

(21)申請案號：098104084

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 09 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/00 (2006.01)**

(30)優先權：2008/02/08 美國 61/027,354

2008/05/02 美國 61/049,964

(71)申請人：伊魯米堤斯公司 (美國) ILLUMITEX, INC. (US)

美國

(72)發明人：度昂 杜 T DUONG, DUNG T. (US)；溫布格 保羅 N WINBERG, PAUL N.

(US)；湯瑪士 馬修 R THOMAS, MATTHEW R. (US)；皮凱林 爾利歐 M

PICKERING, ELLIOT M. (US)；凱瑟 木哈默得 KHIZAR, MUHAMMAD (PK)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：17 共 70 頁

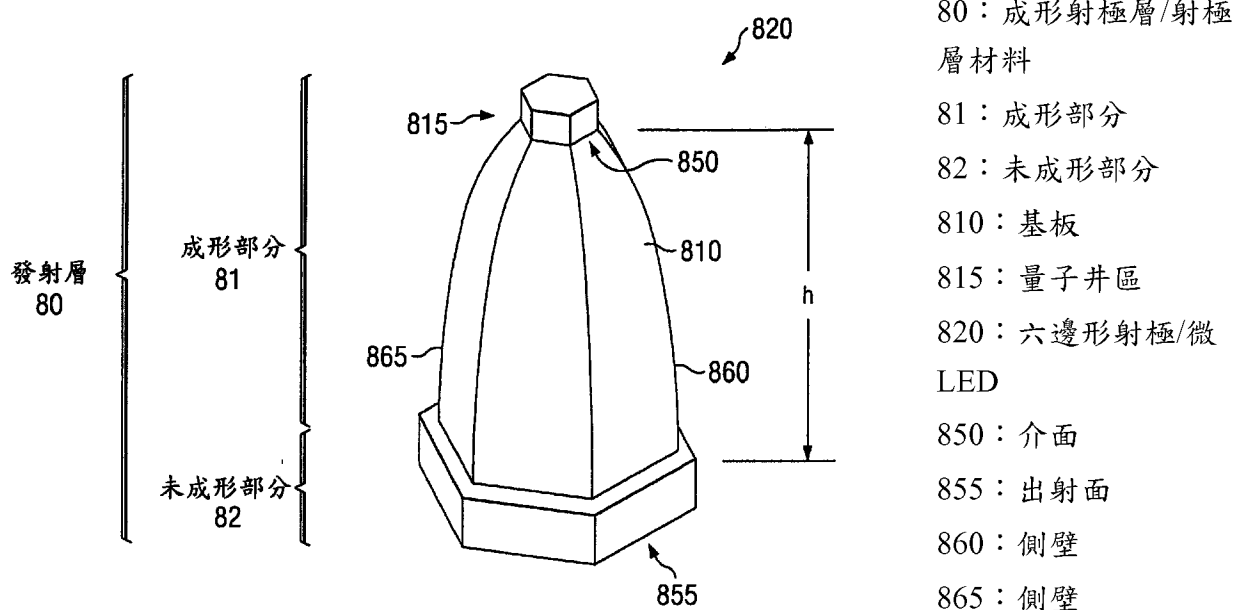
(54)名稱

射極層成形的系統和方法

SYSTEM AND METHOD FOR EMITTER LAYER SHAPING

(57)摘要

一種揭示之 LED 之具體實施例具有一射極層，其係相對於該 LED 之一基板而成形至一受控制深度或高度，以最大化該 LED 之光輸出並實現一所需強度分佈。在一些具體實施例中，可選擇該 LED 之出射面以守恆輻射。在一些具體實施例中，成形包括該基板與側壁的整個 LED 或單獨成形該基板，其可擷取自該等射極層於該等射極層處所產生之光的 100% 或大約 100%。在一些具體實施例中，總效率為至少 90% 或以上。在一些具體實施例中，該射極層可藉由蝕刻、機械成形或各種成形方法之一組合來成形。在一些具體實施例中，僅該射極層之一部分經成形以形成該等微小射極。該未成形部分形成用於該 LED 之一連續電連接。



(21)申請案號：098104084

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 09 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/00 (2006.01)**

(30)優先權：2008/02/08 美國 61/027,354

2008/05/02 美國 61/049,964

(71)申請人：伊魯米堤斯公司 (美國) ILLUMITEX, INC. (US)

美國

(72)發明人：度昂 杜 T DUONG, DUNG T. (US)；溫布格 保羅 N WINBERG, PAUL N.

