



(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 I656666 B

(45) 公告日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 11 日

(21) 申請案號：103143892

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 16 日

(51) Int. Cl. : *H01L33/52 (2010.01)**H01L33/48 (2010.01)*

(30) 優先權：2013/12/19 法國

1363005

(71) 申請人：法商艾勒迪亞公司 (法國) ALEDIA (FR)

法國

原子能和可替代能源委員會 (法國) COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (FR)

法國

(72) 發明人：杜邦蒂芬妮 DUPONT, TIPHAINE (FR) ; 迪塞爾約翰 DESIERES, YOHAN (FR)

(74) 代理人：蔡坤財；李世章

(56) 參考文獻：

US 2007/0221939A1

US 2010/0283064A1

US 2011/0254034A1

US 2012/0161176A1

US 2013/0313583A1

審查人員：黃本立

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：20 共 34 頁

(54) 名稱

具有改善光提取之電致發光二極體的光電裝置

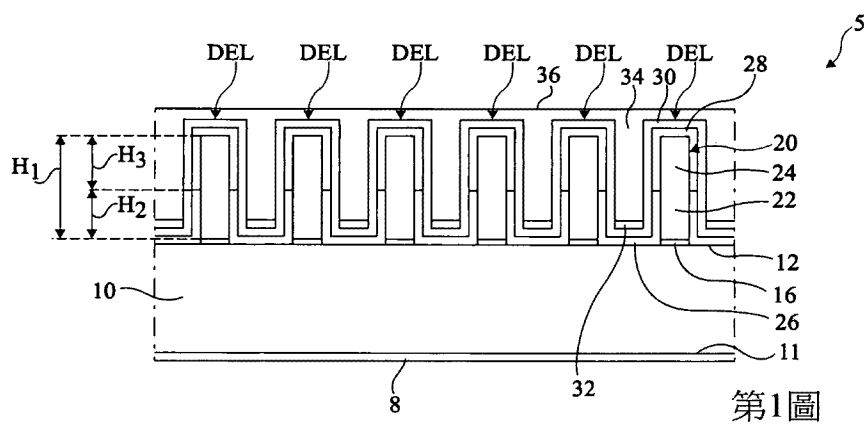
OPTOELECTRONIC DEVICE HAVING ELECTROLUMINESCENT DIODES WITH IMPROVED  
LIGHT EXTRACTION

(57) 摘要

本發明關於一種光電裝置(5)，光電裝置(5)包括半導體基板(10)、發光二極體(DEL)及至少部分透明的介電層(34)，半導體基板(10)包括表面(12)，發光二極體(DEL)由該表面所支撐且包括線型、圓錐形或錐形的半導體元件(20)，至少部分透明的介電層(34)覆蓋發光二極體，介電層之折射率在從 1.6 至 1.8 的範圍中。

The invention relates to an optoelectronic device (5) comprises a semiconductor substrate (10) comprising a surface (12), light-emitting diodes (DEL) supported by the surface and comprising semiconductor elements (20) of wire, conical, or tapered shape and an at least partially transparent dielectric layer (34) covering the light-emitting diodes, the refractive index of the dielectric layer being in the range from 1.6 to 1.8.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

- 5 . . . 光電裝置
- 8 . . . 第一電極
- 10 . . . 半導體基板
- 11 . . . 下表面
- 12 . . . 上表面
- 16 . . . 晶種墊
- 20 . . . 半導體元件/  
線
- 22 . . . 下部分
- 24 . . . 上部分
- 26 . . . 絕緣層
- 28 . . . 殼
- 30 . . . 層/電極層/  
電極
- 32 . . . 導電鏡層
- 34 . . . 密封層
- 36 . . . 前表面
- DEL . . . 發光二極  
體
- H<sub>1</sub> . . . 高度
- H<sub>2</sub> . . . 高度
- H<sub>3</sub> . . . 高度

# 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】 (中文/英文)

具有改善光提取之電致發光二極體的光電裝置

OPTOELECTRONIC                      DEVICE                      HAVING  
ELECTROLUMINESCENT DIODES WITH IMPROVED  
LIGHT EXTRACTION

## 【技術領域】

【0001】 本發明大致上關於基於半導體材料的光電裝置及製造該等光電裝置的方法。本發明更具體而言關於包括由三維元件所形成的發光二極體的光電裝置，三維元件特定而言為半導體微米線或奈米線。

## 【先前技術】

【0002】 用語「具有發光二極體的光電裝置」指明能夠將電子訊號轉換成電磁輻射的裝置，且更特定而言專用於電磁輻射(特定而言為光)之發射的裝置。能夠形成發光二極體的三維元件之實例為包括半導體材料的微米線或奈米線，該半導體材料是基於主要包括至少一個第三族元素及一個第五族元素的化合物(舉例而言，氮化鎵(GaN))，以下稱作 III-V 族化合物。

【0003】 光電裝置之提取效率通常由從光電裝置逃脫的光子之數目對於由發光二極體所發射的光子之數目之比例所界定。希望光電裝置之提取效率盡可能高。

【0004】 現存光電裝置之缺點為在各發光二極體內發射的一小部分光子並不從發光二極體逃脫。

【0005】 現存光電裝置之另一個缺點為由各發光二極體所發射的光之一部分被鄰近發光二極體所捕捉或吸收。

**【發明內容】**

【0006】 因此，實施例之目的為克服先前所述具有發光二極體且特定而言具有微米線或奈米線的光電裝置及該等光電裝置之製造方法之至少部分的缺點。

【0007】 實施例之另一個目的為增加光電裝置之提取效率。

【0008】 實施例之另一個目的為減少並不從各發光二極體逃脫的光之比例。

【0009】 實施例之另一個目的為減少由發光二極體所發射的光被鄰近發光二極體所吸收/捕捉之比例。

【0010】 實施例之另一個目的為針對具有發光二極體的光電裝置能夠以產業規模且於低成本下製造。

【0011】 因此，實施例提供光電裝置，包括：

半導體基板，該半導體基板包括表面；

由該表面所支撐的發光二極體，且包括線型、圓錐形(conical)或錐形(tapered)的半導體元件；及

至少部分透明的介電層，該至少部分透明的介電層覆蓋該等發光二極體，介電層之折射率在從 1.6 至 1.8 的範圍中。

【0012】 根據實施例，介電層之折射率在從 1.7 至 1.75 的範圍中。

【0013】 根據實施例，各半導體元件主要由 III-V 族化合物所製成。

【0014】 根據實施例，各半導體元件主要包括氮化鎵。

【0015】 根據實施例，各半導體元件之平均直徑在從 200 nm 至 1  $\mu\text{m}$  的範圍中。

【0016】 根據實施例，密封(encapsulation)層包括由第一至少部分透明的材料所製成的基材(matrix)且具有散布於該基材中的第二材料之顆粒，第二材料之折射率大於第一材料之折射率。

【0017】 根據實施例，第一材料為聚矽氧烷(polysiloxane)

【0018】 根據實施例，第二材料為自二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )、二氧化鋯( $\text{ZrO}_2$ )及硫化鋅( $\text{ZnS}$ )中所選出的介電材料。

【0019】 根據實施例，密封層是由從包括下列的群組所選出的材料所製成：環氧聚合物(epoxide polymer)、 $\text{SiO}_x$ 類型的矽氧化物、 $\text{SiO}_y\text{N}_z$ 類型的矽氧化物以及氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )，其中  $x$  為大於 0 的實數且小於或等於 2，其中  $y$  為大於 0 的實數且小於或等於 2，且  $z$  大於 0 且小於或等於 0.57。

