitting Diode, VLED)裝置的製造方法，該裝置在其 n 型摻雜層與 p 型摻雜層之間設有一活化層；以及在該 VLED 裝置的 n 型摻雜層表面其上固定有複數個球體。

六、英文發明摘要：

Methods are disclosed for forming a vertical semiconductor light emitting diode (VLED) device having an active layer between an n-doped layer and a p-doped layer; and securing a plurality of balls on a surface of the n-doped layer to the VLED device.

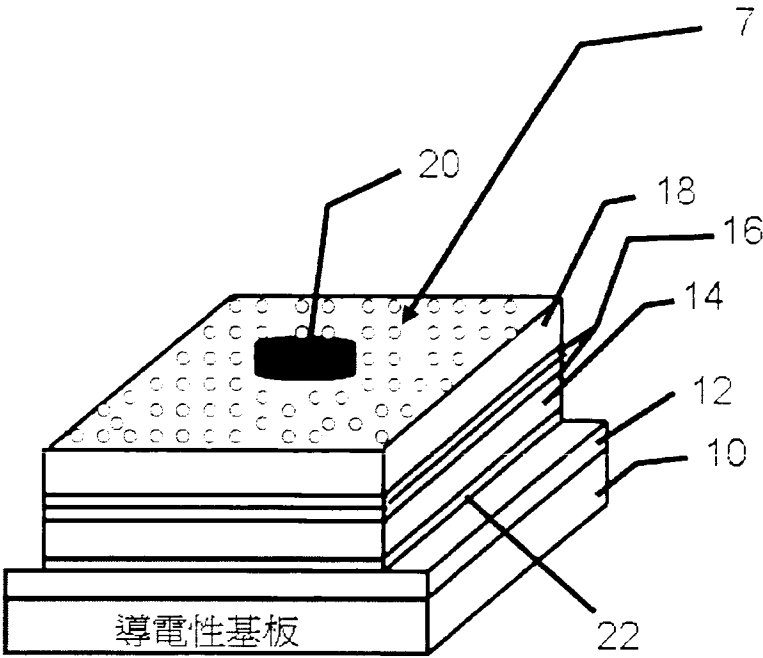


圖. 1

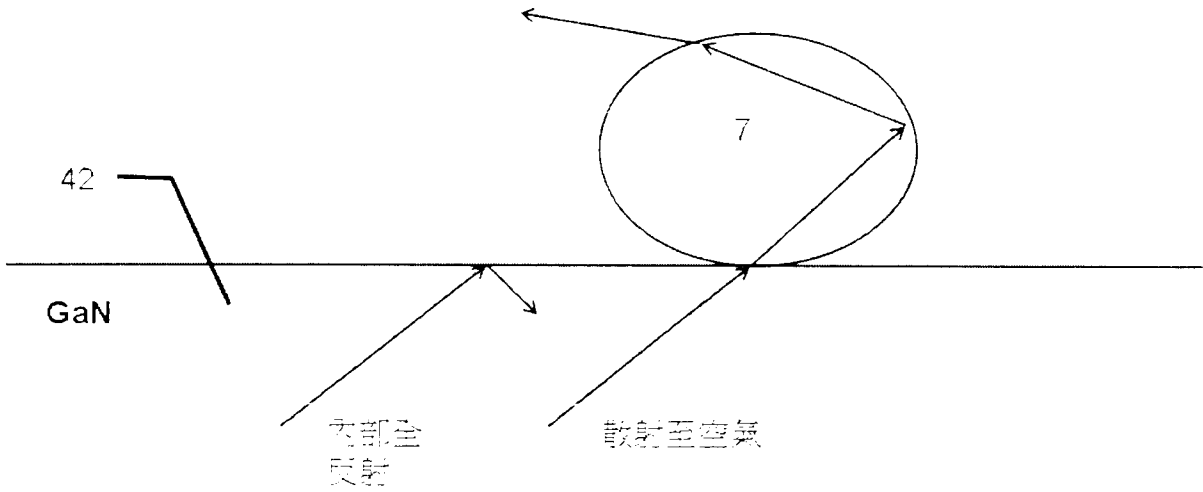


圖. 2A

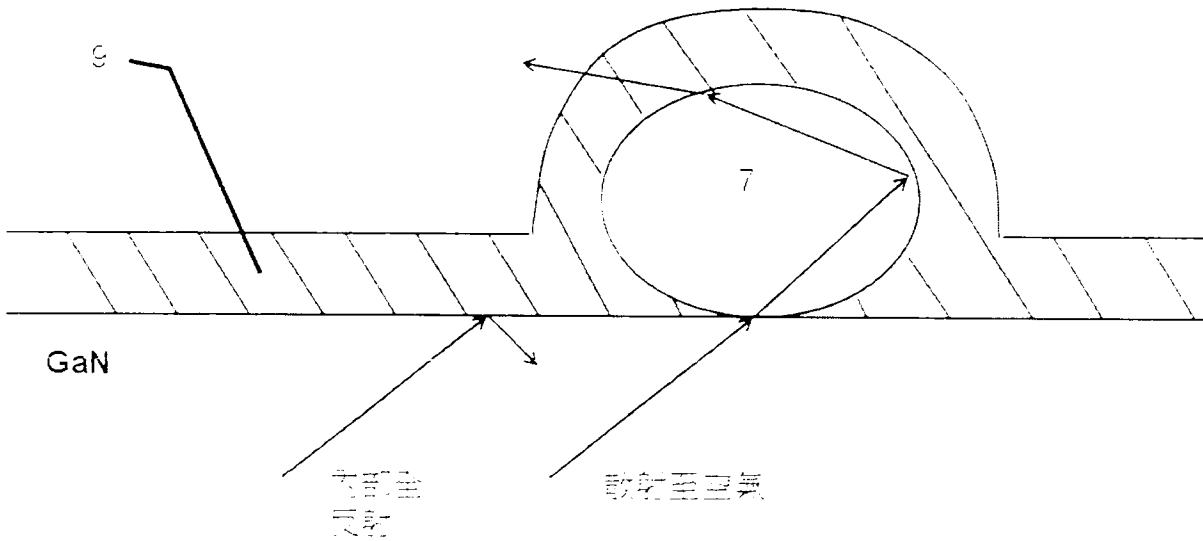


圖. 2A-1

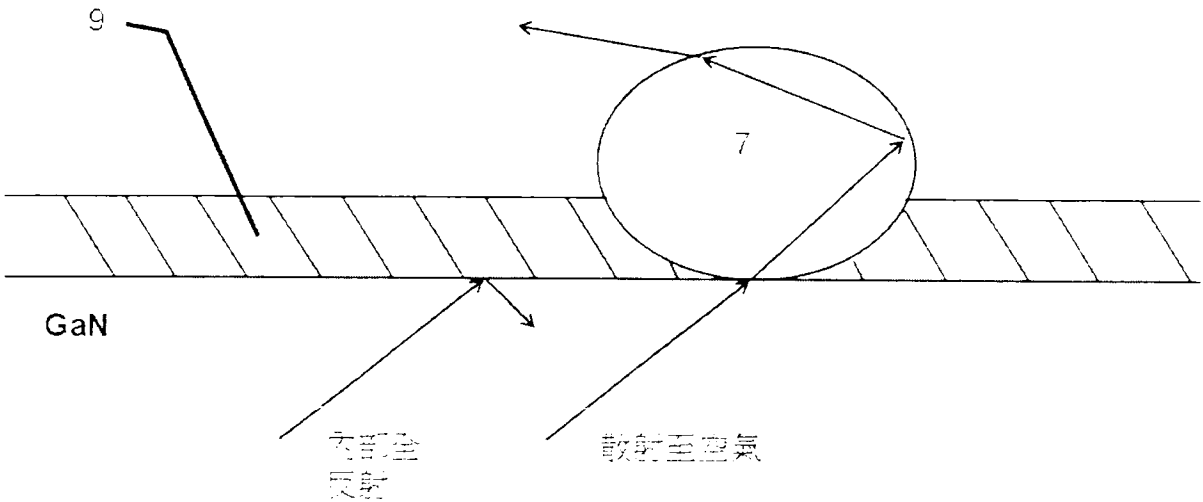


圖. 2A-2

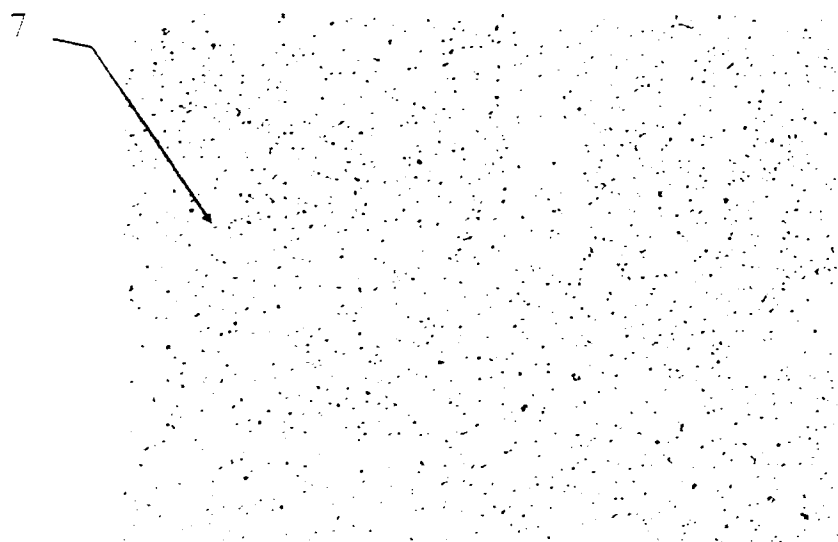


圖. 2B

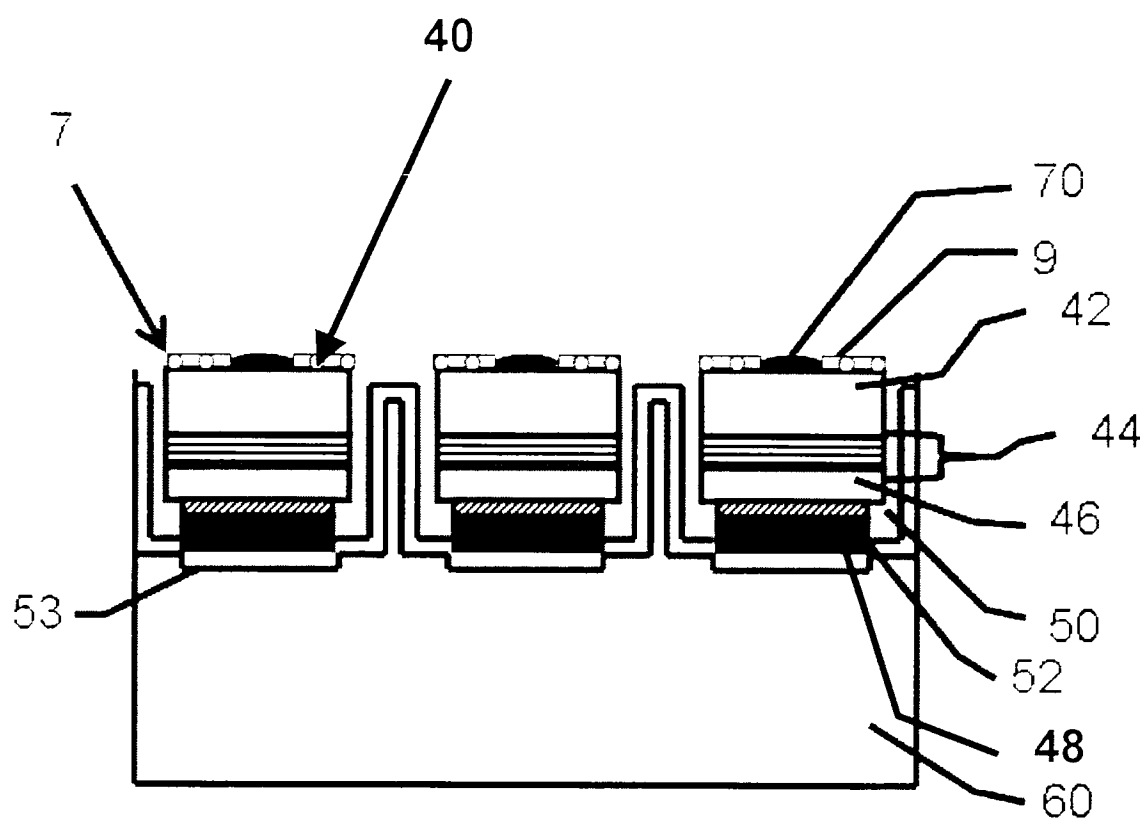


圖. 3

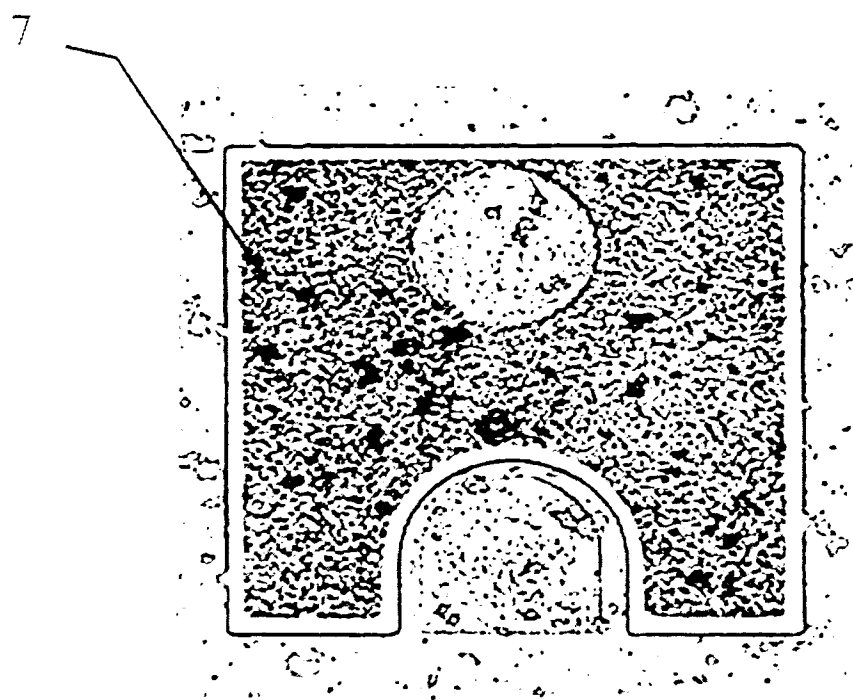


圖. 4

七、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：

- 7 光取出球體
