



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201511357 A

(43)公開日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：103119806

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 06 日

(51)Int. Cl. : *H01L33/50 (2010.01)*

(30)優先權：2013/06/07 美國

61/832,377

(71)申請人：G L O 公司 (瑞典) GLO AB (SE)

瑞典

(72)發明人：奧勒森 喬納斯 OHLSSON, JONAS (SE)；史文森 卡爾 派崔克 席爾多

SVENSSON, CARL PATRIK THEODOR (SE)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：33 項 圖式數：9 共 48 頁

(54)名稱

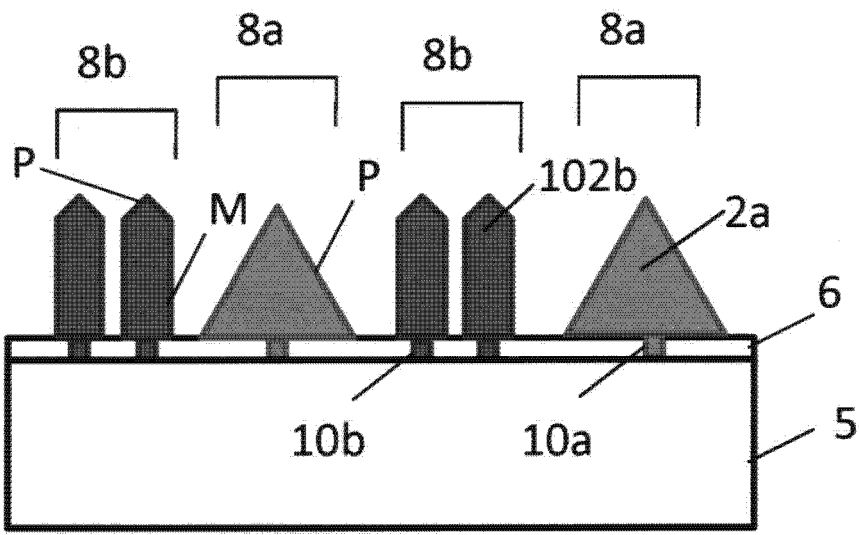
多色 L E D 及其製造方法

MULTICOLOR LED AND METHOD OF FABRICATING THEREOF

(57)摘要

本發明提供一種裝置，其包括至少包括第一區域及第二區域之支撐件及複數個位於該支撐件之該第一區域上方之第一發光裝置，每一第一發光裝置皆含有包括第一奈米結構之第一生長模板，且每一第一發光裝置皆具有第一峰發射波長。該裝置亦包括複數個位於該支撐件之該第二區域上方之第二發光裝置，每一第二發光裝置皆含有包括第二奈米結構之第二生長模板，且每一第二發光裝置皆具有不同於該第一峰發射波長之第二峰發射波長。每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板。

A device includes a support including at least a first area and a second area, and a plurality of first light emitting devices located over the first area of the support, each first light emitting device containing a first growth template including a first nanostructure, and each first light emitting device has a first peak emission wavelength. The device also includes a plurality of second light emitting devices located over the second area of the support, each second light emitting device containing a second growth template including a second nanostructure, and each second light emitting device has a second peak emission wavelength different from the first peak emission wavelength. Each first growth template differs from each second growth template.



- 2a . . . 模板
- 5 . . . 基板
- 6 . . . 生長遮罩
- 8a . . . 生長區域
- 8b . . . 生長區域
- 10a . . . 第一孔口
- 10b . . . 第二孔口
- 102b . . . 模板
- M . . . 平面
- P . . . 平面

圖 2B

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

多色LED及其製造方法

MULTICOLOR LED AND METHOD OF FABRICATING  
THEREOF

本發明係關於發光二極體(LED)之陣列且具體而言係關於能夠發射至少兩種不同波長之光之陣列。其亦係關於製造該等陣列之方法。

## 【先前技術】

對於發光裝置(例如發光二極體(LED))而言，藉由LED之作用區之帶隙以及厚度測定限制效應測定發射波長。作用區經常包括一或多個量子井(QW)。對於基於III-氮化物之LED裝置(例如基於GaN之裝置)，作用區(例如，量子井)材料較佳係三元的，例如 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 < x < 1$ 。

該等III-氮化物之帶隙取決於納入作用區中(例如，納入QW中)之In之量。In納入愈高，則所產生帶隙愈小且因此發射光之波長愈長。本文所用術語「波長」係指LED之峰發射波長。應瞭解，半導體LED之典型發射光譜係以峰波長周圍為中心之波長的窄頻。

先前技術中之多色LED陣列遭受若干缺點困擾。一些多色LED形成自相同奈米線之不同部分發射不同顏色光(即，不同波長)的奈米線LED，此使得難以控制並選擇性激活相同奈米線LED之不同發射波長。

## 【發明內容】

一個實施例提供包括至少包括第一區域及第二區域之支撐件及複數個位於該支撐件之該第一區域上方之第一發光裝置的裝置，每一第一發光裝置含有包括第一奈米結構之第一生長模板，且每一第一發

光裝置具有第一峰發射波長。該裝置亦包括複數個位於該支撐件之該第二區域上方之第二發光裝置。每一第二發光裝置含有包括第二奈米結構之第二生長模板，且每一第二發光裝置具有不同於第一峰發射波長之第二峰發射波長。每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板。

支撐件可為生長基板或處置基板，在裝置生長後，其附接至該裝置。每一第一奈米結構可包含包括第一生長模板之內部部分或全部之第一奈米線核心，每一第一奈米線核心突出穿過第一區域中之生長遮罩中之第一孔口。每一第二奈米結構可包含包括第二生長模板之內部部分或全部之第二奈米線核心，每一第二奈米線核心突出穿過第二區域中之生長遮罩中之第二孔口。較佳地，每一第一生長模板包含第一奈米線核心及至少一個在該第一奈米線核心周圍之第一模板層，以使該第一模板層橫向延伸超出生長遮罩上方之第一孔口，且每一第二生長模板包含第二奈米線核心及至少一個在該第二奈米線核心周圍之第二模板層，以使該第二模板層橫向延伸超出生長遮罩上方之第二孔口。

每一第一及第二奈米線核心皆可包含第一導電型(例如，*n*型)半導體材料。第一作用區可位於每一第一奈米線核心周圍，第一作用區包含至少一個具有第一帶隙之第一量子井。第二作用區可位於每一第二奈米線核心周圍，第二作用區包含至少一個具有不同於第一帶隙之第二帶隙之第二量子井。較佳地，每一第一及第二奈米線核心包含III-氮化物半導體材料(例如，氮化鎵)，且每一第一及第二量子井皆包含氮化銦鎵材料。

包含不同於第一導電型之第二導電型(例如，*p*型)之半導體材料的第一接面形成元件可位於每一第一作用區周圍以形成*p-n*或*p-i-n*接面。包含不同於第一導電型之第二導電型之半導體材料的第二接面形

成元件可位於每一第二作用區周圍以形成p-n或p-i-n介面。

每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處可在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率，或(c)與毗鄰生長模板之間距。由於第一生長模板與第二生長模板之間之差異，每一第一量子井較佳含有與每一第二量子井不同量之銦。舉例而言，每一第一生長模板具有奈米錐體形狀，每一第二生長模板具有奈米柱或奈米線形狀。因此，每一第一生長模板具有較接觸第二作用區之第二生長模板之p-平面小面面積大的接觸第一作用區之p-平面小面面積。此導致每一第一量子井較每一第二量子井含有更高量之銦及更低峰發射波長，此乃因第一生長模板與第二生長模板之間之p-平面小面面積中之差異。

在另一實施例中，每一第一孔口具有與每一第二孔口實質上相等之寬度或直徑，每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔較每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔更遠，且每一第一生長模板具有與接觸第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸第一作用區之生長區域。

在另一實施例中，複數個第三發光裝置亦位於支撐件之第三區域上方，每一第三發光裝置具有不同於第一及第二峰發射波長之第三峰發射波長。每一第三發光裝置可含有第三奈米錐體生長模板，其包含突出穿過第三區域中之生長遮罩中之第三孔口的第三奈米線核心，每一第三孔口可具有與每一第一及第二孔口實質上相等之寬度或直徑，且每一第三孔口與毗鄰第三孔口之間隔可較每一第一及第二孔口與毗鄰各別第一及第二孔口之間隔更遠。每一第三生長模板可具有與接觸各別第一及第二作用區之每一第一及第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸第三作用區之生長區域，且第三峰發射波長可較第一及第二峰發射波長長。

