



(21)申請案號：100120343

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 10 日

(51)Int. Cl. : **H01L25/13 (2006.01)**

(71)申請人：長庚大學(中華民國) CHANG GUNG UNIVERSITY (TW)

桃園縣龜山鄉文化一路 259 號

(72)發明人：張連璧 CHANG, LIANN BE (TW)；陳俊宇 (TW)

(74)代理人：林火泉

(56)參考文獻：

US 5965907

US 6100103

US 2007/0262339A1

審查人員：徐依屏

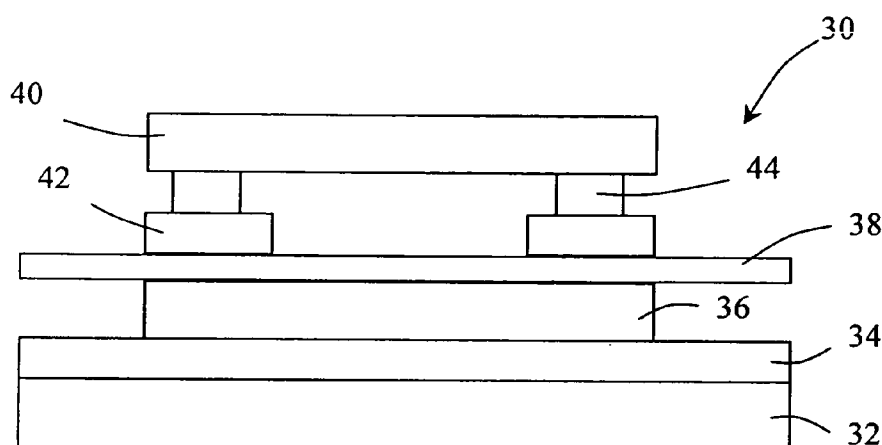
申請專利範圍項數：12 項 圖式數：7 共 0 頁

## (54)名稱

立體堆疊發光二極體的製作方式及裝置

## (57)摘要

本發明提供一種立體堆疊發光二極體及其製作方法。本發明之立體堆疊發光二極體，其包含有一基板；至少一堆疊於基板上的第一發光二極體；以及至少一堆疊於第一發光二極體上的第二發光二極體，第一發光二極體之能隙小於第二發光二極體之能隙。本發明利用能隙較高，波長較短的材料可以被能隙較低，波長較長的材料所發出的光穿透並混合一起發出之特性，搭配三度空間的堆疊的形式，來構成一種嶄新的混光的發光裝置，以發出所需要的光。



第2 (a) 圖

- 30 . . . 立體堆疊發光二極體
- 32 . . . 基板
- 34 . . . 反射層
- 36 . . . 第一發光二極體
- 38 . . . 第一可透光材
- 40 . . . 第二發光二極體
- 42 . . . 第一導電層
- 44 . . . 第一凸塊

# 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：(60)20347

(2006.01)

※申請日：100.6.10

※IPC 分類：H01L 25/13

## 一、發明名稱：(中文/英文)

立體堆疊發光二極體的製作方式及裝置

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種立體堆疊發光二極體及其製作方法。本發明之立體堆疊發光二極體，其包含有一基板；至少一堆疊於基板上的第一發光二極體；以及至少一堆疊於第一發光二極體上的第二發光二極體，第一發光二極體之能隙小於第二發光二極體之能隙。本發明利用能隙較高，波長較短的材料可以被能隙較低，波長較長的材料所發出的光穿透並混合一起發出之特性，搭配三度空間的堆疊的形式，來構成一種嶄新的混光的發光裝置，以發出所需要的光。

## 三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 2(a) ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

30 立體堆疊發光二極體

32 基板

34 反射層

36 第一發光二極體

38 第一可透光材

40 第二發光二極體

42 第一導電層

44 第一凸塊

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】

本發明係有關一種發光二極體及其製作方法，特別是指一種立體堆疊發光二極體及其製作方法。

### 【先前技術】

發光二極體(LED)是1960年代所發展的一種特殊的半導體二極體形式。最簡單的發光二極體型態包括由p-型半導體與n-型半導體之間所形成的pn接面(pn junction)。當電流通過上述pn接面時，便產生電荷載子，即電子與電洞。於此過程中，電子與電洞結合而以光子(photon)形式釋放出能量。現今之高效能發光二極體(LED)更包括有一或多層之發光層，其係夾置於p-型與n-型半導體區域之間，以改善發光效能。上述的一或多層之發光層係用以獲致所欲之發光波長。發光二極體之基本結構包括小塊的上述材料疊層，通稱做晶粒(die)。晶粒可置於框架(frame)或基板(baseboard)上，供電性接觸或機械性承載，並且膠封以保護。