【0020】 根據實施例，發光二極體分布於該表面之一部分上，且在該部分上發光二極體之表面密度遠離該部分之邊緣而減少。

【0021】 根據實施例，發光二極體分布於該表面之一部分上，且針對單位表面積該部分之周長對於該部分之表面積之比例大於或等於 4。

【0022】 根據實施例，該部分對應於具有孔的表面。

**【圖式簡單說明】**

【0023】 前述及其他特徵及優點將在以下關聯附圖的具體實施例之非限制描述中詳細討論，圖式當中：

【0024】 第 1 圖為具有微米線或奈米線的光電裝置之實施例之部分簡化橫截面視圖；

【0025】 第 2 圖至第 6 圖繪示在微米線或奈米線中由光束所遵循的路徑之不同配置；

【0026】 第 7 圖圖示根據環繞發光二極體的材料之折射率，由具有微米線或奈米線的發光二極體所傳遞的光之傳播模式之分布之變化；

【0027】 第 8 圖圖示根據環繞發光二極體的材料之折射率，在微米線或奈米線的發光二極體中捕捉的光導模式之傳播之變化之曲線；

【0028】 第 9 圖為包括具有微米線或奈米線的發光二極體的光電裝置之部分簡化頂面視圖；

【0029】 第 10 圖圖示根據在第 9 圖之光電裝置之前表面上考量的位置，提取效率之變化；及

【0030】 第 11 圖至第 20 圖為包括具有微米線或奈米線的發光二極體的光電裝置之實施例之部分簡化頂面視圖。

**【實施方式】**

【0031】 爲了清楚起見，在各圖式中相同的元件已用相同的元件符號來指明，且此外，如同往常電子電路之表示，各圖式並未按比例繪製。此外，僅圖示及描述了有用於理解本揭示案的那些元件。特定而言，用於偏壓光電裝置之發光二極

體的手段為習知且將不予描述。

【0032】 在以下的描述中，除非另外指出，用語「實質上」、「近似」、及「在.....的等級」意謂「在 10%內」。此外，「主要由材料所形成的化合物」或「基於材料的化合物」意謂化合物包括該材料之大於或等於 95%的比例，此比例較佳地大於 99%。

【0033】 本【實施方式】有關於具有三維元件的光電裝置，三維元件舉例而言，線型、圓錐形或錐形元件，特別是微米線或奈米線。

【0034】 用語「微米線」或「奈米線」指明具有沿著選定方向拉長的形狀的三維結構，具有至少兩個尺度，稱作次要尺度，在從 5 nm 至 2.5  $\mu\text{m}$  的範圍中，較佳從 50 nm 至 2.5  $\mu\text{m}$ ，以及第三尺度，稱作主要尺度，為至少等於該等次要尺度之最大者的 1 倍，較佳至少 5 倍，且更較佳至少 10 倍。在某些實施例中，次要尺度可能小於或等於近似 1  $\mu\text{m}$ ，較佳在從 100 nm 至 1  $\mu\text{m}$  的範圍中，更較佳從 100 nm 至 800 nm。在某些實施例中，各微米線或奈米線之高度可能大於或等於 500 nm，較佳在從 1  $\mu\text{m}$  至 50  $\mu\text{m}$  的範圍中。

【0035】 在以下的描述中，用語「線(wire)」用以意謂「微米線」或「奈米線」。較佳地，在與線之選定方向垂直的平面中，貫穿橫截面之重力中心的線之平均線為實質上直線形且以下稱作線之「軸(axis)」。

【0036】 第 1 圖為具有發光二極體的光電裝置 5 之實施例之部分簡化橫截面視圖。

【0037】 第 1 圖圖示結構，該結構從底部至頂部包括：

第一電極 8：

半導體基板 10，包括下表面 11 及上表面 12，下表面 11 由第一電極 8 覆蓋，且上表面 12 至少於發光二極體之水平較佳為平面的；

晶種墊(seed pad)16，由提升線之生長的導電材料所製成且安置於表面 12 上；

高度  $H_1$  的線 20(圖示 6 條線)，各線 20 與晶種墊 16 中之一者接觸，各線 20 包括高度  $H_2$  的下部分 22 及高度  $H_3$  的上部分 24，下部分 22 與晶種墊 16 接觸，上部分 24 接續下部分 22；

絕緣層 26，在基板 10 之表面 12 上延伸且位於各線 20 之下部分 22 之側邊上；

殼 28，包括半導體層之堆疊，該堆疊覆蓋各上部分 24；

層 30，形成覆蓋各殼 28 的第二電極且進一步在絕緣層 26 上延伸；

導電鏡層 32，覆蓋在線 20 之間的電極層 30 而不在線 20 上延伸；及

密封層 34，覆蓋整個結構及特別是電極 30 且包括前表面 36。

【0038】 光電裝置 5 可進一步包括螢光粉層，未圖示，提供在密封層 34 上或與密封層 34 重合。

【0039】 由各線 20、關聯的晶種墊 16 及殼 28 所形成的組件

形成發光二極體 DEL。二極體 DEL 之基底(base)對應至晶種墊 16。殼 28 特定而言包括主動層，主動層為由發光二極體 DEL 所傳遞的大多數的電磁輻射從該層所發射的層。發光二極體 DEL 可以並聯連接且形成發光二極體之組件。組件可包括從數個發光二極體 DEL 至一千個發光二極體。

【0040】 發光二極體 DEL 不在整個表面 12 上方形成是可能的。表面 12 上具有發光二極體形成在表面 12 上的該部分稱作主動區域(active area)。

【0041】 基板 10 可對應至固態結構或對應至覆蓋由另一材料所製成的支撐件的層。基板 10 較佳為半導體基板，舉例而言，由矽所製成的基板、由鍺所製成的基板、由碳化矽所製成的基板、由 III-V 族化合物所製成的基板，例如 GaN 或 GaAs 或 ZnO 基板。較佳地，基板 10 為單晶矽基板。較佳地，基板 10 為與在微電子電路中實施的製造方法相容的半導體基板。基板 10 可對應於絕緣體上矽類型 SOI 之多層結構。

【0042】 基板可被重摻雜、輕摻雜或未摻雜。在基板被重摻雜的情況下，半導體基板 10 可被摻雜以將電阻率降低至接近金屬之電阻率的電阻率，較佳地低於數個 mohm.cm。基板 10 舉例而言為具有摻雜濃度在從  $5 \times 10^{16}$  原子/cm<sup>3</sup> 至  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 的範圍中的重摻雜基板。在基板為輕摻雜的情況下，舉例而言，可提供比起基板更加重摻雜的第一導電類型之摻雜區域或與第一類型相反的第二導電類型之摻雜區域，摻雜濃度小於或等於  $5 \times 10^{16}$  原子/cm<sup>3</sup>，較佳地實質上等於  $10^{15}$  原子/cm<sup>3</sup>，該摻雜區域在基板 10 中自表面 12 在晶種墊 16 下延伸。