在另一實施例中，每一第一孔口可具有較每一第二孔口實質上更大之寬度或直徑，每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔與每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔實質上相等或較其遠，且每一第一生長模板具有與接觸第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相同或較其小之接觸第一作用區之生長區域。

第一及第二發光裝置可包含發光二極體，且每一第一及第二接面形成元件可選自半導體殼、接觸複數個生長模板之連續半導體層或接觸複數個生長模板且具有晶格間隙之連續半導體層。

另一實施例提供製造發光裝置之方法，其包含提供包含在第一區域中具有複數個第一孔口及在第二區域中具有複數個孔口之生長遮罩的生長基板；及在同一奈米結構生長步驟中穿過第一孔口使複數個第一奈米結構及穿過第二孔口使複數個第二奈米結構選擇性生長，其中第一及第二奈米結構包含各別第一及第二生長模板之內部部分或全部。該方法亦包括在同一作用區生長步驟中使第一及第二作用區在各別第一及第二生長模板上生長，及在同一接面形成元件生長步驟中使第一及第二接面形成元件在各別第一及第二作用區上生長以形成各別第一及第二發光裝置。每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板，以使每一第二發光裝置具有不同於每一第一發光裝置之第一峰發射波長的第二峰發射波長。

另一實施例提供中間半導體結構，其包含基板、複數個包含位於基板之第一區域上方之第一半導體奈米結構的第一生長模板及複數個包含位於基板之第二區域上方之第二半導體奈米結構的第二生長模板。每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率或(c) 與毗鄰生長模板之間距。

另一實施例提供製造半導體裝置之方法，其包含提供上述中間

半導體結構，及在同一作用區生長步驟中使第一及第二氮化銦鎵半導體作用區在各別第一及第二生長模板上生長。由於第一生長模板與第二生長模板之間之差異，每一第一作用區含有與每一第二作用區不同量之銦。

另一實施例提供使III-V半導體奈米線生長之方法，其包含以V族限制生長方案藉由MOCVD使III-V奈米線在基板上生長。

### 【圖式簡單說明】

圖1A及1B分別顯示本發明實施例之半導體裝置沿線A-A之俯視圖及側面剖視圖。

圖2A、2C、3A、4A、5A、6A及8A顯示本發明之替代實施例之半導體裝置的俯視圖。圖2B、2D、3B、4B、5B、6B及8B顯示各別圖2A、2C、3A、4A、5A、6A及8A沿線A-A之側面剖視圖。

圖7顯示本發明實施例之半導體裝置的側面剖視圖。

圖9A及9B分別係奈米線長度對遮罩孔口間距及遮罩孔口直徑之理論曲線。

### 【實施方式】

本文「p-平面」意指「錐體平面」且代表III-氮化物系統中之 $\{1\bar{1}01\}$ 平面，「c-平面」代表 $\{0001\}$ 平面，且「m-平面」代表 $\{10\bar{1}0\}$ 平面。在未另外指明時，生長速率意指層生長速率。通常，在選擇性生長中，體積生長速率係與幾何結構無關之常數。下文所述本發明之一個態樣提供局部設定半導體材料之生長體積之能力。

本文「動力學限制生長方案」意指生長速率主要受能量障壁(低溫、源材料之裂解、表面鍵之釋放等)阻礙以達成熱力學平衡的生長方案。「質量流量限制生長方案」意指生長區域處之沈澱主要不受阻礙但生長速率受限於生長區域處之源材料之濃度的生長方案。「III族限制生長方案」意指關於III族元素質量流量受限之生長方案，而「V

族限制生長方案」意指關於V族元素質量流量受限之生長方案。

生長系統通常受限於該等參數組合之亞組；即，即使系統中存在嚴重動力動力學反應障壁，生長速率亦經常受限於來源濃度。藉由改變總V/III比率最容易地調節V對III族限制生長速率之相對重量。動力學對質量流量限制生長速率之相對重量更複雜，此乃因其取決於動力學障壁之起源。改變此之常用參數係溫度、總壓力、總流量、載體氣體及V/III比率。亦為重要的是認識到，在需要每一元素族之50%以處理沈澱的V/III生長中，一族元素可為動力學限制，而其他族元素係質量流量限制，以使該等族中僅一者引起生長速率限制。在傳統V/III生長中，在MOVPE及類似生長方法中，高品質材料經常以V材料之高過流量生長，例如，在GaN中使用至少1,000（例如1,000至10,000）之V/III源氣體質量流量比。在該等條件下，生長速率係III族限制，而V族濃度高達保持V材料至生長表面之飽和過流量。相比之下，在V族限制生長模式中，V/III比率較佳小於1,000，例如0.001至100，例如小於1，例如0.001至0.1。

為測定生長速率之類型，特定生長條件下之限制係相對簡單的且係藉由改變條件參數並記錄生長速率（例如，厚度量測）變化來完成。動力學障壁之能量高度可藉由溫度依賴性生長速率量測來推斷。

注意，由於GaN之 $\text{NH}_3$ 之裂解效率之動力學障壁充分確認，但係額外參數，在下文理論部分中未加以論述。理論部分將流速及生長區域處理為對生長速率之純幾何及體積影響因素。

在一個步驟中若干顏色LED之同時生長可具有高商業利益，不僅對於光之白色提供（即，基於RGB（紅綠藍）、YB（黃藍）或YGB（黃綠藍）峰波長發射之組合之白髮光LED）之RGB、YB或YGB組合，且亦對於高效率GB（綠藍），此乃因基於其他材料系統之有活力之綠磷光體及綠LED難以實現。鑒於先前技術裝置之缺點，本發明者已設想出可



用於形成光電子裝置(例如，LED陣列)之選擇性生長結構。本文所用術語在一個步驟中同時生長意指使不同顏色發射LED之相應層或結構在一個步驟中生長。因此，例如，不同顏色發射LED之奈米結構核心可在相同第一步驟中生長，不同顏色發射LED之QW作用區可在相同第二步驟中生長，且不同顏色發射LED之接面形成元件或殼可在相同第三步驟中生長。

較佳地，半導體LED元件之陣列包括由包含作用區及體積元件殼之殼包圍之奈米結構化(例如，奈米線或奈米錐體)核心(本文稱作模板)。該等奈米結構LED可視為光或UV輻射之「點來源」，其不同於包含延長條帶或平面體半導體層之先前技術LED結構。模板可包含單一生長層(例如奈米線核心)，但亦可自多層形成，如下文將闡述。

在以下實施例中之一些中，V族限制條件/方案經由遮罩中之開口例示於奈米線核心生長步驟中。然而，可利用任一其他適宜生長方案，其中V族限制係利用足夠良好品質材料作為產物達成，例如VLS生長或其他選擇性生長方法。因此，作為V族限制生長步驟之選擇性奈米線生長由此僅用於例示而非限制本發明。

在一個實施例中，陣列包括至少兩種半導體結構，例如就個別元件之幾何結構(例如，長度及/或寬度)及/或不同元件之間之間距而言具有不同性質的奈米結構。量子井之面積及QW生長之模板上之相對小面分佈亦可不同。方便地，在下文實例中，具有不同幾何性質之特定元件根據選擇圖案聚集在一起以提供多色光(即，多重峰波長)發射之期望效應。亦可以混合圖案製造具有不同光學及幾何性質之元件或元件組，即為了摻和晶片等級之顏色或有利於其他光學相互作用。

在另一實施例中，製造多色LED陣列之方法包括形成含有生長孔口的圖案之生長遮罩，該等生長孔口在遮罩之不同部分中具有不同大小(面積及/或直徑)及/或孔口間之不同間距，以提供陣列中半導體結

構之不同幾何結構。該方法利用半導體結構(例如，奈米線核心)之多個組之原位生長，而在半導體結構之製造期間無需生長室外部之其他製程步驟，例如蝕刻及離子植入。在一些實施例中，該方法包含複數個步驟生長模式，其包括至少一個奈米線核心生長步驟及一或多個使徑向層在核心周圍生長以形成模板的步驟。