就發光二極體而言，發光波長決定於發光材料層的能隙(band-gap)的能量差。適合做為發光層材料的化合物半導體具有相對應於近紅外線、可見光、或近紫外光的能隙。銦磷化鋁鎵( $\text{AlGaInP}$ )係典型用於發光二極體的材料之一，因其具有高量子發光效能，即高亮度，與可調變顏色的特性。 $(\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x})_{1-y} \text{In}_y \text{P}$ 合金系統的能隙變化，隨著化合物中x與y值而定。 $\text{AlGaInP}$ 發光二極體的顏色範圍介於綠光至紅光之間。 $\text{AlGaInP}$ 發光二極體必須製作於晶格匹配之砷化鎵( $\text{GaAs}$ )基板上，利用磊晶成長製程，例如有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD)形成。

於1990年代，氮化鎵( $\text{GaN}$ )系的紫光、藍光及綠光LED相繼被研發出。氮化鎵系直接能隙半導體，其能隙之能階差值大抵為3.4電子伏特(eV)。於氮化鎵中電子-電洞再結合所發出光子的波長為360nm，

亦即於紫外光的範圍。可見光波長（綠光、藍光、與紫光）的 LED 可使用由  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  做為發光層，且夾置於 p-型 GaN 層與 n-型 GaN 層之間。 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  LED 系統的發光波長  $\lambda$  變化，隨著化合物中  $z$  值而定。例如，對純藍光（波長  $\lambda=470\text{nm}$ ）而言， $z$  值等於 0.2。同樣地，氮化鎵發光二極體必須製作於晶格匹配之藍寶石 (sapphire) 或碳化矽 (SiC) 基板上，利用磊晶成長製程，例如有機金屬化學氣相沉積法形成。

許多習知技藝致力研發於以白光 LED 取代傳統的光源。目前白光 LED 可由以下各種方式達成：

(1). 設置分離獨立的紅光、綠光、及藍光 LED 於一“光源”中，並且藉由各種光學元件混合上述分離獨立 LED 所發出的紅光、綠光、及藍光。然而，由於不同顏色的 LED 所需的操作電壓不同，因而需要多重控制電路。再者，不同顏色的 LED 的壽命亦彼此不同。長時間使用後，當有 LED 退化或失效，其混合的光也會明顯的改變。

(2). 藉由磷光材料將部分短波長的光轉換成長波長的光。最常使用的方法之一是將黃色磷光粉設置於藍光 InGaN LED 晶片的周圍。黃色磷光粉的材質係銫 (Ce) 摻雜於鈮鋁石榴石 (yttrium aluminum garnet) 晶體中，即 YAG:Ce。部分的 InGaN LED 晶片所發出的藍光被 YAG:Ce 轉換成黃光。然而，上述方法所產生的白光僅包含兩種顏色：藍光與黃光。此種光源適用於指示燈。

(3). 為產生白光，利用極短波長 LED 所產生的 UV 光以激發多磷光材料產生不同顏色的光混合。此方法的缺點係 UV LED 的壽命相對其他 LED 短。尤有甚者，LED 所發出 UV 光對人體有害，目前大部分的封裝材料仍無法完全有效的阻隔 UV 輻射。

習知技術中已經發展出許多具高效能及色度佳的白光 LED 光源。舉例來說，Guo 等人於“Photon-Recycling for High Brightness LEDs”，compound semiconductor 6(4) May/June, 2000 中揭露光子再利用的概念以產生高亮度的白光 LED。光子再利用係一種短波長的

光子被一種發射材料吸收的過程，上述發射材料能再釋放出長波長的光子。基本上，光子再利用半導體(photon recycling semiconductor, PRS)發光二極體可有效的發出白光亮度至 330 lumen/watt。然而，PRS-LED 的缺點係其極低的色彩轉換指數(color-rendering index)。

Guo 等人所提供的雙色 PRS-LED 包括一第一色光源及一第二色光源。該第二色光源具有一第二發光層。該第一色光源係用以產生藍光。產生的藍光指向該第二發光層，致使部分的藍光被吸收且在再發光(re-emitting)的過程中產生黃光。基本上，PRS-LED 所產生的雙色光子類似於磷光材料塗佈之 LED。然而，不同於磷光材料塗佈的 LED 是該第二發光源包括磷光半導體材料(AlGaInP)；直接鍵結於第一發光源晶圓上。因此，於晶圓上直接製作雙色 PRS-LED 得以實現。

第 1 圖是習知技術之 PRS-LED 結構的剖面示意圖。於第 1 圖中，PRS-LED 結構 10 包括一透明的基板 12，例如藍寶石基板。第一色光源及第二色光源位於基板 12 的相對面上。第一色光源包括一 p-型 GaN 層 14、一由 InGaN 所構成的主動層 16、及一 n-型 GaN 層 18，上述各層係利用磊晶成長於基板 12 上。第二色光源包括 AlGaInP 層 22。該 AlGaInP 層 22 係磊晶成長於一 GaAs 基板(圖中未示)上，然後藉由黏結材料 24 黏結於基板 12 上。GaAs 基板後續藉化學輔助研磨(chemical-assisted polishing)法及選擇性濕蝕刻法移除。接著，圖案化該第一色光源，並由鋁材構成的 n-型接觸 26 與 p-型接觸 28。n-型接觸 26 是沉積於 n-型 GaN 層 18 區域上。p-型接觸 28 是沉積於 p-型 GaN 層 14 區域上。