在矽基板 10 的情況下，P 型摻質之實例為硼(B)或銦(In)且 N 型摻質之實例為磷(P)、砷(As)或銻(Sb)。

【0043】 矽基板 10 之表面 12 可為(100)表面。

【0044】 晶種墊 16，亦稱作晶種島，是由提升線 20 之生長的材料所製成。可提供處理以保護晶種墊之側邊及未被晶種墊覆蓋的基板部分之表面，以避免線在晶種墊之側邊上及在未被晶種墊覆蓋的基板部分之表面上生長。處理可包括在晶種墊之側邊上形成介電區域且在基板之頂上及/或內側延伸，而在介電區域上沒有線生長。作為變型，晶種墊 16 可由覆蓋基板 10 之表面 12 的晶種層所取代。然後介電區域可形成在晶種層上方，以避免在不欲區域中線之生長。

【0045】 作為實例，形成晶種墊 16 的材料可為從元素週期表之第 IV 欄、第 V 欄或 VI 欄中過渡金屬之氮化物、碳化物或硼化物或這些化合物之組合。作為實例，晶種墊 16 可由下列所製成：氮化鋁(AlN)、硼(B)、氮化硼(BN)、鈦(Ti)、氮化鈦(TiN)、鉭(Ta)、氮化鉭(TaN)、鈦(Hf)、氮化鈦(HfN)、鈮(Nb)、氮化鈮(NbN)、鋯(Zr)、二硼化鋯( $ZrB_2$ )、氮化鋯(ZrN)、碳化矽(SiC)、鉭碳氮化物(TaCN)、以  $Mg_xN_y$  形式的氮化鎂，其中 x 近似等於 3 且 y 近似等於 2，舉例而言，以  $Mg_3N_2$  形式的氮化鎂或鎂氮化鎵(MgGaN)、鎢(W)、氮化鎢(WN)，或上述之組合。

【0046】 晶種墊 16 可用與基板 10 相同的導電類型來摻雜。

【0047】 絕緣層 26 可由舉例而言二氧化矽( $SiO_2$ )、氮化矽( $Si_xN_y$ ，其中 x 近似等於 3 且 y 近似等於 4，舉例而言， $Si_3N_4$ )、

氮氧化矽(特別為通式  $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ，舉例而言， $\text{Si}_2\text{ON}_2$ )、氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、二氧化鈦( $\text{HfO}_2$ )或鑽石之介電材料所製成。作為實例，絕緣層 26 之厚度在從 5 nm 至 500 nm 的範圍內，舉例而言，等於近似 30 nm。

**【0048】** 線 20 為至少部分從至少一個半導體材料所形成。線 20 可為至少部分從主要包括 III-V 族化合物的半導體材料所形成，舉例而言，III-N 族化合物。第 III 族元素之實例包括鎵(Ga)、銦(In)或鋁(Al)。III-N 族化合物之實例為 GaN、AlN、InN、InGaN、AlGaN 或 AlInGaN。亦可使用其他第 V 族元素，舉例而言，磷或砷。通常，在 III-V 族化合物中的元素可以不同莫耳分率結合。

**【0049】** 線 20 可包括摻質。作為實例，對於 III-V 族化合物，摻質可選自包括第 II 族 P 型摻質的群組，舉例而言，鎂(Mg)、鋅(Zn)、鎘(Cd)或汞(Hg)，及第 IV 族 P 型摻質的群組，舉例而言，碳(C)，或第 IV 族 N 型摻質的群組，舉例而言，矽(Si)、鍺(Ge)、硒(Se)、硫(S)、鉍(Tb)或錫(Sn)。

**【0050】** 線 20 之橫截面可具有不同形狀，例如，舉例而言，可為橢圓形、圓形或多邊形的形狀，特別是三角形、矩形、方形或六邊形。因此應理解，與線或沉積於此線上的層之橫截面有關而提及的用語「直徑」指明與在此橫截面中目標結構之表面積相關聯的量，對應至舉例而言與線橫截面具有相同表面積的碟之直徑。各線 20 之高度  $H_1$  可在從 250 nm 至 50  $\mu\text{m}$  的範圍中。各線 20 沿著與表面 12 實質上垂直的軸可具有拉長的半導體結構。各線 20 可具有一般圓柱形形狀。兩線 20

之軸可距離從 0.5  $\mu\text{m}$  至 10  $\mu\text{m}$ ，且較佳從 1.5  $\mu\text{m}$  至 6  $\mu\text{m}$ 。作為實例，線 20 可規則地分布，特定而言，以六角形網狀 (hexagonal network) 分布。

【0051】 作為實例，各線 20 之下部分 22 主要由 III-N 族化合物所形成，舉例而言，氮化鎵，與區域 14 相同的摻雜類型，舉例而言，N 型，舉例而言，摻雜矽。下部分 22 沿著高度  $H_2$  延伸，高度  $H_2$  可在從 100 nm 至 25  $\mu\text{m}$  的範圍中。

【0052】 作為實例，各線 20 之上部分 24 為至少部分由 III-N 族化合物所製成，舉例而言，GaN。上部分 24 可為 N 型摻雜，比起下部分 22 可能較不重摻雜，或不特意摻雜。上部分 24 沿著高度  $H_3$  延伸，高度  $H_3$  可在從 100 nm 至 25  $\mu\text{m}$  的範圍中。

【0053】 殼 28 可包括複數個層之堆疊，特別包括：

主動層，覆蓋關聯的線 20 之上部分 24；

中介層，具有與覆蓋主動層的下部分 22 之導電類型相反的導電類型；及

接合層，覆蓋中介層且由電極 30 所覆蓋。

【0054】 主動層為由發光二極體 DEL 所傳遞的大多數輻射自該層發射的層。根據實例，主動層可包括侷限手段，例如多重量子井。多重量子井舉例而言由 GaN 層及 InGaN 層之交替所形成，GaN 層及 InGaN 層分別具有從 5 nm 至 20 nm (舉例而言，8 nm) 的厚度及從 1 nm 至 10 nm (舉例而言，2.5 nm) 的厚度。GaN 層可被摻雜，舉例而言，N 型或 P 型。根據另一個實例，主動層可包括單一 InGaN 層，舉例而言，具有大於 10 nm 的厚度。

【0055】 中介層，舉例而言，P 型摻雜，可對應於半導體層或對應於半導體層之堆疊，且允許形成 P-N 接面或 P-I-N 接面，在 P-N 接面或 P-I-N 接面之中介 P 型層與上 N 型部分 24 之間包括主動層。

【0056】 接合層可對應於半導體層或對應於半導體層之堆疊，且促使形成中介層與電極 30 之間的歐姆接點。作為實例，接合層可能以與各線 20 之下部分 22 之類型相反的類型非常重地摻雜，直到一或更多個半導體層之變性(degeneration)，舉例而言，以濃度大於或等於  $10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 的 P 型摻雜。

【0057】 半導體層之堆疊可包括由三元合金所形成的電子障壁層，舉例而言，由與主動層及中介層接觸的氮化鋁鎵(AlGaIn)或氮化鋁銦(AlInN)所製成，以提供在主動層中電子載體的良好分布。

【0058】 電極 30 能夠偏壓各線 20 之主動層及能夠讓由發光二極體 DEL 所發射的電磁輻射通過。形成電極 30 的材料可為透明的且導電的材料，例如銦錫氧化物(ITO)、摻雜鋁的鋅氧化物，或石墨烯。作為實例，電極層 30 的厚度在從 5 nm 至 200 nm 的範圍中，較佳地從 20 nm 至 50 nm 的範圍中。