該方法之優勢係使用小的佔板面積孔口大小以製造較大半導體結構的機會，從而形成因與半導體結構總基底面積相比明顯較小橫截面佔板面積而獨特之裝置，小的佔板面積與基板相比產生低晶體缺陷或錯位密度。該方法之另一優勢在於可同時(即，在同一生長步驟中)製造多種結構形狀及相對小面面積比率。藉由引入生長區域不會改變直至轉換為徑向層生長之生長方案，可使得結構之高度且因此結構之所得形狀獨立於孔口大小及/或間距中之一者，如下文將闡述。

該方法亦包括利用奈米線生長方案，其中可以連續方式控制奈米線之所得長度獨立或依賴於遮罩幾何結構以使由陣列中之不同LED之不同波長發射最佳化。

本發明之一個態樣係製造具有類似高度但不同形狀(例如，不同厚度奈米線及/或奈米線及奈米錐體)之半導體結構(例如，奈米結構核心)之組的可能性。本發明之另一態樣係製造具有不同高度但類似形狀之半導體結構之組的可能性。

本發明之一個態樣提供製造包含具有大約相同形狀但不同總面積之層的半導體結構之組的能力。另一態樣容許製造包含具有大約相同面積但不同形狀之層的半導體結構之組。

本發明之一個態樣提供製造包含組之間具有大約相同面積但不同相對小面面積比率之層的半導體結構之組的能力。本發明之另一態樣提供製造具有類似間距且包含組之間具有不同相對小面面積比率之層的半導體結構之組的能力。

在一般態樣中，本發明係關於提供於基板上之選擇性生長之光電子結構或元件，其中複數個個別選擇性生長值結構之組可就大小、幾何結構、間距及基板上之分佈而言具有不同性質，以自不同組提供不同顏色光發射。就幾何結構而言，個別元件可具有相同長度及/或高度或具有不同長度及/或高度，其可具有不同或相同有效直徑(或寬度)，其可呈現不同小面，且總之，幾何結構將基於用於生長個別元件之遮罩之孔口間之間距或孔口之大小及元件之組間之間距而變化。

因此，本發明實施例提供基板及至少兩個自基板突出之生長元件(例如，奈米結構核心)。較佳地，核心自基板突出穿過基板上之生長遮罩中之孔口。奈米結構核心較佳在任一橫向方向上具有 $3\text{ }\mu\text{m}$ 或更小(例如 $100\text{ nm}$ 至 $1\text{ }\mu\text{m}$ )之橫向延伸(即，直徑或寬度)及介於 $50\text{ nm}$ 與 $10\text{ }\mu\text{m}$ 之間(例如 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 至 $5\text{ }\mu\text{m}$ )之高度。奈米結構核心之實例包括下文所述奈米線(即，奈米柱)及奈米錐體核心。如上文所述，奈米結構核心自身或奈米結構核心與一或多個殼層形成生長模板。此外，若期望，生長基板可在基板上之核心生長後移除，以使完成裝置係獨立裝置或安裝至不同處置基板。

對於InGaN量子井(「QW」)作用區，InGaN半導體層(例如，半導體奈米結構核心上之QW殼)之生長速率愈高，則納入至量子井中之銦愈多。銦納入愈多，則QW半導體材料之帶隙愈窄且因此由LED發射之峰波長愈長(即，發射顏色紅移)。

在第一實施例中，在由非生長區域(例如，經遮罩基板區域)彼此更遠間隔開之第一生長區域上(例如，奈米線或奈米錐體模板上)較在彼此更靠近隔開之第二生長區域(例如，模板)上發生更高之QW生長速率。因此，在第一實施例中，第一生長區域含有較第二生長區域中之毗鄰模板以更大距離與毗鄰模板間隔開的半導體模板。此間距差異引起第一生長區域中之模板上形成之作用區(例如，QW)中的銦納入

較第二生長區域中之模板上高，即使在作用區係在同一生長步驟中同時在生長區域之第一及第二組中形成時。第一生長區域中形成之LED較第二生長區域中形成之LED具有更長峰發射波長。

第一生長區域中之較寬間隔模板較典型III族限制(例如，質量流量限制)MOCVD生長方案中之第二區域中之較窄間隔核心具有更大高度且因此具有更大暴露表面積。第一區域中之核心之更大高度及表面積意味著第一區域中之模板上形成之作用區中納入之鎵較第二區域中之核心上之作用區中納入之鎵少。因此，核心之高度及面積差異相對於模板間之間距差異在區分來自作用區之發射波長中起作用。

本發明者認識到，與III-V生長中所用之傳統III族限制方案相比，引入V族材料限制生長方案確保可使得第一及第二生長區域中之模板之高度差異更小或甚至相等。此亦意味著後續層之總生長區域將在第二生長區域中更大。因此，較佳地，第一實施例之模板係藉由至少一個生長步驟(例如至少一個以V族材料限制生長方案操作之金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)生長步驟)穿過生長遮罩中之孔口形成。在此方案中，生長係V族元素(例如，氮)限制生長，此乃因使用相對低之V族對III族源氣體比率(例如，對於Ga<sub>2</sub>N核心，氮:TEG或TMG比率低於1,000，例如0.001至100)。應注意，對於包括奈米結構(例如，奈米線)核心及一或多個殼二者之模板，奈米結構核心較佳係以V族限制模式生長，而殼可以III族或V族限制模式生長，如下文將闡釋。因此，模板(例如，奈米線核心或奈米線核心與至少一個殼)高度及面積不相對於模板間距差異在確保第一及第二區域中之LED之不同發射波長中起作用。氮之更多或更少瞬時氣相擴散(與TEG或TMG相比)使得成為在生長係V族(例如，氮)限制時氣相濃度局部降低之來源，如下文更詳細論述。

在第二實施例中，較模板之m-平面上生長之作用區，模板之p-平

面上生長之作用區(例如，QW)中納入更多銦。因此，在第二實施例中，第一生長區域中之模板較第二區域中之模板含有更多暴露p-平面小面面積(及更少m-平面小面面積)。換言之，至少兩個模板具有不同面積小面比率或形狀。面積小面比率係至少兩個該小面(例如p-平面小面及m-平面小面)之相對面積。

對於藉由穿過遮罩中之孔口之生長形成的模板，第一生長區域中之遮罩較第二生長區域中之遮罩可含有更大孔口。此將產生具有欲在第一生長區域中形成之暴露p-平面之更大面積的奈米錐體模板及具有暴露p-平面(例如，僅在奈米線之尖端暴露之p-平面)之更小面積及更大暴露m-平面(例如，在六角形橫截面奈米線模板之側壁上暴露)的奈米線模板。模板上之暴露p-平面面積之量的此差異引起第一區域中之模板上形成之作用區(例如，QW)中的銦納入較第二區域中之生長區域上高，即使在作用區係在同一生長步驟中同時在第一及第二生長區域中形成時。因此，第一生長區域中形成之LED較第二生長區域中形成之LED具有更長峰發射波長。

較大生長區域上之作用區生長速率比較小生長區域上之生長速率慢。因此，較大面積模板上形成之作用區中納入之銦比較小面積模板上少(除非間距變化至較模板大小之相對差異對總局部生長區域產生更高影響的程度)。因此，若p-平面小面主導模板(例如，奈米錐體模板)較m-平面小面主導模板(例如，奈米線模板)具有更小面積或高度，則將向m-平面小面主導模板中納入更少銦，此增強奈米錐體與奈米線模板之間之暴露p-平面面積差異的正面效應(即，總面積差異與暴露p-平面面積差異協同起作用)。

本發明者認識到，與在以V族限制方案生長時更遠間隔開之核心進一步相比，例如藉由增加孔口之密度增加局部生長區域可增加緻密生長核心之高度。該效應係藉由在裂解成元素氮中具有嚴重動力學瓶

頸之V來源(尤其且本文由NH<sub>3</sub>例示)解釋。約15% NH<sub>3</sub>於950°C下藉由GaN表面催化裂解。於介於800°C與1000°C之間之典型GaN生長溫度下，在不存在GaN或暴露於介電表面(例如氮化矽遮罩)下氣相裂解之粗略估計係1%至3%。藉由較緻密間距之核心形成之GaN模板之擴大表面積可以此方式增強V族限制生長速率且較緊密間隔模板之高度遠高於彼此間隔較遠之模板之高度。此確保第二生長區域中之更緊密間隔模板之總面積大於第一生長區域中之更遠間隔模板之總面積。因此，期望使用V族限制生長方案以確保第二生長區域中之模板較第一生長區域中之模板具有更大面積或高度，則將向第二生長區域中生長之作用區中納入更多銦。因此，較佳地，第二實施例之III-氮化物奈米線或奈米錐體模板係穿過生長遮罩中之孔口藉由以V族限制方案操作之金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)方法結合足夠密度之孔口而形成，以保證GaN引起之NH<sub>3</sub> V族源氣體之催化裂解增加。此在第二生長區域中較在第一生長區域中產生更高且更大面積之模板。