第一色光源之輸出係由電流注入主動層 16 所產生，第一色光源的波長大約為 470nm (藍光)。於操作時，部分的第一色光源所發出的光子被 AlGaInP 層 22 吸收，並且再發光(或再利用)成具有較長波長的光子型態。而該 AlGaInP 層 22 的組成係可選用能使“再發光”光子型態的波長大約為 570nm (黃光)。由於第一色光源與第二色光源的發光顏色為互補，因此結合後的光輸出對人的肉眼而言為白光。但就上述

PRS-LED 的結構而論，所發出的白光包括 470nm 的藍光及 570nm 的黃光，其中並不包含 650nm 紅光，導致演色性較差。

有鑑於此，本發明遂針對上述習知技術之缺失，提出一種展新的立體堆疊發光二極體及其製作方法，以有效克服上述之該等問題。

### 【發明內容】

本發明之主要目的在提供一種立體堆疊發光二極體及其製作方法，其利用能隙較高，波長較短的材料可以被能隙較低，波長較長的材料所發出的光穿透並混合一起發出之特性，再搭配三度空間的堆疊的形式，來構成一種嶄新的混光的發光裝置，以發出所需要的光。

本發明之另一目的在提供一種立體堆疊發光二極體及其製作方法，其能有效提高單位面積密集度。

本發明之再一目的在提供一種立體堆疊發光二極體及其製作方法，其結構與製作較為簡單，整體成本也較低。

為達上述之目的，本發明提供一種立體堆疊發光二極體，其包含有一基板；至少一堆疊於基板上的第一發光二極體；以及至少一堆疊於第一發光二極體上的第二發光二極體，第一發光二極體之能隙小於第二發光二極體之能隙。

本發明尚提出一種製作上述之立體堆疊發光二極體的方法，其步驟包含有：先提供一基板；於基板上堆疊至少一第一發光二極體；提供一第一可透光材，於第一可透光材上堆疊至少一第二發光二極體；以及將第一可透光材接合於第一發光二極體上，其中第一發光二極體之能隙小於第二發光二極體之能隙。

底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

### 【實施方式】

本發明之立體堆疊發光二極體及其製作方法是利用能隙較高，波長較短的材料可以被能隙較低，波長較長的材料所發出的光穿透並且混合一起發出，以及空間上三度空間的堆疊的形式，來形成一種混光

的發光裝置，以發出所需要的光，因此不同於一般的平面上混光的發光二極體。

因本發明之立體堆疊發光二極體的結構須按照一定的順序來排列，需考慮上層之發光二極體，是否會對下層之發光二極體造成光線之阻擋與吸收，而平面型則無此顧慮，因此本發明之立體堆疊發光二極體需按一定的排列組合，愈上方之發光二極體的能隙必需愈寬，假設最上層的發光二集體的能隙為  $E_{g1}$ ，其次為  $E_{g2}$ ， $E_{g3}$ ， $E_{g4}$ ... 等等，而本發明的結構之所需條件為  $E_{g1} > E_{g2} > E_{g3} > E_{g4}$ ... 等，按照這種發光方式，根據物理學裡的定理，能隙越大的發光二極體波長較短，換言之說愈上方之發光二極體的能隙愈大，被其吸收光的能量愈高，而對於波長較長的光因為其能量不高，故較不易被吸收，因此對於能量較低也就是波長較長之光源，對於能隙較大的短波長發光二極體來說是透明的，因為透明便可以使能量較低也就是波長較長之光源直接穿透。

#### 實施方式

舉例來說，將二種以上之發光二極體加以組合後就可以發出各種不同的光色，這種方式雖然與平面式的封裝方式相同，但是本案可以使其更為密集，就單位面積可產生各種不同波長，如此一來就可作到面積較小，就現今目前科技進步中，體積小型化是非常重要的關鍵，輕薄短小更是各種電子產品未來發展的方向，本案所揭示之堆疊式發光二極體即符合以上特點。

下列實施例中所提到的堆疊之方式可以選擇性的利用晶圓接合 (wafer bonding) 或覆晶技術 (Flip-Chip) 來完成。

請參閱第 2 (a) 圖，其係本發明之立體堆疊發光二極體的一實施例示意圖。如圖所示，本發明之立體堆疊發光二極體 30 包含有一基板 32，其表面上設有一反射層 34，例如金屬層；至少一堆疊於基板 32 之反射層 34 上的第一發光二極體 36；一第一可透光材 38，其係堆疊於第一發光二極體 36 上，第一可透光材 38 之表面上堆疊有至少一第



