



(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 I425250 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 01 日

(21) 申請案號：099139957

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 19 日

(51) Int. Cl. : G02B3/00 (2006.01)

(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：吳樸偉 WU, PU WEI (TW) ; 黃苡叡 HUANG, YI JUI (TW)

(74) 代理人：高玉駿；楊祺雄

(56) 參考文獻：

TW 200602677A

TW 201003124A

US 2009/0315013A1

審查人員：林韋廷

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：9 共 0 頁

(54) 名稱

微透鏡的製作方法

A METHOD TO FABRICATE MICROLENS ARRAYS

(57) 摘要

本發明提供一種在光電元件表面製作微透鏡結構，包含(a)先於一基材表面形成一由複數微球構成並具有單層長程有序排列結構的微球層，及(b)以由下而上(bottom-up)的沉積方式，自該基材表面向上形成一填覆該些微球之間間隙的透明鍍膜層，且該鍍膜層的高度不大於該微球的半徑，即可完成該奈米微透鏡的製作，不僅製程簡便容易控制，此外，由於該微球層及該鍍膜層的構成材料並無限制，因此，可靈活的搭配運用各種材料於此製程方法中，而可具有更廣泛的用途。

This invention provides a method to fabricate microlens arrays on the surface of an optical device, including (a) forming a microsphere-layer which were constructing by a plurality of microspheres on the surface of a substrate, (b) forming a depositing-film between said microspheres and said substrate through bottom-up process control and the height of said depositing-film was lower then the radius of said microspheres.

31 . . . 步驟

32 . . . 步驟

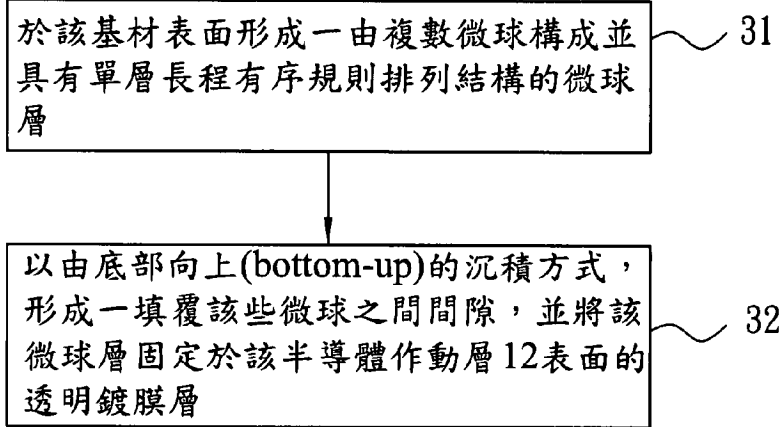


圖4

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：99/139957
※申請日：99.11.19

※IPC分類：
G02B 3/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微透鏡的製作方法 / A method to fabricate microlens arrays

二、中文發明摘要：

本發明提供一種在光電元件表面製作微透鏡結構，包含(a)先於一基材表面形成一由複數微球構成並具有單層長程有序排列結構的微球層，及(b)以由下而上(bottom-up)的沉積方式，自該基材表面向上形成一填覆該些微球之間間隙的透明鍍膜層，且該鍍膜層的高度不大於該微球的半徑，即可完成該奈米微透鏡的製作，不僅製程簡便容易控制，此外，由於該微球層及該鍍膜層的構成材料並無限制，因此，可靈活的搭配運用各種材料於此製程方法中，而可具有更廣泛的用途。

三、英文發明摘要：

This invention provides a method to fabricate microlens arrays on the surface of an optical device, including (a) forming a microsphere-layer which were constructing by a plurality of microspheres on the surface of a substrate, (b) forming a depositing-film between said microspheres and said

substrate through bottom-up process control and the height of said depositing-film was lower than the radius of said microspheres.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖（ 4 ）。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

31…… 步驟

32…… 步驟

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光學透鏡的製作方法，特別是指一種用於半導體光電元件之微透鏡的製作方法。

【先前技術】

半導體光電元件，例如 LED 元件的光電效率高低，通常是以外部量子效率(External Quantum Efficiency; η_{ext})表示。所謂外部量子效率為每秒由半導體元件內部射出的光子數量除以每秒流進半導體元件的電子數目。而外部量子效率又可為內部量子效率(Internal Quantum Efficiency; η_{int})與光萃取效率(Extraction Efficiency; $\eta_{extraction}$)的乘積，即 $\eta_{ext} = \eta_{int} \times \eta_{extraction}$ ，其中，內部量子效率為該半導體元件的作動層(Active Layer)每秒發射的光子量除以每秒流入半導體光電元件的電子數目，而光萃取效率則為該半導體光電元件作動層的光子產生量與成功離開半導體光電元件內部之光子量的比值。

內部量子效率與半導體光電元件作動層的磊晶品質息息相關；而光萃取效率，由斯涅爾定律(Snell's Law)得知：當光由具有高折射率的半導體材料射入低折射率的空氣介質時，會受到臨界角度的影響而形成光的全反射現象，而以 LED 元件作動層常用的 GaN 類半導體材料為例而言，GaN 的折射率(n)約為 2.5，空氣為 1，經計算後得知其全反射臨界角為 23° ，因此當由作動層產生之光在接觸該作動層與空氣的介面時，大部分的會因為全反射的結果而無