第三實施例係第一及第二實施例之組合。在第三實施例中，生長遮罩中之孔口在第一生長區域中較在第二生長區域中大，且孔口在第一生長區域中較在第二生長區域中更遠間隔開。因此，孔口間距及大小協同增加第一及第二生長區域中形成之LED之間之峰發射波長的差異。

在此實施例中，第一生長區域中之模板之高度較佳大於第二生長區域中之模板之高度。此效應可藉由利用如上文所述NH<sub>3</sub>裂解之動力學障壁之第一生長區域中之GaN表面積增加來增強。第三實施例中之模板生長中所包含之NW核心生長步驟則較佳以V族材料限制生長方案實施，除非孔口間距差異遠大於第一及第二區域之間之孔口大小差異。在此情形下，較佳使用III族限制生長方案。應注意，與用於生長模板之方案無關，在所有三個實施例中，作用區(例如，QW)及殼

生長較佳皆係以III族限制生長方案實施。

因此，用於生長LED或其他光電子裝置之模板之遮罩在不同生長區域中含有不同間距及/或大小之孔口以促進每一生長區域中之不同形狀模板之生長，且隨後具有不同組成(例如，不同銦含量)之作用區在該等模板上生長。

術語選擇性生長係指至少一個表面上之磊晶生長，其中其他表面上之生長較低或甚至可忽略。藉由MOCVD之選擇性奈米結構模板生長較佳使用在磊晶基板上具有開口之遮罩，其中生長限於遮罩上無生長之孔口。然而，其他形式之奈米結構(例如，奈米線)生長(例如VLS或顆粒增強生長)亦以使晶體之一個方向或小面較其他小面生長明顯快之方式具有選擇性。奈米線生長可稱作表面選擇性生長，但術語表面選擇性生長亦已用於任一種結構，其中一個或小面較其他表面生長快。因此，本發明並不限於穿過遮罩孔口之模板生長且包括各種其他類型之奈米結構模板。此外，生長方法並不限於MOCVD且包括其他方法，例如CBE、MBE、LP-MOVPE等。可實現有效且出眾選擇性生長方案之任一方法係可行的。

較佳地，光電子裝置係具有不同形狀、大小及/或節距之模板的LED陣列。較佳地，每一模板係第一導電型半導體模板(例如，n型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>奈米線或奈米錐體模板)。第二導電型模板、作用區(例如，InGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>量子井)及殼(例如，p型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>殼)形成p-i-n接面。在接面上施加電壓時，作用區發射光(例如，可見光或UV輻射)。自陣列中之至少兩個LED發射之光具有不同波長。所發射光之不同波長係藉由至少兩個呈現不同面積之模板達成。

將參照圖1至6闡述上述遮罩孔口及奈米結構模板佈置之不同非限制性實施例。圖1A-6A顯示遮罩孔口中之奈米結構模板之俯視圖，而圖1B-6B顯示各別圖1A-6A中之裝置在每一圖中沿線A-A之各別側

面剖視圖。三個不同變量係以該等圖中所示之多個組合變化，即1)孔口與孔口組之間之距離；2) 遮罩孔口大小；及3) 包含模板生長(例如，模板奈米結構核心生長)之生長步驟中之一者是否係V族或III族限制。

圖1A及1B圖解說明第一實施例，其中提供不同間隔模板用於發射兩個不同波長之LED。在該等圖中，生長遮罩6 (例如，氮化矽層或另一絕緣材料層)在基板5 (例如，矽、GaN、藍寶石等)生長。基板5可在遮罩6下含有半導體緩衝層(例如，GaN、AlGaN等，為清晰起見未顯示)。圖1A係各別第一8a及第二8b生長區域中具有兩組奈米結構模板2a、2b之LED晶片的示意性俯視圖，且圖1B係具有沿圖1A中之線A-A穿過元件之橫截面的側面剖視圖。如圖中所示，在基板5中可存在複數個生長區域8a、8b (例如，交替第一及第二生長區域)。

在圖1A及1B中，模板2a、2b之幾何結構係由遮罩6孔口10a及10b間距控制。孔口10a、10b具有相同大小(例如，相同寬度、長度及/或直徑)，而孔口之間之距離在生長區域8a及8b中不同。藉由相對較大之V族：III族流量比將奈米線核心生長設定為III族限制，可使得生長區域8a中之模板之高度大於生長區域8b中之模板高度。如該等圖中所示，由於奈米線核心生長之後徑向(錐體)殼生長步驟之III族限制條件，奈米錐體型模板2a、2b在各別生長區域8a、8b中之各別孔口10a、10b中選擇性生長。即使孔口10a及10b之大小降低，亦可生長其他模板類型(例如，奈米線模板)。此實施中不需要V族限制生長步驟。

第一生長區域8a中之第一孔口10a與毗鄰孔口之間隔較第二生長區域8b中之第二孔口10b寬。因此，自第一生長區域8a中之第一孔口10a突出之第一奈米錐體模板2a與毗鄰模板之間隔較自第二生長區域8b中之第二孔口10b突出之奈米錐體模板2b寬。



由於模板之間之不同間距，將在同一後續步驟中在模板2a、2b上形成之作用區(例如，QW)中之In納入將不同。特定而言，在作用區生長步驟期間，第一模板2a上之作用區中之In納入較第二模板2b上之作用區中之In納入多。因此，帶隙在第一模板2a上生長之作用區中將較第二模板2b上寬。具體而言，第一模板2a上生長之較不緻密佈置之LED將能夠發射較長波長光(例如，紅光、黃光或綠光)，而第二模板2b上之更緻密佈置之LED將能夠發射較短波長光(例如藍光)。

應注意，此係藉由以下控制：高於2b模板之模板2a之表面積之增加尚未如間質遮罩面積隨8a及8b之間距差異增加一樣多。由於III族限制生長方案，第一奈米錐體模板2a較第二奈米錐體模板2b具有更大高度且因此具有更大暴露表面積。模板2a之更大高度及表面積意味著模板2a上形成之作用區中納入之鎵較模板2b上少。因此，模板之高度及面積差異相對於模板間之間距差異在區分來自作用區之發射波長中起作用。

因此，本發明者認識到，在模板在不同生長區域中具有不同間距(但其中在兩個生長區域中孔口大小相同)時，較佳以V族限制生長方案生長模板。如圖2A及2B中所示，在V族限制生長方案與相同大小孔口10a、10b一起使用時，突出穿過區域8a中生長遮罩6中之較寬間隔開之開口10a之模板2a將具有奈米錐體形狀，而突出穿過區域8b中生長遮罩6中之較窄間隔開之開口10b之模板102b將具有奈米線(例如，奈米柱)形狀。

奈米錐體模板2a及奈米線模板102b在以V族限制生長模式生長時具有大約相同高度及類似暴露表面積。此意味著模板2a及102b之暴露表面積之小的差異(若存在)將不對模板上作用區之鎵納入量之差異具有大的負面影響。此外，奈米線模板102b具有沿大多數其側壁暴露之m-平面「m」小面及在靠近尖端暴露之較小p-平面「p」小面。此意

味著較奈米線模板102b具有更大暴露p-平面小面面積之奈米錐體模板2a上形成之作用區較奈米線模板102b之m-平面小面上形成之作用區具有更多銻納入。因此，區域8a中奈米錐體模板上形成作用區較區域8b中奈米線模板102b中形成之作用區將發射甚至更長波長。因此，V族限制生長方案增強區域8a及8b中LED之間之發射波長差異。

圖2C及2D圖解說明替代實施例，其中奈米線模板102b較奈米錐體模板2a具有更大高度及更大暴露表面積，此時該等模板係以V族限制生長模式結合區域8b中足夠高之孔口密度及足夠高之生長溫度以保證第二生長區域8b中GaN介導之NH<sub>3</sub>催化裂解增加來生長。