【0059】 導電鏡層 32 較佳地對應於金屬層，舉例而言，由鋁、銀、銅或鋅所製成。作為實例，導電鏡層 32 的厚度在從 20 nm 至 300 nm 的範圍中，較佳地從 100 nm 至 200 nm 的範圍中。

【0060】 密封層 34 由至少部分透明的絕緣材料所製成。密封層 34 之最大厚度大於線 20 之高度  $H_1$ 。密封層 34 在線 20 之

間延伸且覆蓋各線 20。線 20 之間的空間完全填滿密封層 34。密封層 34 之最大厚度在從 250 nm 至 50  $\mu\text{m}$  的範圍中，使得密封層 34 於發光二極體 DEL 之頂部處完全覆蓋電極 30。

【0061】 各發光二極體 DEL 之殼 28 之主動層在全部方向中發射光。

【0062】 第 2 圖至第 6 圖繪示針對不同光發射配置由光束 R 所行進的路徑。在第 2 圖至第 6 圖中，並未圖示層 30、層 32 及層 34。將  $\theta$  稱作由光束 R 相對於與線 20 之側壁垂直的方向 D 所形成的角度，且將  $\theta_c$  稱作組件之臨界全反射角，組件包括線 20 及殼 28 之主動層。

【0063】 根據發射角  $\theta$ ，由殼 28 之主動層所發射的光可能耦合至輻射模式(radiated mode)稱作 RL，如第 2 圖中所繪示，或耦合至波導模式(guided mode)稱作 GL，如第 3 圖中所繪示。波導模式 GL 具有大於臨界全反射角  $\theta_c$  的發射角  $\theta$  且沿著線 20 以鋸齒狀的方式傳播。相反地，輻射模式 RL 具有小於臨界全反射角  $\theta_c$  的發射角  $\theta$ ，且在密封層 34 中完全穿透。

【0064】 臨界全反射角  $\theta_c$  是由司乃耳定律(Snell's law)根據以下關係式(1)所提供：

$$\theta_c = \text{asin}(n_{\text{encap}}/n_{\text{wire}}) \quad (1)$$

其中  $n_{\text{encap}}$  為密封層 34 之光學折射率之實部(real part)且  $n_{\text{wire}}$  為線 20 及線 20 的殼 28 之光學折射率之實部， $n_{\text{wire}}$  大於  $n_{\text{encap}}$ 。

【0065】 光學折射率為表徵介質之光學性質的無因次數，特別表徵吸收及擴散。折射率等於複數光學指數(complex optical index)之實部。舉例而言折射率可由橢圓偏光儀

(ellipsometry)所決定。

【0066】 在入射角  $\theta$  下，波導模式 GL 分解成迷失在基板中的模式 SGL(第 4 圖)、成爲反射模式 RGL(第 5 圖)及穿透模式 TGL(第 6 圖)。模式 SGL 導引至線 20 之基部且迷失在基板 10 中。模式 TGL 於線 20 之上表面處具有小於臨界全反射角的入射角，且因此在密封層 34 中穿透。模式 RGL 於上表面處處於全反射條件且傳送返回朝向線 20 之基部而不被提取。

【0067】 在波導模式 GL 中，僅有穿透波導模式 TGL 參與由觀看者所察覺到的光。導向基板的模式 SGL 直接迷失且反射模式 RGL 保持被捕捉於線 20 內直到它們在基板 10 中被吸收或迷失。

【0068】 第 7 圖圖示根據密封層 34 之折射率  $n_{\text{encap}}$ ，模式 RL、GL、SGL、RGL 及 TGL 之比例。從發光二極體所提取的光之比例爲比例 RL 及比例 TGL 之和。

【0069】 第 8 圖圖示根據密封層 34 之折射率  $n_{\text{encap}}$ ，對應於相對於波導模式 GL 之總數的波導模式 RGL 之比例的變化曲線  $C_{\text{RGL}}$ 。第 7 圖之曲線及第 8 圖之曲線是在具有 800 nm 的平均直徑的六角形橫截面的 GaN 線及具有 275 nm 厚度的殼的情況下所獲得。

【0070】 當密封層 34 之折射率增加時，輻射模式 RL 之比例增加而波導模式 GL 之比例減少。此外，針對密封層 34 之折射率等於近似 1.73 時，被捕捉的波導光 RGL 之比例減少變成零。

【0071】 藉由模擬，本發明人已表明模式 RL、GL、SGL、

RGL 及 TGL 之比例之變化之曲線之形狀為實質上相同而與線 20 之平均直徑無關，只要線 20 之平均直徑大於 200 nm。特定而言，於傳播模式 RGL 消除下的折射率實質上與線 20 之平均直徑無關，只要線 20 之平均直徑大於 200 nm。

【0072】 爲了讓觀看光電裝置 5 的觀看者所察覺到，光應該經由前表面 36 離開密封層。表面 36 可對應於自由表面，亦即，與空氣接觸。密封層 34 之折射率與空氣之折射率之間的差越大，相對於與表面 36 垂直的方向所測量到的臨界全反射角越低，亦即，源自發光二極體 DEL 傾向在表面 36 上反射的光越多。因此，不希望密封層 34 之折射率太高。

【0073】 當形成線及主動層的材料爲 III-V 族化合物時，本發明人已藉由模擬表明與密封層 34 之折射率所能獲得的最佳妥協爲在從 1.7 至 1.75 的範圍中，較佳在從 1.72 至 1.74 的範圍中，更較佳近似 1.73。

【0074】 較佳地，線 20 之平均直徑在從 200 nm 至 1  $\mu$ m 的範圍中，較佳從 300 nm 至 800 nm。

【0075】 密封層 34 可包括至少部分透明的無機材料之基材且具有可能散布於該基材中的介電材料之顆粒。形成顆粒的介電材料之折射率大於形成基材的材料之折射率。根據實例，密封層 34 包括由矽氧烷 (silicone) 亦稱爲聚矽氧烷 (polysiloxane) 所製成的基材，且進一步包括散布於該基材中的介電材料之顆粒。該等顆粒是由提供具有適應折射率的相對球狀奈米範圍顆粒的任何類型的材料所製成。作爲實例，顆粒可由二氧化鈦 ( $\text{TiO}_2$ )、二氧化鋯 ( $\text{ZrO}_2$ )、硫化鋅 ( $\text{ZnS}$ )、硫

化鉛(PbS)或非晶矽(Si)所製成。顆粒之平均直徑界定為相同體積的球體之直徑。介電材料之顆粒之平均直徑在從 2 nm 至 250 nm 的範圍中。相關於密封層 34 之整體重量，顆粒之體積濃度在從 1%至 50%的範圍中。

**【0076】** 根據另一個實施例，無機材料是從包括下列的群組所選出：環氧聚合物(epoxide polymer)、 $\text{SiO}_x$ 類型的矽氧化物(其中  $x$  為大於 0 的實數且小於或等於 2)、 $\text{SiO}_y\text{N}_z$ 類型的矽氧化物(其中  $y$  為大於 0 的實數且小於或等於 2，且  $z$  大於 0 且小於或等於 0.57)及氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )。

**【0077】** 密封層 34 可由至少部分透明的有機材料所製成。根據實例，密封層 34 由聚亞醯胺(polyimide)所製成。根據另一個實例，密封層 34 由環氧聚合物所製成，環氧聚合物進一步包括分布於基材中的介電材料之顆粒。該等顆粒可由二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )、二氧化鋯( $\text{ZrO}_2$ )、硫化鋅( $\text{ZnS}$ )、硫化鉛(PbS)或非晶矽(Si)所製成。