法向外發出，使得該 LED 元件實際的光逃脫量只有 4%，所以如何有效提升半導體光電元件的光萃取效率，以提升半導體光電元件整體的外部量子效率，已為目前業界努力研究的重要課題之一。

目前常用來提升 LED 元件光萃取效率的方法，大都是以蝕刻方式在 LED 元件形成規則或不規則形狀的粗化結構，藉由改變作動層出光面的結構，而改變光子與該作動層出光面的接觸角度，減少光的全反射作用，以提升 LED 元件的光萃取效率。然而，以蝕刻方式對 LED 元件表面進行粗化後製得的 LED 元件，其電性的表現會有較為顯著的不良影響，而表面粗化製程的另一缺點為 LED 表面不規則的奈米結構會有出光亮度不均勻的問題產生；而利用在 LED 元件的頂面製作 2D 光子晶體結構來增加 LED 的光萃取效率的方式，如 Yik-Khoon 等人(Yik-Khoon Ee, Ronald A. Arif, and Nelson Tansu, APPLIED PHYSICS LETTERS 91, 221107, 2007)提出，利用在 LED 元件的半導體表面先依序形成一由複數聚苯乙烯($n=1.58$)微球構成的第一微球層，及一由複數二氧化矽($n=1.46$)微球所構成的第二微球層，利用聚苯乙烯在高溫會融熔的特性，將該 LED 元件加熱到不小於 140°C ，令該第一微球層的聚苯乙烯微球熔融，而於該 LED 元件表面形成一由該些二氧化矽微球構成的半球形微結構。前述方式雖然可以解決出光均勻性的問題，而利用具有不同性質的微球排列成雙層結構後再加以熔融，形成由二氧化矽微球構成的半球形微結構，則因受限於材料的

選擇，而無法靈活的運用各種材料於此製程方法中。另一方面以光子晶體於 LED 的製程方式而言，一般為採用電子束微影技術、奈米印微影技術，或全像微影技術，而這些技術不僅使用的設備昂貴且製程速率緩慢，因此並不適合使用於低成本考量的 LED 產業。

因此，如何發展一製程簡便，且可有效提升半導體元件的光萃取效率的方法，以提升半導體元件整體的外部量子效率，已成為目前業界努力研究的重要課題之一。

【發明內容】

因此，本發明之目的，即在提供一種製程簡便，用以製作微透鏡的方法。

於是，本發明一種微透鏡的製作方法，包含：

(a) 於一基材表面形成一由複數微球構成並具有長程有序規則堆積結構的微球層。

(b) 以由下而上(bottom-up)的沉積方式，自該基材表面向上形成一填覆該些微球之間間隙，並將該微球層固定於該基材的透明鍍膜層。

本發明之功效在於：利用於基材表面形成一具有單層長程有序規則排列結構的微球層，並藉由製程控制形成一填覆該些微球間隙並同時將該些微球固定在該基材表面的鍍膜層，不僅製程簡便且構成材料不受限制，因此可靈活的運用各種材料於此製程方法中，而具有更廣泛的用途。

【實施方式】

有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在

以下配合參考圖式之一個較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。

要說明的是，本發明一種微透鏡的製作方法的是在光電元件表面製作微透鏡結構，而用以改變光線的行進方向，特別是可應用在一般需要破壞光線的全反射作用之半導體光電元件，例如 LED；或光由低折射率介質進入高折射率材料的漸變折射率設計如太陽能電池表面的透鏡結構製作，於本實施例中是以在水平式 LED 光電元件表面製作微透鏡結構為例作說明。

參閱圖 1、圖 2，本發明一種微透鏡的製作方法，是可用以製作如圖 1 所示之具有微透鏡的 LED 光電元件。

該 LED 光電元件具有一基材 1，及一微透鏡 2。

該基材 1 具有一基板 11、一形成在該基板 11 上，並具有一作動層 121 的半導體元件 12，及一形成在該半導體元件 12 上的電極 13。由於該基板 11、半導體元件 12，及該電極 13 的材料選擇為本技術領域者所週知且非為本發明之重點，因此，不再多加贅述。於本實施例中，該基板 11 是可由藍寶石、Si-wafer 或其他可乘載之載體所構成。

該微透鏡 2 具有一微球層 21，及一鍍膜層 22，該微球層 21 是由複數微球 211 構成並具有長程有序規則堆積的單層結構，該些微球 211 的粒徑介於 400~800nm 之間，粒徑分佈範圍介於 $\pm 10\%$ ，且實質具有單一粒徑分布，可選自聚苯乙烯、二氧化矽、聚壓克力等透光材料構成；該鍍膜層 22 可選自導電或不導電的透明材料構成，為填覆該些微球

211 之間間隙並具有複數與該每一微球 211 形狀相對應之曲面。要說明的是，當該鍍膜層 22 的高度與該些微球 211 的半徑相差過大時，會造成漸變性的有效折射率不連續而影響光的取出率，因此，較佳地，該鍍膜層 22 的最大高度不大於該些微球 211 的半徑，更佳地，該鍍膜層 22 的最大高度與該些微球 211 的半徑實質相同；此外，當該鍍膜層 22 為由導電材料構成時，該鍍膜層 22 也可同時成為該光電元件之電極。