二發光二極體模組 40，其中第一發光二極體 36 之能隙小於第二發光二極體 40 之能隙。

再者，第一可透光材 38 頂面設置有一第一導電層 42，以與第二發光二極體 40 形成電性連接。此達成電性連接之接合方式可如圖所示於第二發光二極體 40 底面設置有至少一凸塊 44，以覆晶方式接合於第一導電層 42 上。

在第一發光二極體 36 與第二發光二極體 40 的選用上，舉例來說，當第一發光二極體 36 為紅光發光二極體時，第二發光二極體 40 為黃光發光二極體，如此將可以發出暖白光。當第一發光二極體 36 為綠光發光二極體時，第二發光二極體 40 為藍光發光二極體，如此將可以發出冷白光。當第一發光二極體 36 為紅光發光二極體或琥珀色發光二極體時，第二發光二極體 40 為藍光發光二極體，如此將可以發出冷白光。

以第 2(a) 圖之實施例為範例時，其製程步驟如第 2(b) 圖所示，先步驟 S1 所述，提供一基板 32；如步驟 S2 所述，於基板上成長一反射層 34；如步驟 S3 所述，於基板 32 之反射層 34 上堆疊至少一第一發光二極體 36；如步驟 S4 所述，提供一第一可透光材 38，並於第一可透光材 38 上堆疊至少一第二發光二極體 40，此處的堆疊方式可以利用覆晶技術，也就是於第二發光二極體 40 底面設置有第一凸塊 44，第一可透光材 38 表面設有第一導電層 42，利用第一凸塊 44 與第一導電層 42 形成電性接合；最後，如步驟 S5 所述，將第一可透光材 38 底面接合於第一發光二極體 36 上。

請參閱第 3(a) 圖，其係本發明之立體堆疊發光二極體的另一實施例示意圖。此實施例與第 2(a) 圖的差異在於更包含有一第二可透光材 46，且第二可透光材 46 上設有至少一第三發光二極體 48，第二可透光材 46 係堆疊於第二發光二極體 40 上，第二發光二極體 40 之能隙小於第三發光二極體 48 之能隙。上述之第二可透光材 46 頂面設置有一第二導電層 50，第二發光二極體 40 底面設置有至少一凸塊 52，以形成覆晶接合。

製作第 3 (a) 圖之步驟則如第 3 (b) 圖所示，其與第 2 (b) 圖之步驟差異在於更包含有一步驟 S6 與一步驟 S7。步驟 S6 係提供一第二可透光材 46，於第二可透光材 46 上堆疊至少一第三發光二極體 48。隨後，步驟 S7 所述，將第二可透光材 46 之堆疊於第二發光二極體 40 上。

在此實施例中，當第一發光二極體 36 為紅光發光二極體，第二發光二極體 40 為綠光發光二極體，第三發光二極體 48 為藍光，如此將可以發出正白光、暖白光或冷白光。

當第一發光二極體 36 為混合色發光二極體，第二發光二極體 40 為綠光發光二極體，第三發光二極體 48 為藍光發光二極體，如此將可以混出冷白發光元件。

請參閱第 4 圖，其係本發明之立體堆疊發光二極體的另一實施例示意圖。此實施例與第 2 (a) 圖的差異在於第一發光二極體 36 之表面上更塗佈有一螢光粉層 54。

舉例來說，第一發光二極體 36 為藍光發光二極體，螢光粉層 54 為黃光螢光粉層，第二發光二極體 40 為紅光或琥珀色發光二極體，如此將可以發出冷白光。

請參閱第 5 圖，其係本發明之立體堆疊發光二極體的另一實施例示意圖。此實施例係用以說明除了採單一發光二極體晶粒封裝以外，更可以使用多晶粒組合以符合目前的固態照明的需求。例如圖示中，第一發光二極體 36、第二發光二極體 40 與第三發光二極體 48 皆採三個晶粒組合。

此外，利用覆晶技術來堆疊時，是利用凸塊結合晶片，相較於習知發光二極體利用打線接合的方式，較方便結合晶片、導電亦較容易，且因為利用覆晶技術是將發光二極體晶片倒裝，因此被電極擋住出光的面積減少，因此出光效率也會增加。

綜上所述，本發明是一種嶄新的立體堆疊發光二極體及其製作方法，其係利用光子傳輸結構 (photon transmission structure)，有

別於利用”光子再利用半導體(photon recycling semiconductor, PRS)”的立體封裝結構。本發明之光子傳輸結構是利用能隙較高，波長較短的材料所發出的光可以被能隙較低，波長較長的材料穿透並且混合一起發出。此外本發明不只可以使用兩種光源混合發出白光，並且可以利用三原色紅，綠，藍來混出演色性較佳的白光。

本發明可藉由調整所搭配之發光二極體，以產生所需的各種波長光線，且相較於傳統平面配置多種顏色發光二極體面積小，在單位面積上也能配置更多發光二極體，因此可有效提升整體的經濟效益、導電性以及亮度較佳，電子電洞對配較為容易，使得本發明之結構在製造上較為簡單，整體成本也較低。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖是習知技術之 PRS-LED 結構的剖面示意圖。