如上文所論述，由於由GaN模板表面之裂解之催化，約15% V族源氣體NH<sub>3</sub>於950℃下裂解。於介於800℃與1000℃之間之典型GaN生長溫度下，在不存在GaN模板下或在使氣體暴露於介電表面(例如氮化矽遮罩6表面)時NH<sub>3</sub>氣相裂解之粗略估計係1%至3%。區域8b中自區域8b中較區域8a中較緻密間距之GaN核心產生的暴露於氨氣體之GaN之擴大表面積可增強V族限制生長速率且區域9B中更緊密間隔奈米線形狀之模板102b之高度遠高於區域8a中彼此間隔較遠之錐體形狀之模板2a的高度。此確保生長區域8a中之更緊密間隔模板102b之模板之總面積大於生長區域8a中之更遠間隔模板2a之總面積。因此，期望於足夠高溫(例如，至少800℃，例如800℃至1000℃，例如950℃至1000℃)下使用V族限制生長方案以確保生長區域8b中之模板102b較生長區域8a中之模板2a具有更大面積或高度，此乃因將區域8a中生長之作用區中納入甚至更多銻。換言之，由於模板2a具有較小暴露面積，更遠間隔開且具有更多暴露p-平面面積，因此，區域8a中之模板2a上生長之作用區中較區域102b中之模板102b上生長之作用區中納入更多銻。

儘管圖1及2中僅顯示兩個重複生長區域8a、8b，但在同一基板5

上可形成兩個以上生長區域。舉例而言，如圖3A及3B中所示，可在基板5上形成三個不同生長區域8a、8b及8c。遮罩6中之孔口10a、10b及10c之大小在所有三個區域8a、8b及8c中皆相同。然而，區域8c中之孔口10c較區域8a中之孔口10a間隔更寬，且區域8a中之孔口10a較區域8b中之孔口10b間隔更寬(節距更大)。在非限制性實施例中，在區域8b中形成奈米線模板102b且分別在區域8a及8c中形成奈米錐體模板2a及2c。因此，區域8b中之模板102b上形成之LED的作用區將具有最短發射波長(例如，藍色)，區域8a中之模板2a上形成之LED的作用區將具有中等發射波長(例如，綠色)且區域8c中之模板2c上形成之LED的作用區將具有最長發射波長(例如，紅色)。當然，可包括三個以上生長區域(例如，5至7個區域)以形成LED之作用區，其將發射紅色、橙色、黃色、綠色及藍色波長光。

在圖4A及4B中所示之替代實施例中，改變生長區域8a與8b之間之遮罩孔口10a、10b或區域大小，而不改變生長區域8a及8b中之毗鄰孔口之間之間距。毗鄰孔口之間之間距在兩個生長區域8a及8b中相同。區域8a中之孔口10a大於區域8b中之孔口10b。

在此實施例中，較佳藉由相對較小之III族：V族流量比將生長方案設定為III族限制。藉此，由於生長最初係針對垂直方向中之生長設定，由於生長區域對於自區域8a中之較大孔口10a突出之模板較自區域8b中之較小孔口10b突出之模板更大，故區域8a中之模板將較區域8b中之模板寬且短，此乃因對於給定時間，將在遮罩孔口10a、10b中沈積相等體積之材料。繼續或切換為徑向方向上之模板生長將產生兩種不同模板類型。將在區域8b中之較小孔口10b中形成奈米線或奈米柱模板102b，而將在區域8a中之較大孔口10a中形成奈米錐體模板2a。奈米錐體模板2a較奈米線模板102b將具有更大量之暴露於作用區生長之p-平面側小面「p」。奈米線模板102b較奈米錐體模板2a將暴露

更多m-平面側面「m」。由於p-平面側小面較m-平面側小面引起該等小面上生長之作用區中更多銦納入，故在同一生長步驟期間，區域8a中之奈米錐體模板2a上生長之作用區較區域8b中之奈米線模板102b上生長之作用區將發射更長波長光。

此外，在III族限制生長方案中，奈米線模板102b較奈米錐體模板2a將更高且具有更大暴露表面積。此意味著奈米錐體模板2a上形成之作用區中納入之銦較奈米線模板102b上多。此協同效應進一步增加模板2a上之區域8a中形成之作用區之發射波長(例如，甚至較短波長)與模板102b上之區域8b中形成之作用區之發射波長(例如，甚至較長波長)之間的差異。如上文所論述，可使用兩個以上具有不同孔口大小之生長區域(例如，3至7個區域)。

在圖5A及5B中所圖解說明之第三實施例中，孔口間距(根據第一實施例)及孔口大小(根據第二實施例)二者在生長區域之間改變。因此，生長區域8a中之孔口10a較生長區域8b中之孔口10b與毗鄰孔口之間隔更寬且具有更大大小。

在圖5A及5B中，模板可以III族限制生長方案或以V族限制生長方案生長，若區域8b中之孔口之間距足夠緊密以增加奈米線生長步驟期間之Ga<sub>N</sub>表面積(以改良NH<sub>3</sub>裂解之動力學效率)。該等方案皆產生突出穿過區域8a中之孔口10a之更短、間隔更遠之奈米錐體模板2a及突出穿過區域8b中之孔口10b之更高、間隔更緊密之奈米線模板102b。如先前實施例中所提供，區域8a中之模板2a上生長之LED的作用區較區域8b中之模板102b上生長之LED的作用區將含有更多銦且將發射更長波長之光。

在圖6A及6B中，孔口10a、10b具有與圖5A及5B中相同之大小及間距。然而，使模板以V族限制生長方案生長，但其中NH<sub>3</sub>裂解並不由Ga<sub>N</sub>表面明顯催化。此亦產生突出穿過區域8a中之孔口10a之間隔

更遠之奈米錐體模板2a及突出穿過區域8b中之孔口10b之間隔更緊密之奈米線模板102b。然而，模板2a及102b具有大約相同高度。如先前實施例中所提供，區域8a中之模板2a上生長之LED的作用區較區域8b中之模板102b上生長之LED的作用區將含有更多銦且將發射更長波長之光。然而，作用區之銦納入及發射波長之差異通常將小於圖5A及5B中含有不同高度模板之裝置。因此，III限制方案對於第三實施例較佳，除非孔口間距之差異遠大於孔口大小之差異。對於設定徑向生長中之模板對遮罩比率及作為催化表面二者，Ga<sub>2</sub>N表面係變化變量(生長時間依賴性)。奈米線生長模式中繼續之生長愈長，則對於催化效應差異變得愈大(即，奈米線愈長，則可用氮裂解區域愈大，此乃因奈米線之頂部及側壁二者皆有助於裂解氮)。

任何適宜MOCVD製程條件皆可用於形成圖1-6中所示之模板2、102。較佳地，MOCVD反應器壓力係5 - 100 kPa (50-1000毫巴)且反應器溫度係500℃至1200℃，較佳900℃至1200℃。III族源氣體可為TMG (三甲基鎵)或TEG(三乙基鎵)，其具有0.12 μmol/min及1.2 μmol/min或0.5 sccm/min至10 sccm/min之流速。V族源氣體可為氮，其具有0.2 sccm/min至10 sccm/min (例如0.2 sccm/min至3 sccm/min)之流速。

可藉由改變III族對V族源氣體流量比使得製程為III族限制或V族限制。此外，V族限制方案可操縱為由總局部Ga<sub>2</sub>N表面積更多或更少之動力學局部限制。提供III族源氣體之增加流量(其中生長速率並不隨增加III族源氣體流量而增加)將產生V族限制生長(即，高III:V比率)。提供III族源氣體之較低流量(其中生長速率隨增加III族源氣體流量而增加)將產生III族限制生長(即，低III:V比率)。

如圖7中所示，每一完成LED 1皆可在基板5上形成，該基板可包含含有可選Ga<sub>2</sub>N或AlGa<sub>2</sub>N磊晶緩衝層7之藍寶石、SiC、Si或Ga<sub>2</sub>N基

板。遮罩6可包含藉由PECVD沈積之氮化矽或氧化矽之層(厚度為20 nm至50 nm)。可使用業內已知之若干技術以形成孔口10a、10b，例如電子束微影術(EBL)、奈米壓模微影術、光學微影術及反應離子蝕刻(RIE)或濕式化學蝕刻方法。較佳地，每一孔口之大小(即，直徑)皆係10 nm至500 nm(例如50 nm至200 nm)，面積為150 nm<sup>2</sup>至0.5微米<sup>2</sup>，且節距(即，間隔)係0.5μm至5 μm。藉由MOCVD或另一適宜方法使模板2在孔口10中選擇性生長，該方法包含另外可以動力學或質量流量限制之III族或V族限制步驟，如上文所述。模板2可包含利用第一(例如，n型)導電型摻雜劑摻雜之GaN或另一III-氮化物半導體材料。