較佳地，該微透鏡 2 的折射率為介於該半導體元件 12 及低介質材料，如空氣，或封裝材料(例如環氧樹脂(Epoxy))之間，更佳地，該鍍膜層 22 的折射率大於該微球層 21 的折射率且小於該半導體元件 12，如此可藉由折射率漸變的連續性改變，有效降低入射光線的反射現象，而有助於 LED 內部光萃取效率。於本實施中該些複數微球 211 是由聚苯乙烯(PS)構成且粒徑介於 750~780nm 之間，該鍍膜層 22 是由氧化鋅為材料構成，且高度與該些微球 211 的半徑相當。

由 Mohammadi 提出的有效折射率的公式可知，球體(PS 微球)區間體積與介質材料(空氣 or 鍍膜層)之間的有效折射率(effective reflective index, n_{eff})為：

$$n_{eff} = n_c + \phi(n_{ps} - n_c) \frac{\sin x}{x}$$

n_c =氧化鋅折射率

n_{ps} = PS 微球

ϕ = 體積因子

$$x = \frac{a\Delta nd}{\lambda} \quad (\Delta n = (n_c - n_{ps}), \quad d = \text{PS 微球半徑}, \quad \lambda = \text{真空} \\ \text{中光波長}, \quad a = \text{常數})$$

而由前述有效折射率公式運算結果可知，本發明該微透鏡 2 隨著微球 211 與 ZnO 鍍膜層 22 體積或微球 211 與 Air 體積之比例變化，會呈現出一如圖 3 所示的連續折射率關係，圖 3 即為說明本發明形成在該半導體元件 12 上之微透鏡 2 在不同鍍膜層(空氣)體積及微球半徑的折射率變化；因此，當該半導體元件 12 在接受電能而轉換成光能後，光子由該半導體元件 12 往空氣方向發出時，即可令該向外發出之光在接觸該半導體元件 12 與微透鏡 2 的界面時，經由該微透鏡 2 之微球層 21，及鍍膜層 22 之間的體積比例，而影響有效折射率的值，形成漸變的有效折射率材料，並藉著折射率連續性的改變連結半導體與空氣，有效降低該半導體元件 12 與空氣界面因為折射率大小的差異所造成的全反射現象，而有助於 LED 內部光萃取的機會；此外，藉由該微透鏡 2 的幾何形狀變化，將使法線方向隨幾何形狀變化進而影響光的入射角度永遠小於臨界角度，而可更進一步提升 LED 元件的光萃取效率。上述該具有微透鏡之 LED 光電元件，在配合以下微透鏡的製作方法的該較佳實施例說明後當可更佳清楚明白。

本發明該微透鏡的製作方法的該較佳實施例包含以下兩個步驟。

配合參閱圖 4、圖 5，首先進行步驟 31，準備一基材

1，於該基材 1 表面形成一由複數微球 211 構成並具有單層長程有序規則堆積結構的微球層 21。

該基材 1 具有一基板 11、一具有一作動層 121 的半導體元件 12，及一電極 13。由於該基板 11、該半導體元件 12，及該電極 13 的製作方法及相關材料選擇為本技術領域者所週知且非為本發明之重點，因此，不再多加贅述。於本實施例中，該基板 11 是可由藍寶石、Si-wafer 或任何可乘載之載體所構成。

接著將該基材 1 置入一含有複數微球 211 的溶液中，利用電泳法、重力沉降法、旋轉塗佈法，或浸漬等方式於該半導體元件 12 上形成一由複數微球 211 構成的微球層 21，於本實施例中該步驟 31 是以電泳法為例做說明。

具體的說，該步驟 31 是先以光阻材料 100 覆蓋該電極 13，接著將該覆蓋光阻材料 100 的基材 1 放入一含有聚苯乙烯(以下簡稱 PS)微球 211 的電泳溶液中，以電泳法進行 PS 微球 211 的自組裝，利用電泳自組裝技術令 PS 微球 211 以長程有序規則堆積的方式單層排列於該半導體元件 12 表面。圖 6 即為該微球層 21 的掃描式電子顯微鏡(以下簡稱 SEM)圖片。

接著進行步驟 32，以由下而上(bottom-up)的沉積方式，自該半導體元件 12 表面向上形成一填覆該些微球 211 之間間隙，並將該微球層 21 固定於該半導體元件 12 表面的透明鍍膜層 22。

該鍍膜層 22 可選自導電或不導電的透明材料構成，並

利用電鍍法、溶膠-凝膠法、化學氣相沉積法，或電泳法等鍍膜方式製得，適用於本發明該較佳實施例的該該鍍膜層 22 材料是選自 ZnO、AZO、AGZO、TiO₂、ITO、IZO、IGZO 或 PMMA、PC 等透明高分子材料，要說明的是當該鍍膜層 22 是選自導電的透明材料，則該鍍膜層 22 也可同時成為該光電元件之電流擴散電極。要特別說明的是，由於該鍍膜層 22 的鍍膜過程是控制由該半導體元件 12 表面上沉積，即 bottom-up 的製程控制，因此，一開始會由該半導體元件 12 表面堆積，進而填覆該些微球 211 之間的間隙並將該微球層 21 固定於該半導體元件 12 表面。於本實施例中，是以電鍍方式形成以氧化鋅為材料構成的該鍍膜層 22 為例作說明。圖 7 所示即為該微透鏡 2 的 SEM 圖片。