第 2 (a) 圖是本發明之立體堆疊發光二極體的一實施例示意圖。

第 2 (b) 圖是製作第 2 (a) 圖之立體堆疊發光二極體的步驟流程圖。

第 3 (a) 圖是本發明之立體堆疊發光二極體的一實施例示意圖。

第 3 (b) 圖是製作第 3 (a) 圖之立體堆疊發光二極體的步驟流程圖。

第 4 圖是本發明之立體堆疊發光二極體的另一實施例示意圖。

第 5 圖是本發明之立體堆疊發光二極體的另一實施例示意圖。

#### 【主要元件符號說明】

10 PRS-LED 結構

12 基板

14 p-型 GaN 層

16 主動層

18 n-型 GaN 層

22 AlGaInP 層

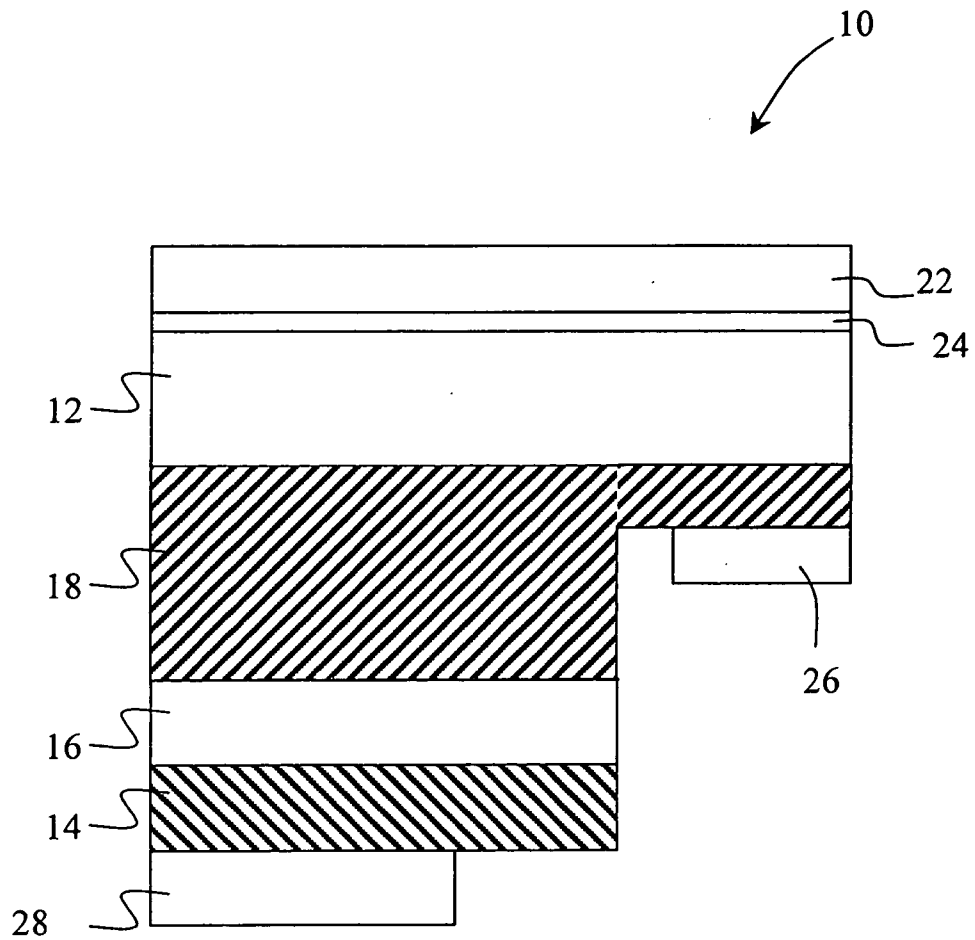
- 24 黏結材料
- 26 n-型接觸
- 28 p-型接觸
- 30 立體堆疊發光二極體
- 32 基板
- 34 反射層
- 36 第一發光二極體
- 38 第一可透光材
- 40 第二發光二極體
- 42 第一導電層
- 44 第一凸塊
- 46 第二可透光材
- 48 第三發光二極體
- 50 第二導電層
- 52 凸塊
- 54 螢光粉層