- 10 基板
- 12 過渡金屬多重層
- 14 p 型氮化鎵層
- 16 多重量子井(MQW)層
- 18 n 型氮化鎵層
- 20 n 型電極
- 22 p 型電極

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

公告本

發明專利說明書

102年1月25日修正替換頁

(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：95/01031

※申請日期：95. 1. 11

※IPC分類：H01L 33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

垂直發光二極體之製造方法/METHOD OF MAKING A VERTICAL LIGHT
EMITTING DIODE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商旭明國際股份有限公司/SEMILEDS CORPORATION

代表人：(中文/英文) 段忠/DOAN, TRUNG TRI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國愛達荷州 83702-9006 波伊西市緬因街 999 號 1010 室/ 999 Main
Street, Suite 1010, Boise, ID 83702-9006, U.S.A.

國籍：(中文/英文) 美國/US

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 段忠/DOAN, TRUNG TRI

2. 陳長安/TRAN, CHUONG ANH

國籍：(中文/英文)

1. 美國/US 2. 美國/US

十、申請專利範圍：

1. 一種半導體垂直發光二極體(Vertical Light Emitting Diode, VLED)裝置之製造方法，包含步驟：

形成該 VLED 裝置的多重層磊晶結構，其包含一 n 型氮化鎵 (n-GaN) 層、一活化層、及一 p 型氮化鎵 (p-GaN) 層及一金屬載體層，其中，該 p 型氮化鎵層位在該活化層與該金屬載體層之間；以及

在該 VLED 裝置之該 n 型氮化鎵層的表面上設置複數個球體。

2. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含利用旋轉塗佈或是噴塗其中一項方法，將該等球體設置在該 VLED 裝置的該 n 型氮化鎵層上。

3. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含將該等球體固定在該 VLED 裝置的該 n 型氮化鎵層之該表面上。

4. 如申請專利範圍第 2 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含步驟：

在該等球體上施用半透明鍍膜。

5. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含步驟：

在該等球體上形成導電半透明鍍膜。

6. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體係平鋪於該 VLED 裝置的該 n 型氮化鎵層上。

7. 如申請專利範圍第 5 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該鍍膜對於該 VLED 裝置所發射之波長具有大於 80% 的透明度。

8. 如申請專利範圍第 3 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中固定該等球體之該步驟包含：

施用透明鍍膜固定該等球體。

9. 如申請專利範圍第 3 項的半導體垂直發光二極體裝置之製

造方法，其中固定該等球體之該步驟包含：

施用一導電性鍍膜固定該等球體。

10. 如申請專利範圍第 3 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中固定該等球體之該步驟包含：

對該球體進行噴塗鍍膜或是旋轉塗佈鍍膜處理。

11. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該等球體係散佈在一有機溶液中。

12. 如申請專利範圍第 3 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中固定該等球體之該步驟包含：

施用乾粉鍍膜。

13. 如申請專利範圍第 12 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含步驟：

施用靜電鍍膜以固定該等球體。

14. 如申請專利範圍第 5 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該鍍膜包含下列其一：氧化銦錫(Indium Tin Oxide, ITO)、鎳、金。

15. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含將該 VLED 裝置的該 n 型氮化鎵層之該表面粗糙化，以散射並取出來自內部的光，而使光由該 n 型氮化鎵層放射出來光取出。

16. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體包含次微米球體。

17. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體之半徑係介於約 10nm 與約 2 微米之間。

18. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中須選擇該球體之尺寸，以便在約 $1/2\lambda$ 下進行最佳光散射。

19. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體之折射率約介於約 2.0 與 3.0 之間。

20. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體之折射率大於約 2.3。

21. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體之折射率約等於該 n 型氮化鎵層之折射率。

22. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該球體包含下列其一：二氧化鈦(TiO_2)，五氧化二鉬(Ta_2O_5)，氧化鋯(ZrO)，氧化鋅(ZnO)，二氧化鈦(HfO_2)，氮化鎵(GaN)，氮化鋁(AlN)，硒化鋅(ZnSe)，以及氮氧化矽(SiO_xN_y)。

23. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該等球體係利用鍍膜法而散佈在該 VLED 裝置的該 n 型氮化鎵層表面。

24. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中形成該 VLED 裝置之該多重層磊晶結構之該步驟係使得由該 VLED 裝置所發射出的光通過該 n 型氮化鎵層。

25. 如申請專利範圍第 3 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中經固定的該等球體形成該 n 型氮化鎵層乾蝕刻用的遮罩。

26. 如申請專利範圍第 25 的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該 VLED 裝置之該蝕刻的 n 型氮化鎵層係增加 VLED 表面粗糙度，以由其內部萃取出更多的光。

27. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，其中該活化層為一多重量子井(Multi-Quantum Well, MQW)活化層。

28. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含利用物理氣相沉積(Physical Vapor Deposition, PVD)、化學氣相沉積(Chemical Vapor Deposition, CVD)、及電子束蒸鍍其中一項方法而於該等球體上沉積 ITO 層。

29. 如申請專利範圍第 1 項的半導體垂直發光二極體裝置之製造方法，更包含利用 PVD、CVD、或電子束蒸鍍其中一項方法而於

該等球體上沉積透明鍍膜。

30. 一種 VLED 裝置之製造方法，包含步驟：

形成一垂直發光二極體裝置，其在 n 型摻雜層以及 p 型摻雜層之間設有一活化層，其中，該 p 型摻雜層位在該活化層與一金屬載體層之間；以及

固定複數個球體於該 VLED 裝置之該 n 型摻雜層之表面上。

31. 如申請專利範圍第 30 項的 VLED 裝置之製造方法，更包含：於該固定步驟之前，將在該 VLED 裝置之該 n 型摻雜層上的表面粗糙化。

32. 如申請專利範圍第 31 項的 VLED 裝置之製造方法，其中該粗糙化係包含利用該固定之球體作為遮罩以對該 n 型摻雜層進行乾式蝕刻。

33. 如申請專利範圍第 30 項的 VLED 裝置之製造方法，其中每一該球體包含折射率約等於該 n 型摻雜層之折射率的次微米球體。

34. 如申請專利範圍第 30 項的 VLED 裝置之製造方法，其中該球體包含下列其一：二氧化鈦(TiO_2)，五氧化二鉭(Ta_2O_5)，氧化鋯(ZrO)，氧化鋅(ZnO)，二氧化鈦(HfO_2)，氮化鎵(GaN)，氮化鋁(AlN)，硒化鋅(ZnSe)，以及氮氧化矽(SiO_xN_y)。

35. 如申請專利範圍第 30 項的 VLED 裝置之製造方法，其中：該活化層包含一 MQW 活化層；

該 n 型摻雜層包含一 n 型氮化鎵層，用以由該 VLED 裝置發射光；以及

該 p 型摻雜層包含一 p 型氮化鎵層。

36. 如申請專利範圍第 30 項的 VLED 裝置之製造方法，更包含：

形成一電極，與該 n 型摻雜層電連接；以及

形成一電極，與該 p 型摻雜層電連接。

37. 一種 VLED 裝置之製造方法，包含：

形成一 MQW 活化層，該活化層係位在垂直發光二極體的 n 型氮化鎵層以及 p 型氮化鎵層之間；

形成一金屬載體層，使該 p 型氮化鎵層位在該活化層與該金屬載體層之間；

固定複數個球體於該 n 型氮化鎵層；以及

形成分別與該 n 型氮化鎵層以及該 p 型氮化鎵層通電之對向電極。

38. 如申請專利範圍第 37 項的 VLED 裝置之製造方法，其中該 n 型氮化鎵層具有粗糙化表面，該複數個球體係固定於該粗糙化表面。

39. 如申請專利範圍第 37 項的 VLED 裝置之製造方法，其中光線係由該 VLED 裝置發出並通過該 n 型氮化鎵層，該 n 型氮化鎵層上具有固定著該等球體之一表面。