此外，要說明的是，本發明該微透鏡的製作方法的該較佳實施例亦可在一般垂直型 LED 光電元件上製作微透鏡結構，而得到如圖 8 所示之 LED 光電元件。

參閱圖 9，圖 9 是由本發明該較佳實施例製得之該具有微透鏡的 LED 光電元件(L-1)、僅具有微球層 21 之 LED 光電元件(L-2)，及傳統 LED 光電元件(L-3)的光激發光光譜(以下簡稱 PL)圖。由結果可知，本發明該鍍膜層 22 所使用的 ZnO ($n=1.9$) 由於其折射率高於 SiO₂($n=1.46$) 或 PS($n=1.58$)，因此由圖 3 可以得到由本發明製作出來的該微透鏡 2 的有效折射率呈現出一連續且漸變型折射率變化，且由 PL 光譜結果可知本發明具有微透鏡之 LED 光電元件的 PL 光強度約為傳統式 LED 光電元件 PL 光強度的 3.2

倍。

綜上所述，本發明該微透鏡的製作方法，先藉由物理吸附方式在該半導體元件 12 表面形成一具有有序微結構的微球層 21，接著再利用 bottom-up 鍍膜製程控制形成一填覆該些複數微球 211 之間間隙並將該微球層 21 固定於該半導體元件 12 表面的透明鍍膜層 22，不僅不需破壞半導體層結構，且比一般製備光子晶體微結構的製程更為簡便，而可更有效降低製程成本，此外，由於該微球層 21 及該鍍膜層 22 的構成材料並無限制，因此，可靈活的搭配運用各種材料於此製程方法中，而可具有更廣泛的用途。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例與具體例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍透光，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍透光內。

【圖式簡單說明】

圖 1 是一示意圖，說明由本發明較佳實施例製得之具有微透鏡的水平式 LED 光電元件結構；

圖 2 是一局部放大圖，說明圖 1 的微透鏡結構；

圖 3 是一折射率圖，說明本發明該微透鏡的微球與鍍膜層體積及與 Air 體積在不同比例之折射率關係圖；

圖 4 是一流程圖，說明本發明該微透鏡的製作方法的較佳實施例；

圖 5 是一流程示意圖，輔助說明圖 4 的步驟 31；

圖 6 是一 SEM 圖，為該步驟 31 製得的微球層結構之

SEM 照片；

圖 7 是一 SEM 圖，為該較佳實施例製得的微透鏡結構之 SEM 照片；

圖 8 是一示意圖，說明由本發明該較佳實施例製得之具有微透鏡的垂直式 LED 光電元件；及

圖 9 是光激發光光譜圖，說明圖 1 與傳統 LED 光電元件的光激發光光譜圖比較。

【主要元件符號說明】

100	光阻材料	2	微透鏡
1	基材	21	微球層
11	基板	211	微球
12	半導體元件	22	鍍膜層
121	作動層	31	步驟
13	電極	32	步驟

七、申請專利範圍：

1. 一種微透鏡的製作方法，包含：
 - (a)於一基材表面形成一由複數微球構成並具有長程有序規則堆積結構的微球層；及
 - (b)以由下而上的沉積方式，自該基材表面向上形成一填覆該些微球之間間隙，並將該微球層固定於該基材的透明鍍膜層。
2. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，其中，該鍍膜層的最大高度不大於該些微球的半徑。
3. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，還包含一實施於該步驟(b)之前的步驟(c)，將該表面形成微球層的基材在微球的 T_g 溫度 $\pm 10^\circ\text{C}$ 條件下進行熱處理。
4. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，還包含一實施於該步驟(b)之後的步驟(d)，將該微球層移除。
5. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，其中，該些微球粒徑介於 400~800nm 之間，為選自聚苯乙烯、二氧化矽、聚壓克力等透光材料，且粒徑分佈範圍介於 $\pm 10\%$ 之間。
6. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，其中，該基材具有一基板及一自該基板表面向上形成的半導體元件，該微球層是形成在該半導體元件表面。
7. 依據申請專利範圍第 6 項所述之微透鏡的製作方法，其

中，該鍍膜層是選自透明導電材料，且折射率介於該半導體元件及該些微球之間。

8. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，其中，該微球層是以電泳法、重力沉降法、旋轉塗佈法，或浸漬法製得。
9. 依據申請專利範圍第 1 項所述之微透鏡的製作方法，其中，該鍍膜層是以電鍍法、溶膠-凝膠法、化學氣相沉積法，或電泳方式製得。