## 七、申請專利範圍：

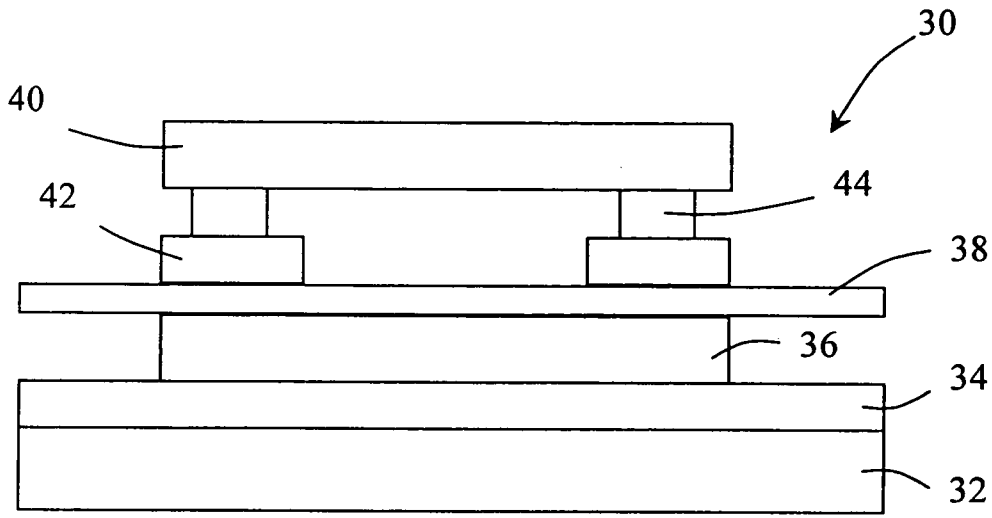
1. 一種立體堆疊發光二極體，其包含有：  
一基板；  
至少一第一發光二極體，其係堆疊該基板上；以及  
至少一第二發光二極體，其係堆疊於該第一發光二極體上，該第一發光二極體之能隙小於該第二發光二極體之能隙，該第一發光二極體與該第二發光二極體間設有一第一可透光材，該第一可透光材頂面設置有一第一導電層，以與該第二發光二極體電性連接，且沒有設置濾光片。
2. 如請求項 1 所述之立體堆疊發光二極體，其中該基板設有一反射層。
3. 如請求項 1 所述之立體堆疊發光二極體，其中該第二發光二極體底面設置有至少一凸塊，以接合於該第一導電層上。
4. 如請求項 1 所述之立體堆疊發光二極體，更包含有一第二可透光材，該第二可透光材上設有至少一第三發光二極體，該第二可透光材係堆疊於該第二發光二極體上，該第二發光二極體之能隙小於該第三發光二極體之能隙。
5. 如請求項 4 所述之立體堆疊發光二極體，其中該第二可透光材頂面設置有一第二導電層，以與該第三發光二極體電性連接。
6. 如請求項 5 所述之立體堆疊發光二極體，其中該第三發光二極體底面設置有至少一第二凸塊，以接合於該第二導電層上。
7. 如請求項 1 所述之立體堆疊發光二極體，其中該第一或第二發光二極體之最上側塗佈有一螢光粉層。
8. 一種立體堆疊發光二極體的製作方法，其包含有下列步驟：

- a. 提供一基板；
  - b. 於該基板上堆疊至少一第一發光二極體；
  - c. 提供一第一可透光材，該第一可透光材上形成一第一導電層，其上堆疊至少一第二發光二極體，該第一導電層與該第二發光二極體電性連接；  
以及
  - d. 將該第一可透光材接合於該第一發光二極體上，其中該第一發光二極體之能隙小於該第二發光二極體之能隙。
9. 如請求項 8 所述之立體堆疊發光二極體的製作方法，其中於該步驟 b 前，先於該基板一側形成一反射層。
10. 如請求項 8 所述之立體堆疊發光二極體的製作方法，更包含有一步驟 e，該步驟 e 係包含有：
- 提供一第二可透光材，於該第二可透光材上堆疊至少一第三發光二極體；  
以及  
將該第二可透光材接合於該第二發光二極體上，其中該第二發光二極體之能隙小於該第三發光二極體之能隙。
11. 如請求項 10 所述之立體堆疊發光二極體的製作方法，更包含有於該第二可透光材上形成一第二導電層，以與該第三發光二極體電性連接。
12. 如請求項 8 所述之立體堆疊發光二極體的製作方法，其中於該步驟 b 後更包含於該第一或第二發光二極體之最上側上塗佈一螢光粉層。