**【0078】** 爲了改善光電裝置 5 之提取效率，表面處理，稱作粗糙化(texturing)，可施加至密封層 34 之表面 36 以在表面 36 上形成凸起的區域。針對由無機材料所製成的密封層 34，使表面 36 粗糙化之方法可包括可能在保護表面 36 待處理之部分的遮罩存在的情況下化學蝕刻之步驟或機械磨耗之步驟，以提升在表面處圖案之形成。針對由有機材料所製成的層 34，使表面 36 粗糙化之方法可包括壓花(embossing)、模製(moulding)等。

**【0079】** 爲了改善光電裝置 5 之提取效率，密封層 34 可由至

少部分透明的額外層所覆蓋。然後該額外層之折射率介於密封層 34 之折射率與空氣之折射率之間。作為變型，至少兩層之堆疊可覆蓋密封層 34。在該堆疊中該等層之折射率以從與密封層 34 接觸的該堆疊之第一層至與空氣接觸的該堆疊之最後一層的方式減少，第一層之折射率小於密封層 34 之折射率，且最後一層之折射率大於空氣之折射率。

**【0080】** 根據前述實施例的光電裝置促使有利地增加光電裝置之全體的提取效率，亦即，整個表面 36 各處測量到的效率。

**【0081】** 提取效率可局部地測量，亦即，針對表面 36 之一部分。然後，該局部提取效率對應於經由考量的部分從光電裝置逃脫的光量對於由該部分之發光二極體所傳遞的光量之比例。希望在整個表面 36 上的局部提取效率之變化越低越好，以避免觀看者當觀看光電裝置 5 時察覺亮度差異。

**【0082】** 第 9 圖為光電裝置 50 之實例之頂視圖，包括第 1 圖中所示的光電裝置 5 之全部元件且具有規則地分布於光電裝置 5 中的發光二極體 DEL，舉例而言，以成列及成行分布在方形主動區域 51 上。主動區域 51 之側邊緣標記為元件符號 52 且主動區域 51 之角落標記為元件符號 54。各發光二極體示意圖示為一個點。作為實例，除了沿著邊緣 52 坐落的二極體之外，各發光二極體 DEL 坐落於方形之中心處，該方形包括於各頂點處的發光二極體及在各邊緣之中間的發光二極體。

**【0083】** 在第 9 圖所示的實例中，每表面積單位的發光二極體之密度在整個主動區域 51 上為實質上定值。作為實例，發

光二極體之表面密度為實質上定值且在從  $4 \times 10^6/\text{cm}^2$  至  $3 \times 10^7/\text{cm}^2$  的範圍中。

**【0084】** 第 10 圖圖示第 9 圖之光電裝置 50 之局部提取效率在四分之一的主動區域 51 上的變化。第 10 圖之曲線是在六角形橫截面的 GaN 奈米線之陣列的情況下獲得，兩個奈米線之軸之間的距離為殼 28 之平均半徑的 3 倍且密封層 34 之材料之折射率等於 1.75。

**【0085】** 比起主動區域 51 之中心，沿著邊緣 52 的局部提取效率較高。此外，比起在主動區域 51 之邊緣 52 上，在頂點 54 處的局部提取效率較高。此現象之解釋為發光二極體之接近的鄰居之數目越大，由此發光二極體所發射的光束撞擊鄰近的發光二極體中之一者且被該等鄰居吸收或捕捉的機率越高。

**【0086】** 藉由模擬，本發明人已表明提取效率降低，只要兩個相鄰發光二極體之軸之間的距離小於殼 28 之平均半徑的 15 倍。

**【0087】** 針對相鄰發光二極體之軸之間的距離小於殼 28 之平均半徑的 15 倍，已觀察到當列及行之數目大於近似 50 時，主動區域 51 之中心之提取效率達到最小值而與列及行之數目無關。

**【0088】** 第 11 圖為與第 9 圖非常類似的光電裝置 60 之實施例。光電裝置 60 包括光電裝置 50 之全部的元件，差異在於每表面積單位的發光二極體之密度從裝置之中心一路朝向邊緣 52 逐漸增加。更特定而言，在主動區域 51 之中心處的發

光二極體之表面密度小於沿著邊緣 52 的發光二極體之表面密度。此外，沿著邊緣 52 的發光二極體之表面密度小於主動區域 51 之頂點 54 處的發光二極體之表面密度。

**【0089】** 作為實例，發光二極體之表面密度之變化可對應於例如第 10 圖中所圖示的提取效率之變化之倒數。作為實例，在光電裝置之主動區域之中心處的發光二極體之表面密度可在從  $2 \times 10^6/\text{cm}^2$  至  $6 \times 10^6/\text{cm}^2$  的範圍中，而沿著光電裝置之主動區域之邊緣的發光二極體之表面密度可在從  $7 \times 10^6/\text{cm}^2$  至  $2 \times 10^7/\text{cm}^2$  的範圍中。

**【0090】** 根據另一個實施例，本發明人已表明提取效率之均勻性可藉由增加主動區域之周長對於主動區域之表面之比例來改善。較佳地，針對單位主動表面積，主動區域之周長對於表面之比例  $P/A$  大於 4，較佳地大於或等於 4.5，更較佳地大於或等於 5，且特定而言大於或等於 6。

**【0091】** 第 12 圖至第 20 圖圖示光電裝置之實施例之簡化頂視圖，針對該等光電裝置之各者僅圖示主動區域之輪廓。對於這些實例之各者，主動區域之周長對於主動區域之表面積之比例大於針對相同表面積的方形所獲得的比例。

**【0092】** 在第 12 圖中，主動區域 70 具有環型，包括方形外邊緣 72 及方形內邊緣 74。在第 13 圖中，主動區域 76 包括一個或多於一個的矩形區域 78，圖示兩個矩形區域。在第 14 圖中，主動區域 80 包括一個或多於一個的具有波浪狀邊緣的帶(strip)82，圖示兩條帶 82。在第 15 圖中，主動區域 84 具有三角形形狀。在第 16 圖中，主動區域 86 為星形的。在第 5

17 圖中，主動區域 88 包括星形的外邊緣 90 及星形的內邊緣 91。有利地，主動區域之外周長及可能內周長遵循接近不規則碎片形曲線的曲線。在第 18 圖、第 19 圖及第 20 圖中，主動區域 94、96 及 98 在兩次、三次或四次迭代之後分別具有科赫(Koch)雪片的形狀。對於主動區域 94、96 及 98，主動區域之單位表面積的比例  $P/A$  分別為 6.4、8.5 及 11.4。第 12 圖及第 17 圖圖示對應於具有孔(hole)的表面的主動區域之實例。

**【0093】** 提供光電裝置 5 之製造方法之實施例，包括以下步驟：

**【0094】** (1)在基板 10 之表面 12 上形成晶種墊 16。

**【0095】** 晶種墊 16 可藉由在表面 12 上沉積晶種層且藉由蝕刻晶種層之部分一路至基板 10 之表面 12 以劃定晶種墊的方式來獲得。晶種層可藉由例如化學氣相沉積(CVD)或有機金屬化學氣相沉積(MOCVD)的方法來沉積，有機金屬化學氣相沉積亦稱作有機金屬氣相磊晶(MOVPE)。然而，可使用例如分子束磊晶(MBE)、氣源 MBE(GSMBE)、有機金屬 MBE(MOMBE)、電漿輔助 MBE(PAMBE)、原子層磊晶(ALE)、氮化物氣相磊晶(HVPE)的方法，以及原子層沉積(ALD)的方法。此外，可使用例如蒸鍍或反應性陰極濺射的方法。