八、圖式：

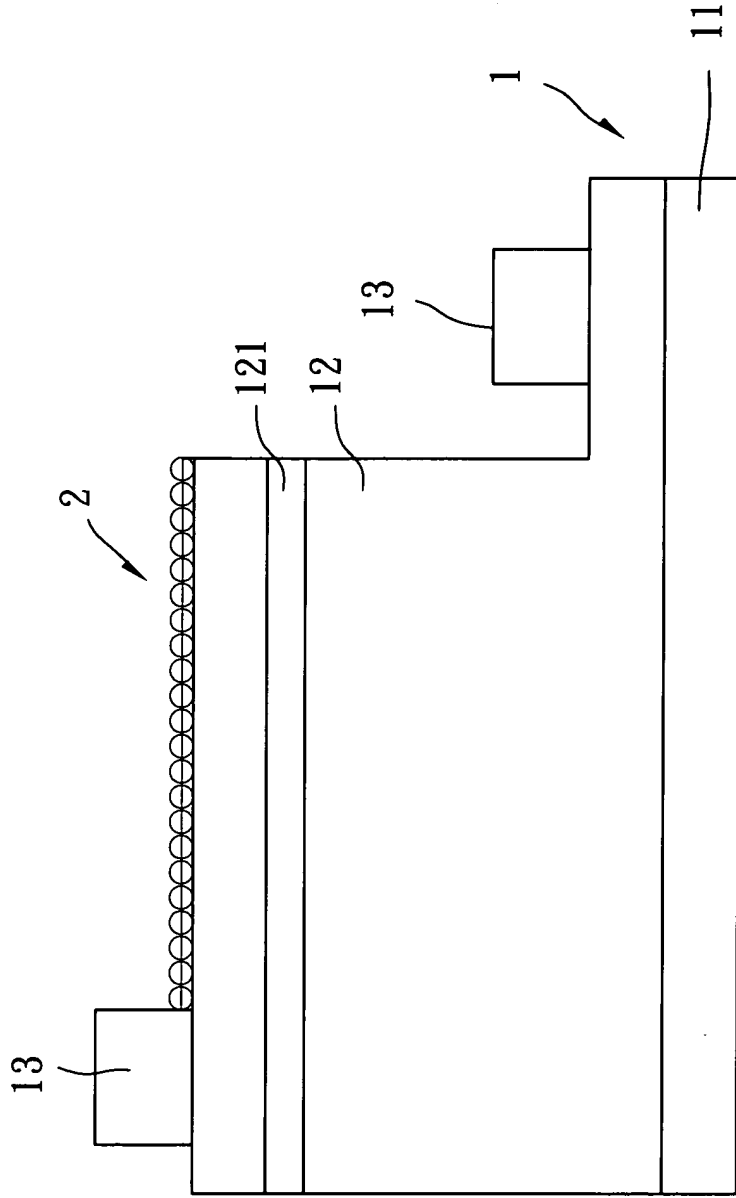


圖1

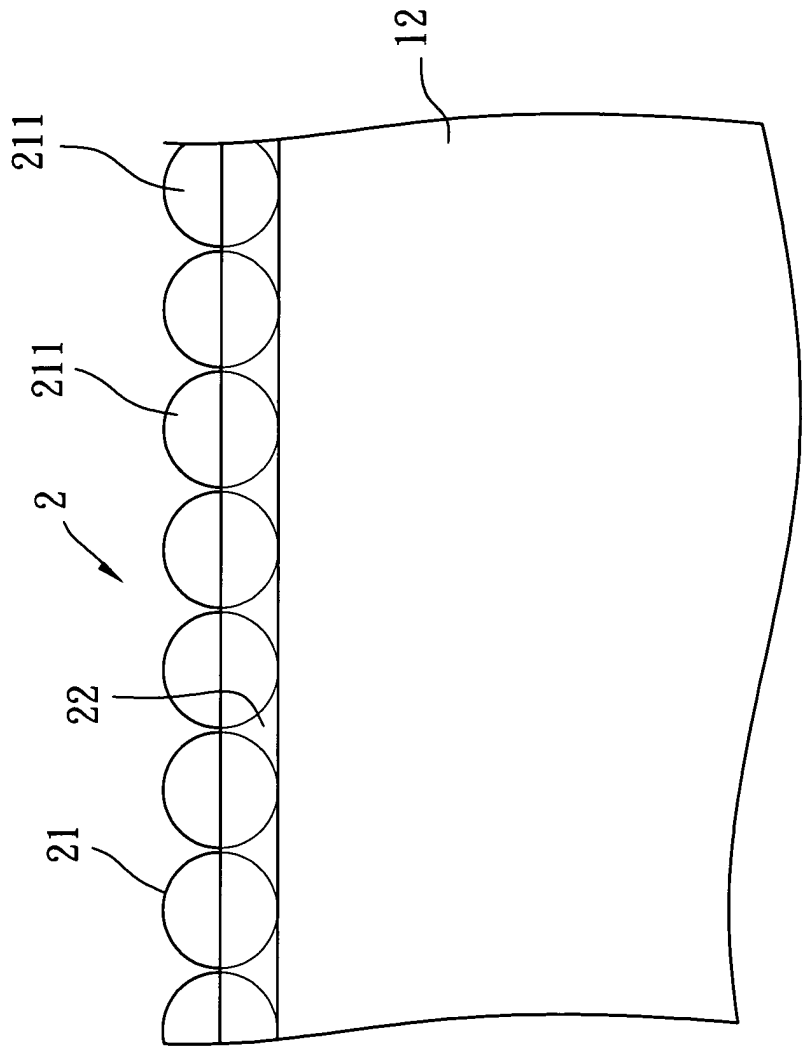


圖2