藉由MOCVD或另一適宜方法使作用區4 (例如，量子井)在模板2上生長，且使接面形成元件3(例如第二(例如，p型)導電型之殼)在作用區上生長。較佳地，使作用區4及殼3以III族限制方案生長。殼3可包含p型GaN且作用區可包含具有In對Ga之預選比率之In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N量子井(即，其中x在大於0與小於1之間變化)。基於銦含量，InGa<sub>x</sub>N在約375 nm與1100 nm之間具有峰發射波長之撓性。若期望，量子井可包含四元材料，例如InAlGa<sub>x</sub>N或另一適宜半導體材料、InAlGa<sub>x</sub>N延伸介於約200 nm與1100 nm之間之波長之材料撓性，但對於高品質生長引入其他挑戰。隨後與模板2及殼3電接觸形成電極以完成LED。

展開根據本發明之一個態樣產生之陣列以使由於作用區之不同In含量在每一區域中具有不同作用區4帶隙之LED 1的組(即，生長區域8a、8b等)可單獨電尋址。換言之，可對不同生長區域中之LED之不同組施加不同驅動電壓或電流。此係合意的，此乃因若對所有元件施加相同驅動電壓，則一些裝置之效率將過低，或將對其他元件施加過量電壓，自能量使用角度來看其可無效。此外，可打開LED之組中的一些(例如，一或多者)，同時可關閉LED之一些其他(例如，一或多個)組以改變由LED陣列發射之光之顏色。此可藉由形成與每一LED

組(例如，與每一生長區域)接觸且單獨連接每一組之電極對至一或多個電壓或電流源的單獨電極來形成。

在替代實施例中，不同生長區域中之不同顏色光發射LED可串聯電連接。舉例而言，一或多個區域8a可與一或多個區域8b串聯連接。

在第四實施例中，可使得單一模板上之每一作用區發射複數個波長。非限制性實例示於圖8A-8B中，其中每一作用區皆能夠發射三個波長。此係藉由包含孔口10之列之遮罩6孔口10圖案之佈局達成。每一列「r」中之孔口10與毗鄰孔口緊密間隔，而列「r」之間存在相對大之距離。舉例而言，同一列「r」中毗鄰孔口之間距離「y」係毗鄰列中毗鄰孔口之間之距離「x」之至少2倍，例如2至10倍。較佳地，列之間之距離係圖7中所示個別LED 1之寬度的至少2至3倍。

因此，LED 1係呈列提供，其中個別模板之小面將與同一列中之毗鄰模板隔開窄的距離「y」，此延遲/阻礙In納入作用區4中。因此，在模板2之m-平面側小面上在同一列中面向並毗鄰LED 1之作用區4之部分4b將具有最少量之銦且因此將具有最短發射波長(例如，在藍色區中)。另一方面，模板2之m-平面側小面上形成之面向列之側(即，面向毗鄰列)之作用區4的部分4a (其中無緊密相鄰LED)將易於納入更多In。因此，作用區之部分4a較部分4b將具有發波長更長(例如，在綠色區中)之發射。最後，由於p-平面小面上之作用區中In納入最高，在模板2之頂部p-平面小面上形成之作用區4的部分4c將發射最長波長光(例如，在紅色區中)。若在第一實施例至第三實施例中不期望奈米線模板102之頂部p-平面小面上之此高銦納入，則可回蝕模板102以移除尖銳p-平面小面尖端以在奈米線模板102上留下平坦c-平面頂部表面。在沈積期間，模板102之c-平面小面上形成之作用區部分並不優先納入銦。

如上文所述，LED發射顏色差異係由基板之局部幾何結構及基板

上之模板(例如，模板102)之局部形狀及尺寸控制。為達成白光之高品質提供，可能需要最長波長與最短波長之間至多200 nm之波長差異。為產生藍色/綠色之良好提供，可能需要最短波長與最長波長之間至多100 nm之波長差異，但較低差異可為有利的。

儘管裝置係在多色LED上下文中論述，但LED陣列可包含在一系列波長內之單色LED。此外，即使許多實例係利用藍色、綠色與紅色之間之傳統劃分給出，但可設想任何多重顏色組。舉例而言，可產生緊密佈置顏色以提供模擬光源之黑體發射類型之實質上連續光譜。此外，上述模板可用於其他裝置，例如雷射、光檢測器、電晶體、二極體等。

### 用於遮罩依賴性結構設計之多步選擇性生長

如上文所述，在利用奈米線生長作為3D結構之模板之第一步驟時，在III族限制條件下，結構大小及形狀仍與間距及孔口大小(局部 $A_g/A_m$ )配合。然而，在本發明實施例中，利用V族限制條件，在生長速率並不受III族源材料遞送限制時，亦可達成獨立於間距之恆定生長速率。

如上文所述相同機制適於遮罩孔口大小。孔口大小將主要影響模板長度及寬度，且尤其在III族源材料限制生長方案中，模板可以獨立於孔口大小之長度生長。

因此，兩步生長具有額外優勢，此乃因其產生如下機會：使與全域單色調小面形成無關並藉由改變孔口間距及孔口大小於不同位置處製造不同形狀之半導體結構。應注意，在模板之側小面上轉換至徑向生長意味著重新界定生長區域，在某種意義上奈米線側小面以及奈米線之頂部區域隨後一起用作生長區域，而頂部區域在奈米線條件期間係生長區域。

隨後可理解奈米線生長之功能以構成模板之製備用於界定獨立



於間距及孔口大小之後續徑向生長的生長區域，較常用一步生長(其中生長速率直接依賴於間距及孔口大小且生長體積恆定)遠更高自由。作為奈米線核心之一部分或在其上提供之層形成模板用於提供活性層，且端視奈米線之相對高度，層之錐體小面與側小面之間可變。於相同模板長度下，間距隨後將增加 $p/m$ 平面之比率，此乃因每一成核之收集體積/遮罩區域的較大比率使得在徑向層生長期間更多材料可用於奈米線。藉由以不同方式對模板分組(例如藉由間距及孔口大小)，可達成不同性質(高度、寬度、小面面積等)，從而在該等模板上生長三元QW時，產生主要不同發射波長。

如上文所述，製造多色發射LED之方法包括在基板上界定具有期望孔口圖案之生長遮罩。生長遮罩可為覆蓋具有不同大小及/或不同間距之孔口之基板的層，開口根據獲得上述期望性質之某些規則分組。模板以生長方案選擇性生長，以使模板之長度可基本上獨立於孔口間距。

在模板視需要生長(即複數個呈現長度、寬度等之各種組合之奈米線及/或奈米錐體)時，在模板上生長至少一個徑向層(例如，作用區及殼)。如先前所述，亦可製造模板，其中端視生長方案而定，可使得高度依賴或獨立於孔口節距。此亦適於孔口大小。孔口大小隨後將主要影響模板長度及寬度，但可使得長度獨立於孔口大小。

於極端條件下，若III族流量較高，如在許多奈米線條件下，然而，具有小 $A_m$ 之生長(如同極端大之孔口)不可行，且將產生低品質生長且經常在表面上形成III族液滴。

如所示，在奈米線生長中，在生長速率並不由III族源材料遞送限制時，亦可達成獨立於間距之恆定生長速率。

如上文所述相同機制適於遮罩孔口大小。孔口大小將主要影響模板長度及寬度，且尤其在III族源材料限制生長方案中，模板可生長

獨立於孔口大小之長度。

遮罩中之孔口通常將具有圓形形狀，但其他形狀係可能的，例如六角形或矩形。遮罩孔口大小可在10 nm至500nm (「有效直徑」) 或150nm<sup>2</sup>至0.5μm<sup>2</sup>面積範圍內。

模板之長度/寬度比對徑向層(例如作用區QW)之c-平面/p-平面/m-平面面積比具有直接效應。於相同體積之所生長底層下，較短模板產生較大錐體部分。利用延伸生長及較長生長時間，最終以側小面為代價形成錐體形狀，此乃因p-平面呈現最慢生長速率。在僅p-平面終止元件時，體積生長速率將降低。在源流量高於允許之p-平面生長速率時，此效應較強。在以較大間距製造較小淨體積組時，此可用於額外優勢，此乃因奈米線長度將決定錐體高度。因此，在形成完全錐體時，錐體之體積可由奈米線長度完全控制。