**【0096】** 當晶種墊 16 由氮化鋁所製成時，晶種墊 16 可實質上經粗糙化且具有較佳的極性。晶種墊 16 之粗糙化可藉由在沉積晶種層之後實行額外處理來獲得。舉例而言，該額外處理為在氨流( $\text{NH}_3$ )下進行退火。

**【0097】** (2)保護基板 10 之表面 12 之不被晶種墊 16 所覆蓋

的部分，以避免在這些部分上後續線之生長。此舉可藉由氮化步驟來獲得，氮化步驟導致於基板 10 之表面處在晶種墊 16 之間形成氮化矽區域(舉例而言， $\text{SiN}$  或  $\text{Si}_3\text{N}_4$ )。此舉可藉由遮蔽晶種墊 16 之間的基板 10 之步驟來獲得，包含層之沉積，舉例而言  $\text{SiO}_2$  或  $\text{SiN}$  或  $\text{Si}_3\text{N}_4$  介電質之層，且然後在微影步驟之後蝕刻晶種墊 16 之外側的該層。在此情況下，遮罩層可在晶種墊 16 上方延伸。當藉由遮蔽基板 10 之步驟來執行保護步驟(2)時，可避免晶種層蝕刻步驟。然後晶種墊 16 由具有在線交會處讓均勻連續層之表面保持自由的均勻連續層所形成。

**【0098】** (3)沿著高度  $\text{H}_2$  生長各線 20 之下部分 22。各線 20 從位於下方的晶種墊 16 之頂部生長。

**【0099】** 線 20 可由 CVD、MOCVD、MBE、GSMBE、PAMBE、ALE、HVPE、ALD 類型之處理來生長。此外，可使用電化學處理，舉例而言，化學浴沉積(CBD)、水熱(hydrothermal)處理、液態氣溶膠熱解(liquid aerosol pyrolysis)或電沉積(electrodeposition)。

**【0100】** 作為實例，線生長方法可包括注入第 III 族元素之前驅物及第 V 族元素之前驅物到反應器中。第 III 族元素之前驅物之實例為三甲基鎵(trimethylgallium; TMGa)、三乙基鎵(triethylgallium; TEGa)、三甲基銦(trimethylindium; TMIn)或三甲基鋁(trimethylaluminum; TMAI)。第 V 族元素之前驅物之實例為氨( $\text{NH}_3$ )、三丁基磷化氫(tertiarybutylphosphine; TBP)、三氫化砷( $\text{AsH}_3$ )或偏二甲胂(unsymmetrical

dimethylhydrazine; UDMH)。

【0101】 根據本發明之實施例，在 III-V 族化合物之線之生長之第一階段，除了 III-V 族化合物之前驅物之外，過量添加額外元素之前驅物。額外元素可為矽(Si)。矽之前驅物之實例為矽烷( $\text{SiH}_4$ )。

【0102】 在前驅物氣體中矽烷之存在導致將矽引入 GaN 化合物。因此獲得較低 N 型摻雜部分 22。此進一步轉換為形成矽氮化物層，未圖示，當部分 22 生長時，矽氮化物層覆蓋高度  $H_2$  的部分 22 之周圍，除了頂部之外。

【0103】 (4)在下部分 22 之頂部上生長各線 20 之具有高度  $H_3$  的上部分 24。針對上部分 24 之生長，作為實例，維持先前所述 MOCVD 反應器之操作條件，但事實上減少反應器中矽烷流，舉例而言，以大於或等於 10 的因子減少，或停止。即使當矽烷流停止時，由於在此主動部分源自相鄰鈍化部分的摻質之擴散，或由於 GaN 之殘留摻雜，上部分 24 可被 N 型摻雜。

【0104】 (5)形成絕緣層 26，舉例而言，藉由於步驟(4)處所獲得的整個結構上方保形沉積絕緣層，及蝕刻此層以曝露各線 20 之上部分 24。

【0105】 (6)對於各線 20，藉由磊晶形成用以形成殼 28 的層。已知覆蓋下部分 22 之周圍的絕緣層 26 存在，形成殼 28 的層之沉積僅在線 20 之未被絕緣層 26 覆蓋的上部分 24 上發生。

【0106】 (7)形成電極 30，舉例而言，藉由保形沉積。

【0107】 (8)形成導電鏡層 32，舉例而言，藉由於步驟(7)處

所獲得的整個結構上方進行物理氣相沉積(PVD)，或舉例而言，藉由蒸鍍或藉由陰極濺射及蝕刻此層以曝露各線 20。

**【0108】** (9)形成密封層 34。當密封層 34 由矽氧烷所製成時，密封層 34 可藉由旋轉塗佈沉積方法來沉積，藉由噴墨印刷方法來沉積，或藉由絲網(silk-screening)方法來沉積。當密封層 34 為氧化物時，密封層 34 可藉由 CVD 來沉積。

**【0109】** 並且(10)鋸切基板 10 以分離光電裝置。

**【0110】** 在前述的實施例中，絕緣層 26 覆蓋各線 20 之下部分 22 之整個周圍。作為變型，針對下部分 22 之部分可能不被絕緣層 26 所覆蓋。在此情況下，絕緣層 26 覆蓋線 20 達小於  $H_2$  的高度且殼 28 覆蓋線 20 達大於  $H_3$  的高度。層 26 可能不覆蓋各線 20 之下部分 22。在此情況下，殼 28 可覆蓋各線 20 達高度  $H_1$ 。

**【0111】** 在前述的實施例中，絕緣層 26 不覆蓋各線 20 之上部分 24 之周圍。作為變型，絕緣層 26 可覆蓋各線 20 之上部分 24 之一部分。在此情況下，絕緣層 26 覆蓋線 20 達大於  $H_2$  的高度且殼 28 覆蓋線 20 達小於  $H_3$  的高度。

**【0112】** 根據另一種變型，對於各線 20，絕緣層 26 可部分覆蓋殼 30 之下部分。

**【0113】** 根據先前所述製造方法之變型，於絕緣層 26 在整個線 20 上方或僅在線 20 之一部分上方之前，可形成用以形成殼 28 的層，舉例而言，上部分 24。

**【0114】** 已描述本發明之具體實施例。本領域熟知技藝者將想到各種變更及修改。此外，雖然在先前所述實施例中，各

線 20 在線之基部與晶種墊 16 中之一者接觸之處包括鈍化部分 22，但可不存在鈍化部分 22。

**【0115】** 此外，雖然已針對殼 28 覆蓋關聯的線 20 之頂部及線 20 之側邊之一部分的光電裝置描述實施例，可能僅於線 20 之頂部處提供殼。

**【0116】** 在此以上已描述具有不同變型的各種實施例。應注意到，本領域熟知技藝者可結合這些各種實施例及變型之各種元件而不表明任何進步性。特定而言，包括具有在從 1.7 至 1.75 的範圍中的折射率的密封層的光電裝置可進一步包括可變的發光二極體之表面密度，舉例而言，圖示於第 11 圖中。此外，包括具有在從 1.7 至 1.75 的範圍中的折射率的密封層的光電裝置可進一步包括主動區域之周長對於表面積之比例，該比例大於針對方形主動區域所獲得的比例，舉例而言如先前關於第 12 圖至第 20 圖所述。此外，具有大於針對方形主動區域所獲得的比例的主動區域之周長對於表面積之比例的光電裝置可進一步包括可變的發光二極體之表面密度。