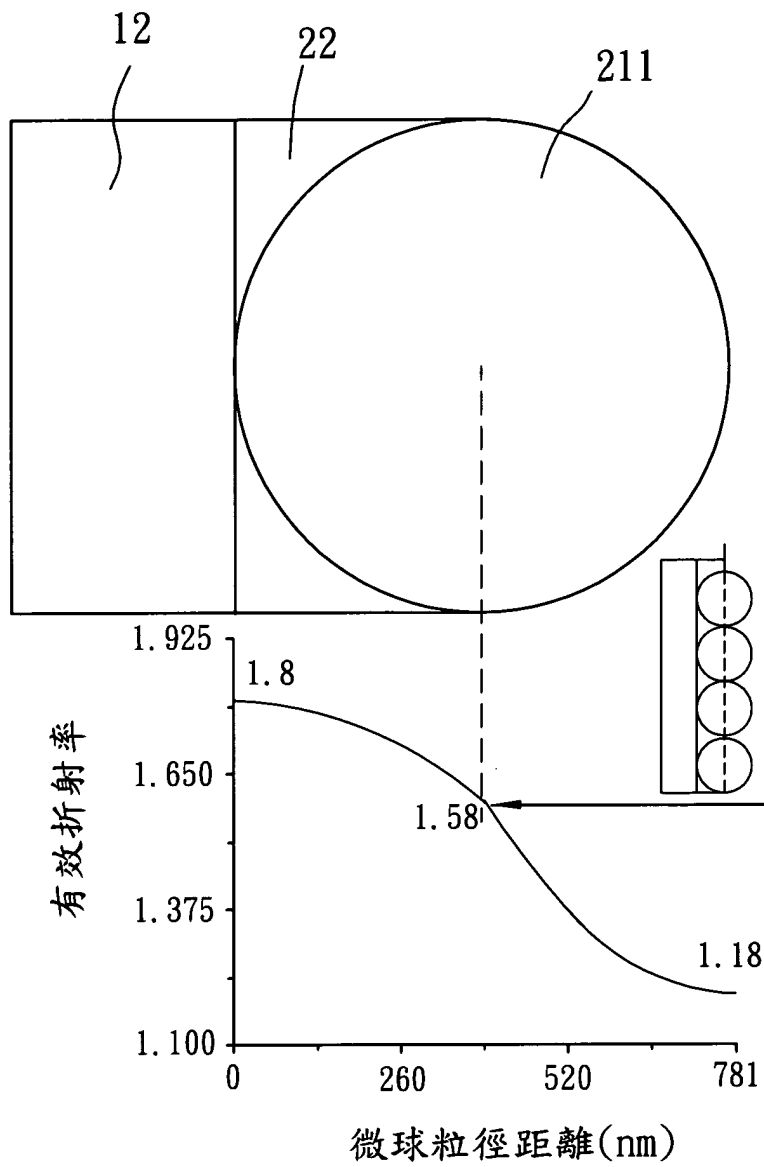


圖3

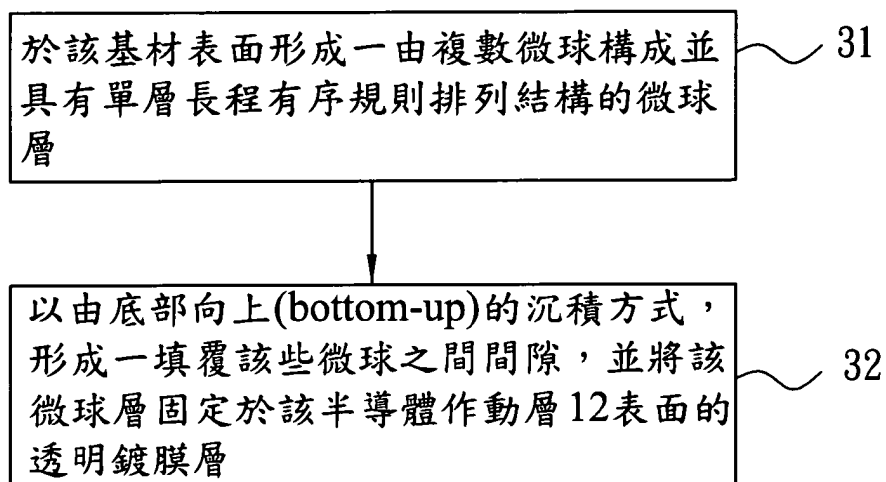


圖4