(US)；湯瑪士 馬修 R THOMAS, MATTHEW R. (US)；皮凱林 爾利歐 M

PICKERING, ELLIOT M. (US)；凱瑟 木哈默得 KHIZAR, MUHAMMAD (PK)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：17 共 70 頁

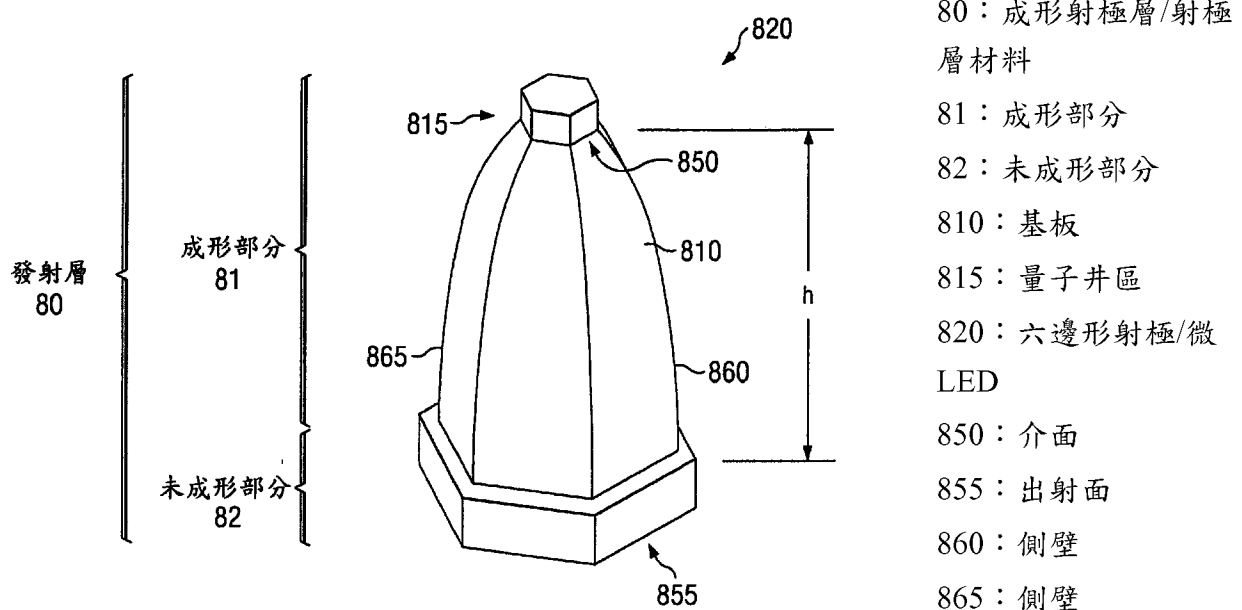
(54)名稱

射極層成形的系統和方法

SYSTEM AND METHOD FOR EMITTER LAYER SHAPING

(57)摘要

一種揭示之 LED 之具體實施例具有一射極層，其係相對於該 LED 之一基板而成形至一受控制深度或高度，以最大化該 LED 之光輸出並實現一所需強度分佈。在一些具體實施例中，可選擇該 LED 之出射面以守恆輻射。在一些具體實施例中，成形包括該基板與側壁的整個 LED 或單獨成形該基板，其可擷取自該等射極層於該等射極層處所產生之光的 100% 或大約 100%。在一些具體實施例中，總效率為至少 90% 或以上。在一些具體實施例中，該射極層可藉由蝕刻、機械成形或各種成形方法之一組合來成形。在一些具體實施例中，僅該射極層之一部分經成形以形成該等微小射極。該未成形部分形成用於該 LED 之一連續電連接。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本揭示內容一般係關於發光二極體(LED)裝置且更特定言之係關於用於成形射極材料以最大化任一LED之光擷取效率之系統和方法。

此申請案根據35 U.S.C. 119(e)主張2008年2月8日申請之美國臨時專利申請案第61/027,354號，標題為"EMITTER LAYER SHAPING(射極層成形)"與2008年11月25日申請之第61/049,964號，標題為"EMITTER LAYER SHAPING(射極層成形)"的優先權利。此申請案係關於2007年10月1日申請之美國專利申請案第11/906,219號，標題為"LED SYSTEM AND METHOD(LED系統和方法)"與2007年10月1日申請之第11/906,194號，標題為"LED SYSTEM AND METHOD(LED系統和方法)"，其兩者均主張2006年10月2日申請之美國臨時專利申請案第60/827,818號，標題為"SHAPED LIGHT EMITTING DIODES(成形發光二極體)"與2007年1月22日申請之第60/881,785號，標題為"SYSTEM AND METHOD FOR A SHAPED SUBSTRATE LED(用於成形基板LED之系統和方法)"。本文所引用之全部申請案因此完全併入本文內。

【先前技術】

發光二極體("LED")在電子器件中係遍存。其用於數位顯示器、照明系統、電腦、電視機、蜂巢式電話及各種其他裝置中。LED技術的發展已導致用於使用一或多個LED

來產生白光之方法及系統。LED技術的發展已導致產生更多光子並因而比先前更多之光的LED。極如同電晶體在電腦中代替真空管，該兩個技術發展之頂點係將LED用以補充或代替許多習知照明光源，例如白熾、螢光或鹵素燈。

LED係以若干色彩(包括紅色、綠色及藍色)來產生。一種產生白光之方法涉及相互組合地使用紅色、綠色及藍色LED。一種由紅色、綠色及藍色(RGB)LED之組合所製成的照明光源將會產生人眼感知為白光者。因為人眼具有三個類型的色彩受體，每一類型對藍色、綠色或紅色色彩較敏感，故此會發生。