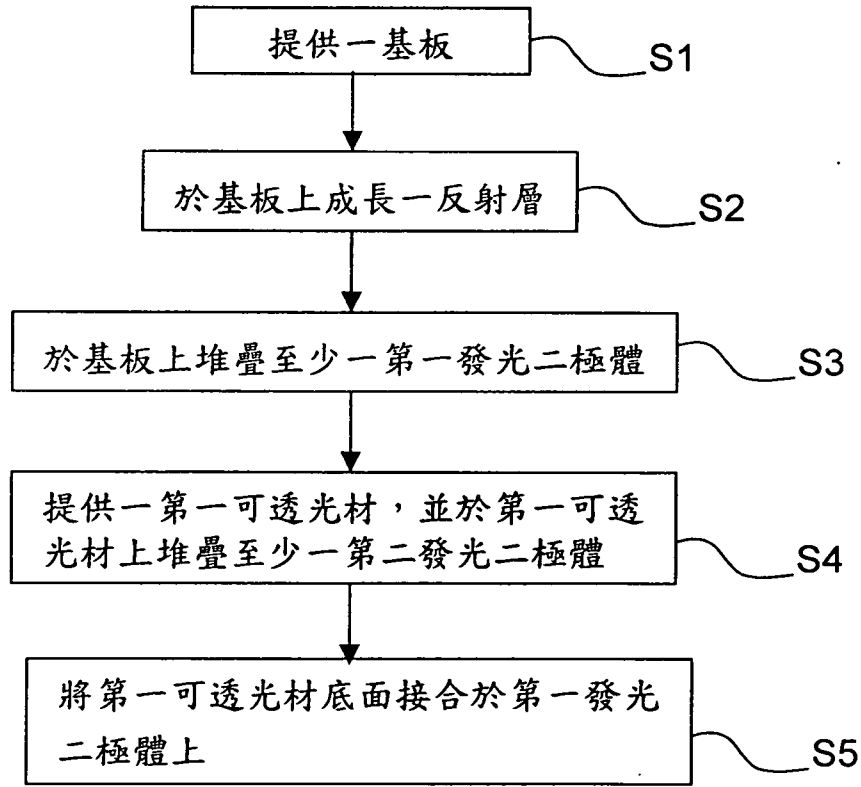
八、圖式：



第1圖

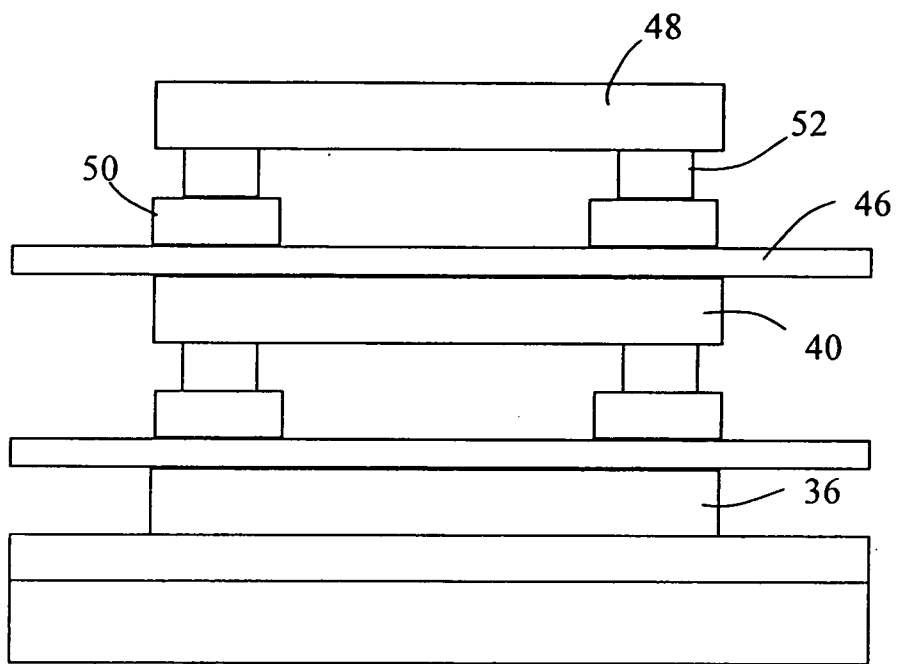


第2 (a) 圖

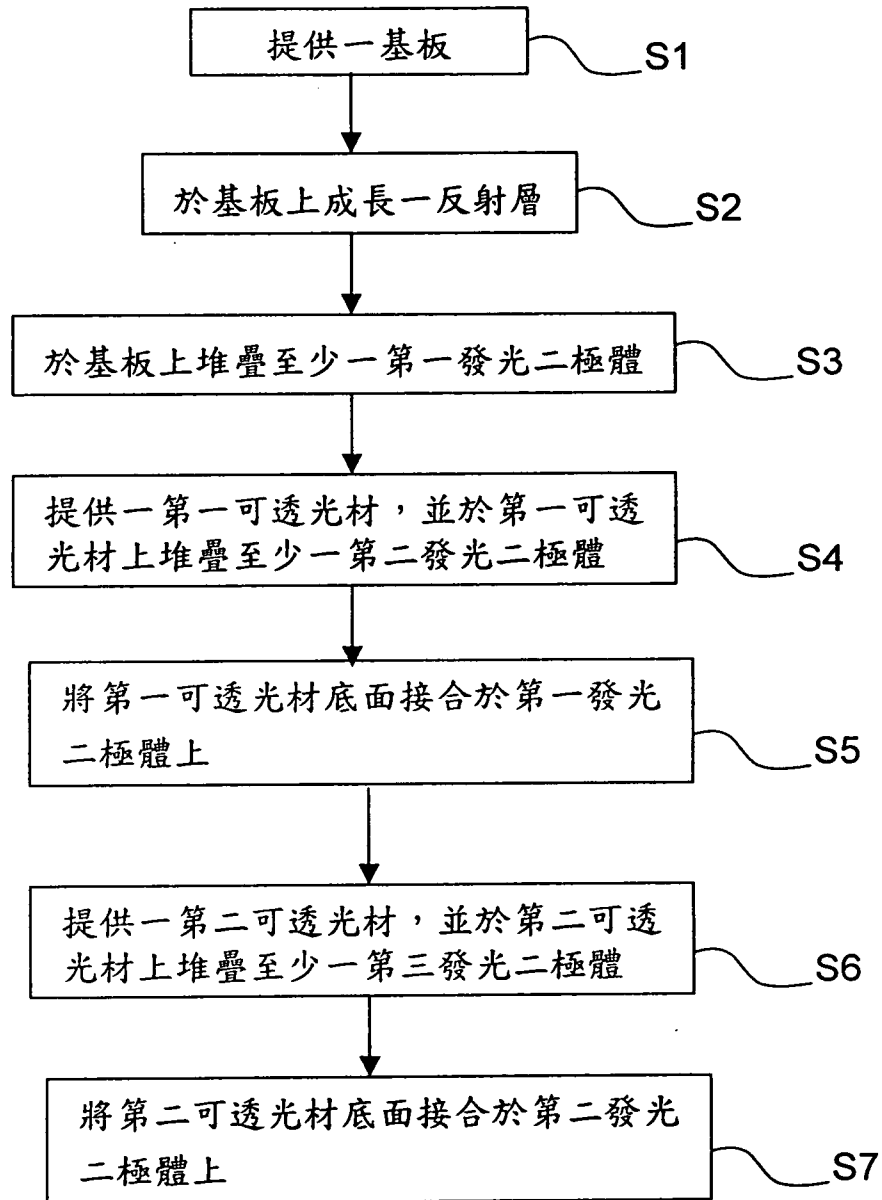