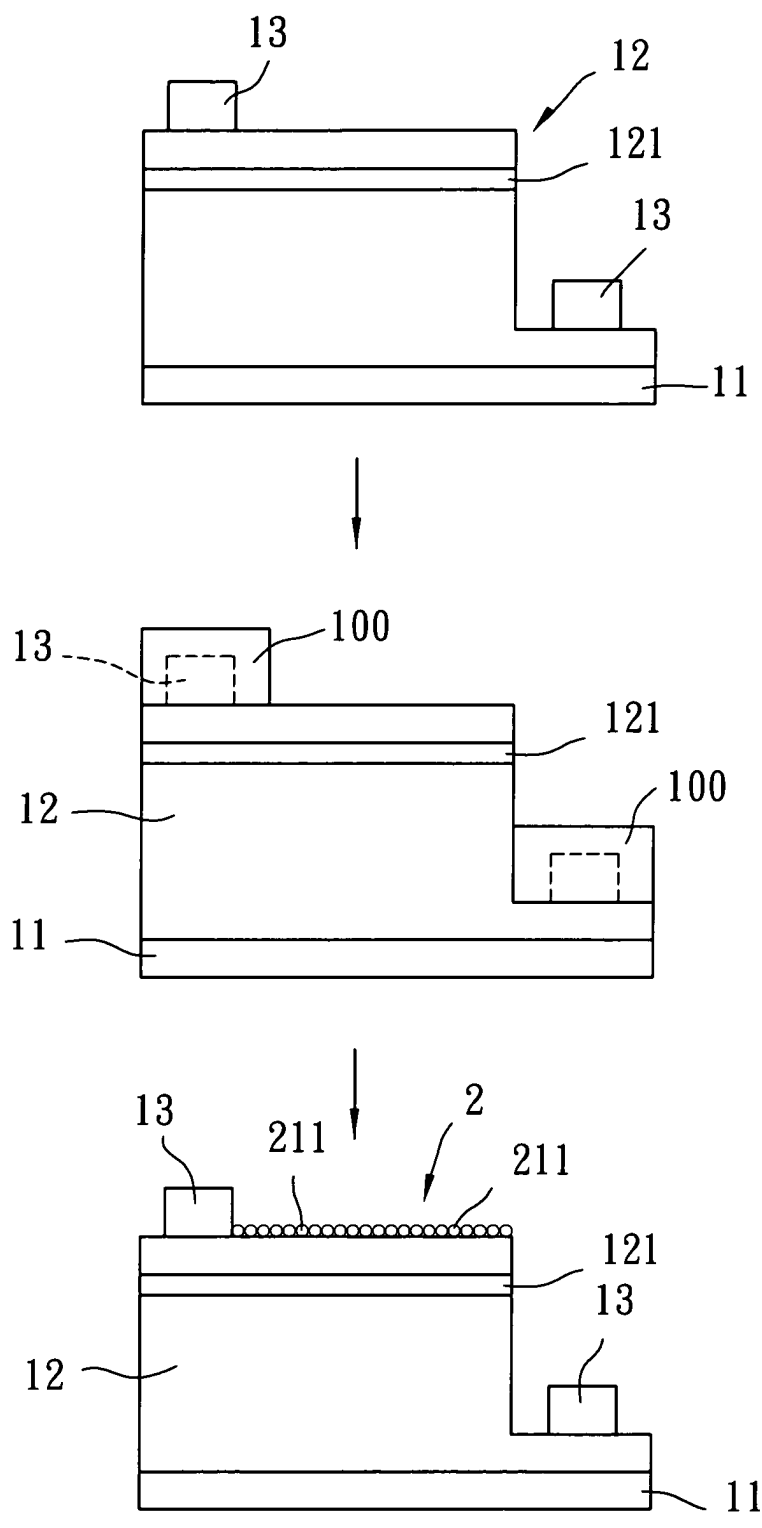


圖5

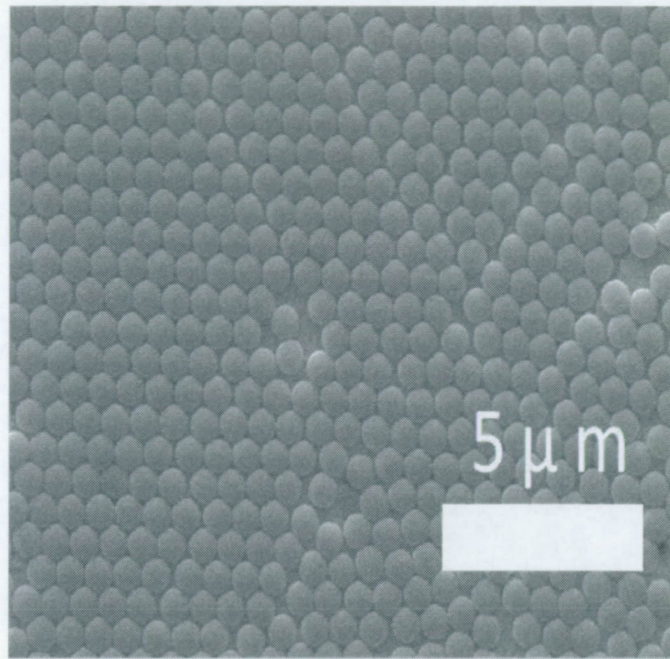


圖6

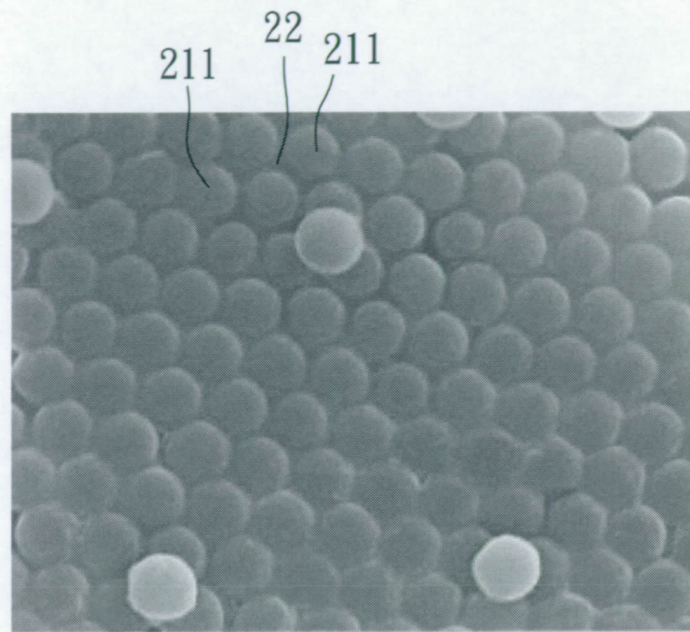