### **【符號說明】**

#### **【0117】**

- 5 光電裝置
- 8 第一電極
- 10 半導體基板
- 11 下表面
- 12 上表面
- 16 晶種墊

- 20 半導體元件/線
- 22 下部分
- 24 上部分
- 26 絕緣層
- 28 殼
- 30 層/電極層/電極
- 32 導電鏡層
- 34 密封層
- 36 前表面
- 50 光電裝置
- 51 主動區域
- 52 主動區域之側邊緣
- 54 主動區域之角落/頂點
- 60 光電裝置
- 70 主動區域
- 72 方形外邊緣
- 74 方形內邊緣
- 76 主動區域
- 78 矩形區域
- 80 主動區域
- 82 帶
- 84 主動區域
- 86 主動區域
- 88 主動區域

90 星形的外邊緣

91 星形的內邊緣

94 主動區域

96 主動區域

98 主動區域

$C_{RGL}$  曲線

D 方向

DEL 發光二極體

GL 波導模式

$H_1$  高度

$H_2$  高度

$H_3$  高度

R 光束

RL 輻射模式

RGL 反射波導模式

SGL 迷失在基板中的波導模式

TGL 穿透波導模式

$\theta$  發射角

$\theta_c$  臨界全反射角

**【生物材料寄存】**

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

**【序列表】** (請換頁單獨記載)

無

I656666

## 發明摘要

※ 申請案號：103143892

※ 申請日：103 年 12 月 16 日

※IPC 分類：*H01L 33/52* (2010.01)  
*H01L 33/48* (2010.01)

## 【發明名稱】（中文/英文）

具有改善光提取之電致發光二極體的光電裝置

OPTOELECTRONIC DEVICE HAVING  
ELECTROLUMINESCENT DIODES WITH IMPROVED  
LIGHT EXTRACTION

## 【中文】

本發明關於一種光電裝置(5)，光電裝置(5)包括半導體基板(10)、發光二極體(DEL)及至少部分透明的介電層(34)，半導體基板(10)包括表面(12)，發光二極體(DEL)由該表面所支撐且包括線型、圓錐形或錐形的半導體元件(20)，至少部分透明的介電層(34)覆蓋發光二極體，介電層之折射率在從 1.6 至 1.8 的範圍中。

## 【英文】

The invention relates to an optoelectronic device (5) comprises a semiconductor substrate (10) comprising a surface (12), light-emitting diodes (DEL) supported by the surface and comprising semiconductor elements (20) of wire, conical, or tapered shape and an at least partially transparent dielectric layer (34) covering the light-emitting diodes, the refractive index of the dielectric

5

layer being in the range from 1.6 to 1.8.

**【代表圖】**

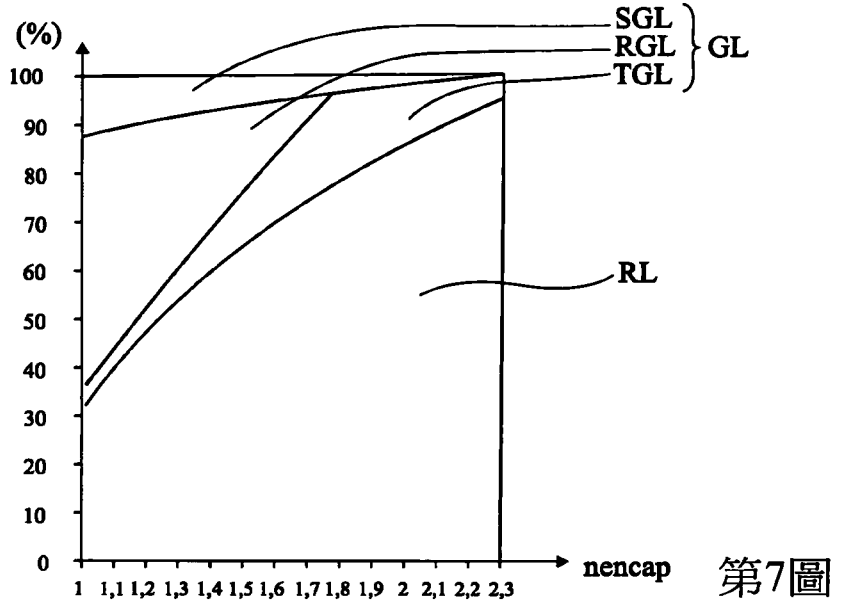
**【本案指定代表圖】**：第（ 1 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

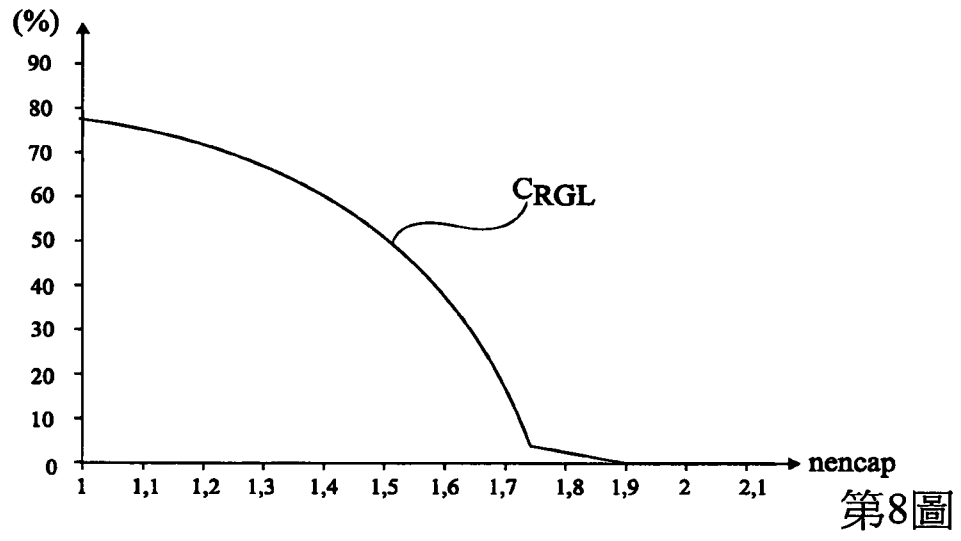
- 5 光電裝置
- 8 第一電極
- 10 半導體基板
- 11 下表面
- 12 上表面
- 16 晶種墊
- 20 半導體元件/線
- 22 下部分
- 24 上部分
- 26 絕緣層
- 28 殼
- 30 層/電極層/電極
- 32 導電鏡層
- 34 密封層
- 36 前表面
- DEL 發光二極體
- H<sub>1</sub> 高度
- H<sub>2</sub> 高度
- H<sub>3</sub> 高度