第2 (b) 圖

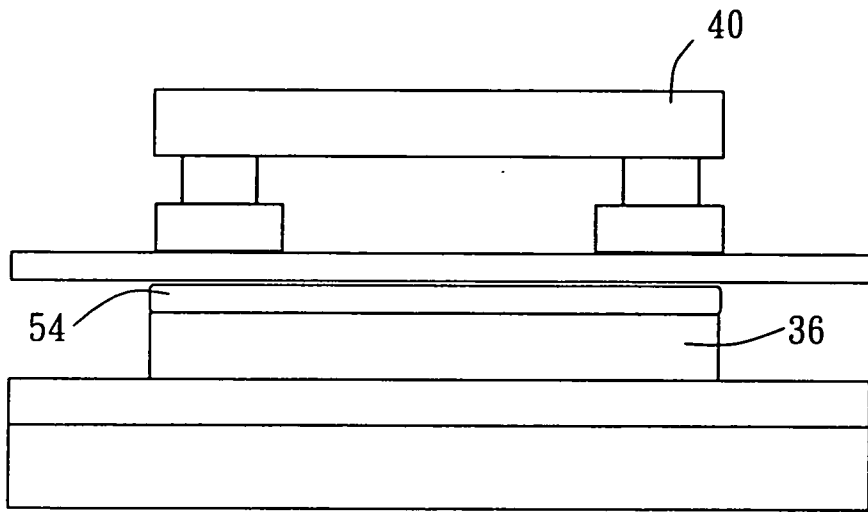




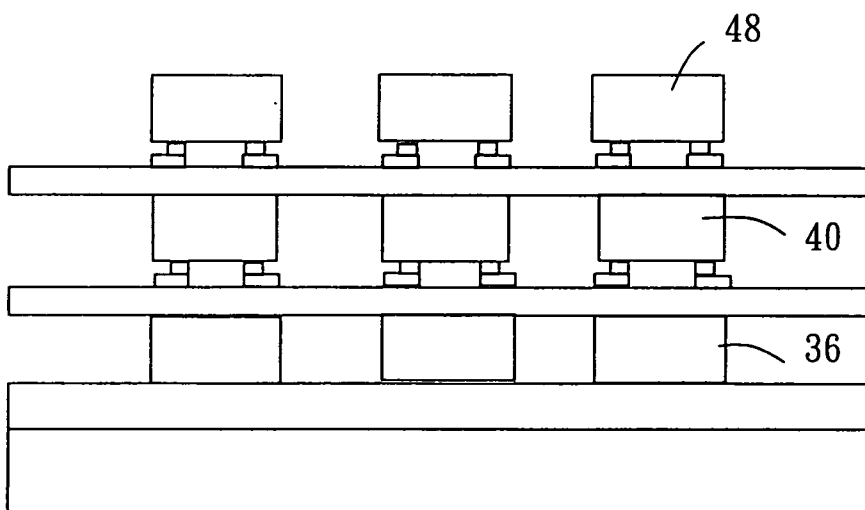
第3(a)圖



第3 (b) 圖



第4圖



第5圖