應注意，由動力學效應引起之生長速率變化(例如在V族限制方案中藉由增加暴露於GaN表面改良局部NH<sub>3</sub>裂解)係對上述理論之額外效應，此乃因理論論述限於在質量流量佔主導地位時，表面比之貢獻引起生長速率。然而，因應質量流量及動力學阻礙之生長速率並不以任一方式相互排斥，在所有動力學障壁最小化時除外。

在提及頂部、底部、基底、側面等時皆僅用於易於理解而引入，且不應視為限制特定定向。此外，圖中之結構之尺寸不需按比例繪製。

儘管已與當前被視作最實際及較佳之實施例一起闡述本發明，但應理解，本發明並不限於所揭示之實施例，而是相反，本發明意欲涵蓋隨附申請專利範圍之範疇內之各種修改及等效佈置。

**【符號說明】**

- 1           LED
- 2           模板

2a	模板
2b	模板
3	接面形成元件
4	作用區
4a	部分
4b	部分
4c	部分
5	基板
6	生長遮罩
7	磊晶緩衝層
8a	生長區域
8b	生長區域
10	孔口
10a	第一孔口
10b	第二孔口
102b	模板
A-A	線
M	平面
P	平面
r	列
x	毗鄰列中毗鄰孔口之間之距離
y	同一列「r」中毗鄰孔口之間距離

201511357

## 發明摘要

※ 申請案號：103119806

※ 申請日：103.6.6

※IPC 分類：H01L 33/30 (2010.01)

## 【發明名稱】

多色LED及其製造方法

MULTICOLOR LED AND METHOD OF FABRICATING  
THEREOF

## 【中文】

本發明提供一種裝置，其包括至少包括第一區域及第二區域之支撐件及複數個位於該支撐件之該第一區域上方之第一發光裝置，每一第一發光裝置皆含有包括第一奈米結構之第一生長模板，且每一第一發光裝置皆具有第一峰發射波長。該裝置亦包括複數個位於該支撐件之該第二區域上方之第二發光裝置，每一第二發光裝置皆含有包括第二奈米結構之第二生長模板，且每一第二發光裝置皆具有不同於該第一峰發射波長之第二峰發射波長。每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板。

**【英文】**

A device includes a support including at least a first area and a second area, and a plurality of first light emitting devices located over the first area of the support, each first light emitting device containing a first growth template including a first nanostructure, and each first light emitting device has a first peak emission wavelength. The device also includes a plurality of second light emitting devices located over the second area of the support, each second light emitting device containing a second growth template including a second nanostructure, and each second light emitting device has a second peak emission wavelength different from the first peak emission wavelength. Each first growth template differs from each second growth template.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】：**第（2B）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】：**

2a	模板
5	基板
6	生長遮罩
8a	生長區域
8b	生長區域
10a	第一孔口
10b	第二孔口
102b	模板
M	平面
P	平面

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：**

無

# 申請專利範圍

1. 一種裝置，其包含：

包含至少第一區域及第二區域之支撐件；

複數個位於該支撐件之該第一區域上方之第一發光裝置，每一第一發光裝置皆含有包含第一奈米結構之第一生長模板，且每一第一發光裝置皆具有第一峰發射波長；及

複數個位於該支撐件之該第二區域上方之第二發光裝置，每一第二發光裝置皆含有包含第二奈米結構之第二生長模板，且每一第二發光裝置皆具有不同於該第一峰發射波長之第二峰發射波長；

其中每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板。

2. 如請求項1之裝置，其中該支撐件包含生長基板或處置基板。

3. 如請求項1之裝置，其中：

每一第一奈米結構皆包含第一奈米線核心，其包含該第一生長模板之內部部分或全部；

每一第一奈米線核心皆突出穿過該第一區域中之生長遮罩中的第一孔口；

每一第二奈米結構皆包含第二奈米線核心，其包含該第二生長模板之內部部分或全部；且

每一第二奈米線核心皆突出穿過該第二區域中之生長遮罩中的第二孔口。

4. 如請求項3之裝置，其中：

每一第一奈米線核心皆包含第一導電型半導體材料；

每一第二奈米線核心皆包含該第一導電型半導體材料；

第一作用區位於每一第一奈米線核心周圍，該第一作用區包

含至少一個具有第一帶隙之第一量子井；

第二作用區位於每一第二奈米線核心周圍，該第二作用區包含至少一個具有不同於該第一帶隙之第二帶隙的第二量子井；

包含不同於該第一導電型之第二導電型之半導體材料的第一接面形成元件位於每一第一作用區周圍以形成p-n或p-i-n接面；  
且

包含不同於該第一導電型之第二導電型之半導體材料的第二接面形成元件位於每一第二作用區周圍以形成p-n或p-i-n接面。

5. 如請求項4之裝置，其中每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率，(c) 與毗鄰生長模板之間距，或(d) 該生長遮罩中之該孔口之大小。

6. 如請求項5之裝置，其中：

每一第一及第二奈米線核心皆包含III-氮化物半導體材料；

每一第一及第二量子井皆包含氮化銦鎵材料；且

每一第一量子井皆含有不同於每一第二量子井之量之銦，此乃因該第一生長模板與該第二生長模板之間在於以下中之至少一者之差異：(a)各別作用區之該生長區域，(b)暴露生長面之比率，或(c) 與毗鄰生長模板之間距。

7. 如請求項6之裝置，其中：

每一第一生長模板皆包含該第一奈米線核心及至少一個在該第一奈米線核心周圍之第一模板層，以使該第一模板層橫向延伸超出該生長遮罩上之該第一孔口；

每一第二生長模板皆包含該第二奈米線核心及至少一個在該第二奈米線核心周圍之第二模板層，以使該第二模板層橫向延伸超出該生長遮罩上之該第二孔口；



每一第一生長模板皆具有奈米錐體形狀；

每一第二生長模板皆具有奈米柱或奈米線形狀；

每一第一生長模板皆具有較接觸該第二作用區之該第二生長模板之p-平面小面面積大之接觸該第一作用區之p-平面小面面積；且

由於該第一生長模板與該第二生長模板之間之該p-平面小面面積差異，每一第一量子井較每一第二量子井皆含有更高量之銦及更低峰發射波長。

8. 如請求項7之裝置，其中：

每一第一孔口皆具有與每一第二孔口實質上相等之寬度或直徑；

每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔較每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔更遠；且

每一第一生長模板皆具有與接觸該第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸該第一作用區之生長區域。

9. 如請求項8之裝置，其進一步包含複數個位於該支撐件之第三區域上方之第三發光裝置，每一第三發光裝置皆具有不同於該第一及該第二峰發射波長之第三峰發射波長。

10. 如請求項9之裝置，其中：

每一第三發光裝置皆含有包含第三奈米錐體生長模板，其包含突出穿過該第三區域中之生長遮罩中的第三孔口之第三奈米線核心；

每一第三孔口皆具有與每一第一及第二孔口實質上相等之寬度或直徑；

每一第三孔口與毗鄰第三孔口之間隔較每一第一及第二孔口

與毗鄰各別第一及第二孔口之間隔更遠；

每一第三生長模板皆具有與接觸該等各別第一及第二作用區之每一第一及第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸第三作用區的生長區域；且

該第三峰發射波長較該第一及該第二峰發射波長長。

11. 如請求項7之裝置，其中：

每一第一孔口具有較每一第二孔口實質上大之寬度或直徑；

每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔與每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔實質上相等或較其遠；且

每一第一生長模板皆具有與接觸該第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相同或較其小之接觸該第一作用區之生長區域。

12. 如請求項4之裝置，其中該第一及該第二發光裝置包含發光二極體，且每一第一及第二接面形成元件皆係選自半導體殼、接觸複數個生長模板之連續半導體層或接觸複數個生長模板且具有晶格間隙之連續半導體層。

13. 一種製造發光裝置之方法，其包含：

提供包含在第一區域中具有複數個第一孔口及在第二區域中具有複數個孔口之生長遮罩的生長基板；

在同一奈米結構生長步驟中穿過該第一孔口使複數個第一奈米結構及穿過該第二孔口使複數個第二奈米結構選擇性生長，其中該第一及該第二奈米結構包含各別第一及第二生長模板之內部部分或全部；