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：無

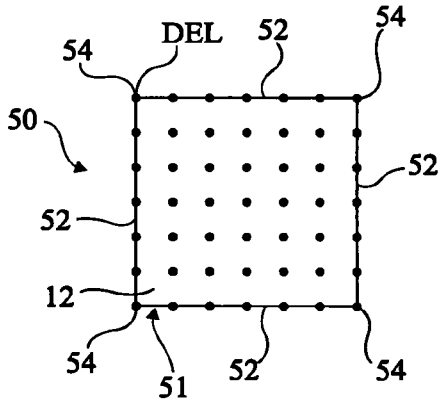




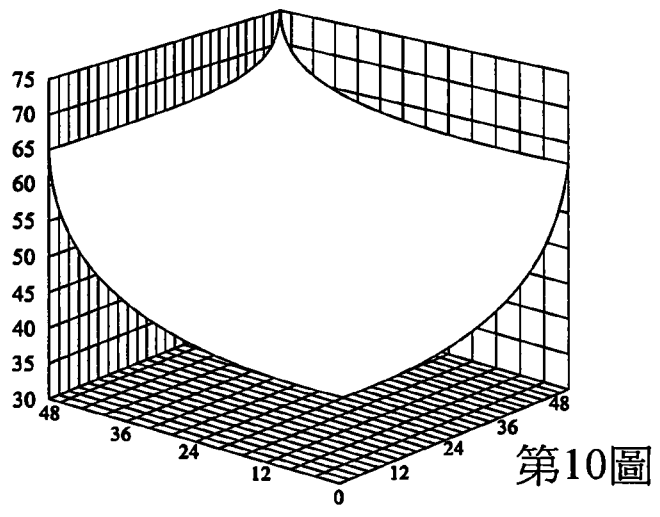
第7圖



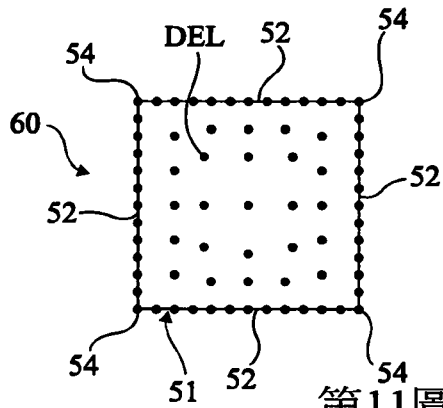
第8圖



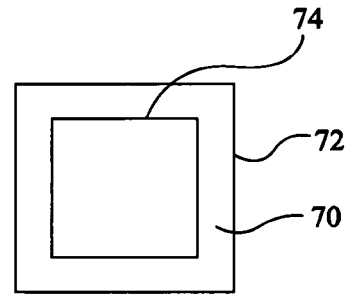
第9圖



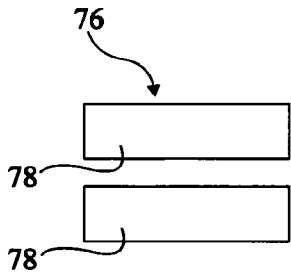
第10圖



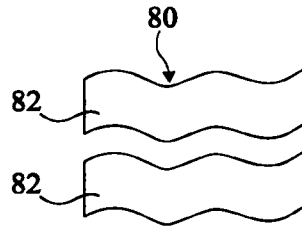
第11圖



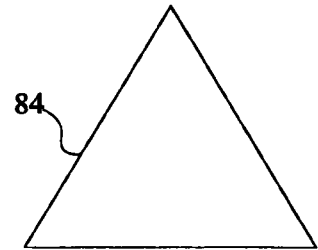
第12圖



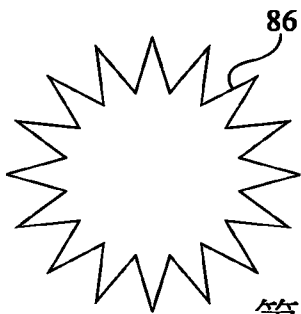
第13圖



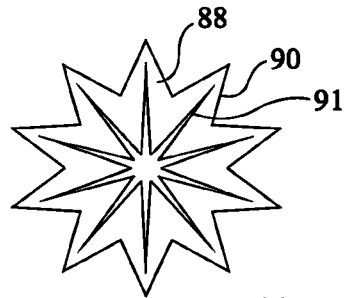
第14圖



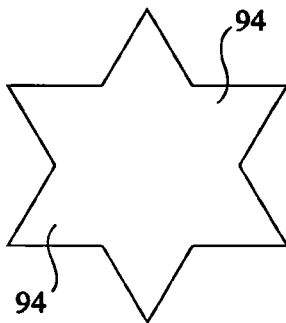
第15圖



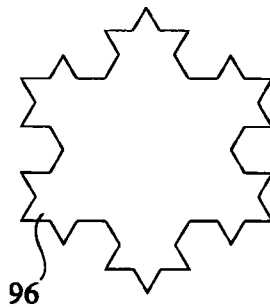
第16圖



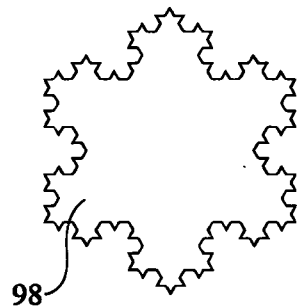
第17圖



第18圖



第19圖



第20圖

## 申請專利範圍

1. 一種光電裝置(5)，包括：  
一半導體基板(10)，該半導體基板(10)具有一表面(12)；  
由該表面所支撐的發光二極體(DEL)，該等發光二極體(DEL)包括線型、圓錐形或錐形的半導體元件(20)；及  
一至少部分透明的介電層(34)，該至少部分透明的介電層(34)覆蓋該等發光二極體，該介電層之折射率在從 1.6 至 1.8 的範圍中，該介電層(34)之最大厚度在從 250 nm 至 50  $\mu\text{m}$  的範圍中。
2. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中該介電層(34)之折射率在從 1.7 至 1.75 的範圍中。
3. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中各半導體元件(20)主要由 III-V 族化合物所製成。
4. 如請求項 3 所述之光電裝置，其中各半導體元件(20)主要包括氮化鎵。
5. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中各半導體元件(20)之平均直徑在從 200 nm 至 1  $\mu\text{m}$  的範圍中。
6. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中該介電層(34)包括由一第一至少部分透明的材料所製成的一基材且具有散布於該基

材中的一第二材料之顆粒，該第二材料之折射率大於該第一材料之折射率。

7. 如請求項 6 所述之光電裝置，其中該第一材料為聚矽氧烷(polysiloxane)。

8. 如請求項 6 所述之光電裝置，其中該第二材料為自二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )、二氧化鋯( $\text{ZrO}_2$ )及硫化鋅( $\text{ZnS}$ )中所選出的一介電材料。

9. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中該介電層(34)是由從包括下列的群組所選出的一材料所製成：環氧聚合物(epoxide polymer)、 $\text{SiO}_x$  類型的矽氧化物、 $\text{SiO}_y\text{N}_z$  類型的矽氧化物以及氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )，其中  $x$  為大於 0 的實數且小於或等於 2，其中  $y$  為大於 0 的實數且小於或等於 2，且  $z$  大於 0 且小於或等於 0.57。

10. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中該等發光二極體(DEL)分布於該表面(12)之一部分(51)上方，且該等發光二極體(DEL)在該部分上之表面密度遠離該部分之邊緣(52)而減少。

11. 如請求項 1 所述之光電裝置，其中該等發光二極體(DEL)分布於該表面(12)之一部分(70; 76; 80; 84; 86; 88; 94; 96; 98)上方，且其中針對一單位表面積該部分之周長對於該部分之

表面積之比例大於或等於 4。

12. 如請求項 11 所述之光電裝置，其中該部分(70; 90)對應於具有一孔的一表面。