圖7

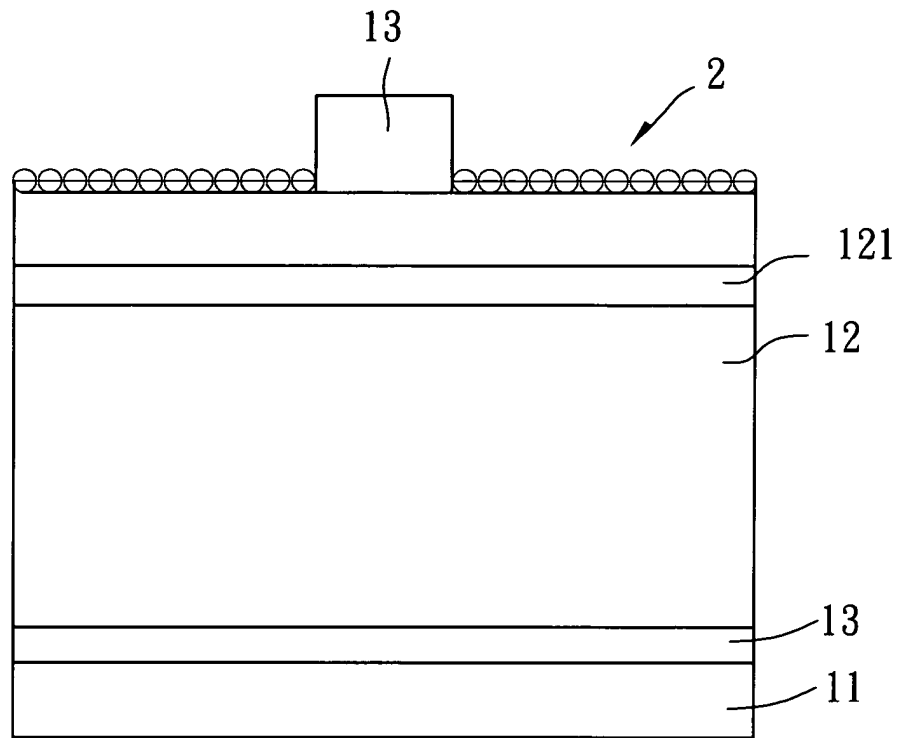


圖8

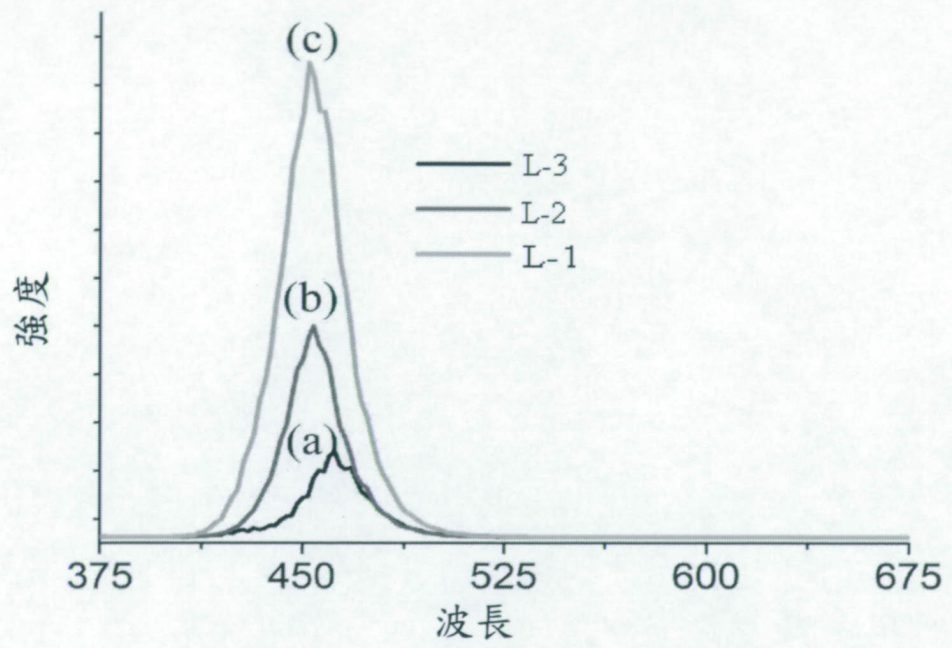


圖9