在同一作用區生長步驟中使第一及第二作用區在各別第一及第二生長模板上生長，及

在同一接面形成元件生長步驟中使第一及第二接面形成元件

在各別第一及第二作用區上生長以形成各別第一及第二發光裝置；

其中每一第一生長模板皆不同於每一第二生長模板，以使每一第二發光裝置皆具有不同於每一第一發光裝置之第一峰發射波長的第二峰發射波長。

14. 如請求項13之方法，其中：

每一第一奈米線核心皆包含第一導電型半導體材料；

每一第二奈米線核心皆包含該第一導電型半導體材料；

每一第一作用區皆包含至少一個具有第一帶隙之第一量子井；

每一第二作用區皆包含至少一個具有不同於該第一帶隙之第二帶隙的第二量子井；

每一第一接面形成元件皆包含不同於該第一導電型之第二導電型的半導體材料以與該第一生長模板及該第一作用區形成p-n或p-i-n接面；且

每一第二接面形成元件皆包含不同於該第一導電型之第二導電型的半導體材料以與該第二生長模板及該第二作用區形成p-n或p-i-n接面。

15. 如請求項14之方法，其中每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率，(c) 與毗鄰生長模板之間距，或(d) 該生長遮罩中之該孔口之大小。

16. 如請求項15之方法，其中：

每一第一及第二奈米線核心皆包含III-氮化物半導體材料；

每一第一及第二量子井皆包含氮化銦鎵材料；且

每一第一量子井含有不同於每一第二量子井之量之銦，此乃

因該第一生長模板與該第二生長模板之間在於以下中之至少一者之差異：(a)各別作用區之該生長區域，(b)暴露生長面之比率，(c)與毗鄰生長模板之間距，或(d)該生長遮罩中之該孔口之大小。

17. 如請求項16之方法，其中：

每一第一生長模板皆包含該第一奈米線核心及至少一個在該第一奈米線核心周圍之第一模板層，以使該第一模板層橫向延伸超出該生長遮罩上之該第一孔口；

每一第二生長模板皆包含該第二奈米線核心及至少一個在該第二奈米線核心周圍之第二模板層，以使該第二模板層橫向延伸超出該生長遮罩上之該第二孔口；

每一第一生長模板皆具有奈米錐體形狀；

每一第二生長模板皆具有奈米柱或奈米線形狀；

每一第一生長模板皆具有較接觸該第二作用區之該第二生長模板之p-平面小面面積大之接觸該第一作用區之p-平面小面面積；且

由於該第一生長模板與該第二生長模板之間之p-平面小面面積差異，每一第一量子井較每一第二量子井皆含有更高量之銦及更低峰發射波長。

18. 如請求項17之方法，其中：

每一第一及第二III-氮化物半導體奈米線核心皆係藉由MOCVD以V族限制生長方案選擇性生長；

每一第一孔口皆具有與每一第二孔口實質上相等之寬度或直徑；

每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔較每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔更遠；且

每一第一生長模板皆具有與接觸該第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸該第一作用區之生長區域。

19. 如請求項18之方法，其中：

該第一及該第二III-氮化物半導體奈米線核心係以V族限制生長方案結合該第二區域中足夠高之孔口密度及足夠高之生長溫度以保證該第二區域中III-氮化物介導之氮V族源材料催化裂解增加來生長；且

每一第一生長模板皆具有較接觸該第二作用區之每一第二生長模板之該生長區域更小之接觸該第一作用區之生長區域。

20. 如請求項18之方法，其進一步包含形成複數個位於該基板之第三區域上方之第三發光裝置，每一第三發光裝置皆具有不同於該第一及該第二峰發射波長之第三峰發射波長。

21. 如請求項20之方法，其中：

每一第三發光裝置皆含有第三奈米錐體生長模板，其包含突出穿過該第三區域中之生長遮罩中的第三孔口之第三奈米線核心；

每一第三孔口皆具有與每一第一及第二孔口實質上相等之寬度或直徑；

每一第三孔口與毗鄰第三孔口之間隔較每一第一及第二孔口與毗鄰各別第一及第二孔口之間隔更遠；

每一第三生長模板皆具有與接觸該等各別第一及第二作用區之每一第一及第二生長模板之生長區域實質上相等或較其小之接觸第三作用區的生長區域；且

該第三峰發射波長較該第一及該第二峰發射波長長。

22. 如請求項17之方法，其中：

每一第一孔口皆具有較每一第二孔口實質上大之寬度或直徑；

每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔與每一第二孔口與毗鄰第二孔口之間隔實質上相等或較其遠；且

每一第一生長模板皆具有與接觸該第二作用區之每一第二生長模板之生長區域實質上相同或較其小之接觸該第一作用區之生長區域。

23. 如請求項13之方法，其中該第一及該第二發光裝置包含發光二極體，且每一第一及第二接面形成元件皆係選自半導體殼、接觸複數個生長模板之連續半導體層或接觸複數個生長模板且具有晶格間隙之連續半導體層。

24. 一種中間半導體結構，其包含：

基板；

複數個包含位於該基板之第一區域上方之第一半導體奈米結構的第一生長模板；及

複數個包含位於該基板之第二區域上方之第二半導體奈米結構的第二生長模板；

其中每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a) 各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率，(c) 與毗鄰生長模板之間距，或(d)生長遮罩中之孔口之大小。

25. 一種製造半導體裝置之方法，其包含：

提供中間半導體結構，其包含基板、複數個包含位於該基板之第一區域上方之第一III-氮化物半導體奈米結構的第一III-氮化物半導體生長模板，及複數個包含位於該基板之第二區域上方之第二III-氮化物半導體奈米結構的第二III-氮化物半導體生長模

板，其中每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率或(c) 與毗鄰生長模板之間距；及

在同一作用區生長步驟中使第一及第二氮化銦鎵半導體作用區在各別第一及第二生長模板上生長；

其中每一第一作用區皆含有與每一第二作用區不同之量之銦，此乃因該第一及該第二生長模板之間在於以下中之至少一者之差異：(a)各別作用區之該生長區域，(b)暴露生長面之比率，或(c) 與毗鄰生長模板之該間距。

26. 如請求項25之方法，其進一步包含在同一接面形成元件生長步驟中使第一及第二半導體接面形成元件在各別第一及第二作用區上生長以形成各別第一及第二發光裝置。
27. 如請求項25之方法，其中生長第一及第二氮化銦鎵半導體作用區之該步驟包含使用採用氮V族材料來源之MOCVD。
28. 一種生長III-V半導體奈米線之方法，其包含藉由MOCVD以V族限制生長方案使該III-V奈米線在基板上生長。
29. 如請求項28之方法，其進一步包含藉由MOCVD以該V族限制生長方案穿過位於該基板上方之生長遮罩之第一區域中的第一孔口使複數個第一III-V奈米線生長及藉由MOCVD以該V族限制生長方案穿過生長遮罩之第二區域中的第二孔口使複數個第二III-V奈米線生長。
30. 如請求項29之方法，其中每一第一孔口與毗鄰第一孔口之間隔較每一第二孔口更遠，且其中該等第一III-V奈米線具有較該等第二III-V奈米線小之高度。
31. 如請求項30之方法，其進一步包含使至少一個第一III-V半導體模板層在該等第一III-V奈米線上生長以形成複數個第一生長模

板，及使至少一個第二III-V半導體模板層在該等第二III-V奈米線上生長以形成複數個第二生長模板，其中每一第一生長模板與每一第二生長模板之不同之處在於以下中之至少一者：(a)各別作用區之生長區域，(b) 暴露生長面之比率或(c) 與毗鄰生長模板之間距。

32. 如請求項31之方法，其進一步包含：

使包含至少一個第一氮化銦鎵量子井之第一作用區在該第一生長模板上生長；

使包含至少一個第二氮化銦鎵量子井之第二作用區在該第二生長模板上生長；及

使第一及第二接面形成元件在各別第一及第二作用區上生長；

其中由於該第一及該第二生長模板之間之差異，每一第一量子井皆含有與每一第二量子井不同之量之銦。

33. 如請求項32之方法，其中：

該等第一及該等第二III-V奈米線包含III-氮化物奈米線，其係以該V族限制生長方案結合該第二區域中足夠高之第二孔口密度及足夠高之生長溫度以保證該第二區域中III-氮化物介導之氮V族源材料催化裂解增加來生長；且

每一第一生長模板皆具有較接觸該第二作用區之每一第二生長模板之該生長區域更小之接觸該第一作用區之生長區域。