一種自LED光源產生白光之第二方法係自一單色(例如，藍色)、短波長LED建立光，然後將該光之一部分撞擊至磷光體或類似光子轉換材料上。磷光體吸收更高能量、短波長光波，然後重新發射更低能量、更長波長光。例如，若選取在黃色區內(在綠色與紅色之間)發射光的一磷光體，則人眼將此光感知為白光。因為黃光刺激在眼睛中的紅色及綠色受體兩者，故此會發生。其他材料(諸如奈米粒子或其他類似光致發光材料)可用以以極相同方式來產生白光。

白光還可利用一紫外線(UV)LED與三個單獨RGB磷光體來產生。此外，白光可產生自一藍色LED與一黃色LED並還可組合利用藍色、綠色、黃色及紅色LED來產生。

用於構造LED之目前產業實務係使用一基板(一般為單晶藍寶石或碳化矽)，至其上沈積諸如Ga₂N或InGa₂N之材料

層。一或多個層(例如，GaN或InGaN)可允許光子產生與電流傳導。一般而言，一第一氮化鎵(GaN)層係施加至該基板之表面以形成自該基板之晶體結構至摻雜層之晶體結構的一轉變區域，從而允許光子產生或電流傳導。此一般後面跟隨一n摻雜GaN層。下一層可以係一InGaN、AlGaN、AlInGaN或其他產生光子並摻雜所需材料以產生所需波長光的化合物半導體材料層。下一層一般為一P摻雜GaN層。此結構係藉由蝕刻及沈積來進一步修改以建立用於至裝置之電連接的金屬場所。

在一LED之操作期間，如在一傳統二極體中，額外電子自一n型半導體移動至在一p型半導體內的電洞。在一LED中，光子係在該化合物半導體層內釋放以在此程序期間產生光。

在一典型製程中，該基板係以晶圓形式來製造且該等層係施加至該晶圓之一表面。一旦摻雜或蝕刻該等層且已使用所提及的各種程序來定義所有該等特徵，便將個別LED與該晶圓分離。該等LED一般為具有筆直側之方形或矩形。此可引起明顯的效率損失並可引起發射光具有一較差發射圖案。一單獨光學裝置(諸如一塑膠圓頂)係時常放置於LED之上以獲得一更期望輸出。

在許多LED應用中，期望針對一給定功率輸入來最大化可見光輸出，即一數量，其時常對於白光以每瓦流明(lm/W)來表達或對於諸如藍色之更短波長光以每瓦毫瓦(mW/W)來表達。現有LED技術可能試圖增加此比率，其

一般係稱為"整體效率"或"壁式插座效率"。然而，現有LED技術仍受較差整體效率與較低擷取效率影響。

【發明內容】

本文中所揭示之一完整射極層成形(CELS)程序之具體實施例可在透過成形其射極材料來最大化任一發光二極體之光擷取效率時提供一幾何及光學解決方案。在一些具體實施例中，此程序係稱為GaN成形。

本文中所揭示之具體實施例係根據通常與光(包括紫外線、可見及紅外光)相關聯之電磁頻譜來加以聲明。本文中所揭示之原理可應用於任一波長的電磁輻射，對於其所使用的適當材料對感興趣波長透明。如習知此項技術者所瞭解，本文中所揭示之射極層成形方法及系統可類似地實施以適合一較寬範圍的波長。一感興趣波長範圍之一範例係百萬兆赫頻率範圍。

一LED之發射材料可生長於若干基板上。目前，大多數InGaN LED係生長於一藍寶石基板上。藍寶石之折射率遠低於該發射材料(InGaN)並因此大幅降低進入藍寶石基板內的光子之數目。在成形該發射材料時，發射自該GaN材料之所有光可逃逸至藍寶石基板並最終空氣內。

現今市場上的幾乎所有藍色及綠色LED均使用GaN(氮化鎵)作為施加至一藍寶石或碳化矽基板的第一材料層來加以構建。並且，施加的實際層係各種各樣且複雜，不僅包括GaN，而且還包括化合物半導體材料，諸如InGaN、AlInGaP等。現今目前科學發展包括使用除GaN外的其他

材料用於該等LED層。此申請案中所說明之技術適用於在一發光裝置內的任一且全部此類層。本文中所使用的片語"完整射極層成形"及"CELS"及"GaN成形"意指覆蓋所有此類活動，不論實際成形GaN、一些其他材料或其一組合。出於計算及示範之目的，此申請案通篇中將GaN用作發射材料。然而，習知此項技術者應瞭解，該等方程式及說明橫跨其他材料集同等適用且不受本文中所揭示之範例限制。

習知LED由於其中產生光能量的高折射率而受較差光擷取效率影響。在自一高折射率材料轉變至一低折射率材料時，全內反射(TIR)會限制光之逃逸錐面。逃逸圓錐角係臨界角。此臨界角可使用斯奈爾定律(Snell's Law)來加以計算。

在一具體實施例中，一LED之射極層之一部分係相對於該LED之一基板而成形至一受控制深度或高度。在本文中所揭示之具體實施例中，該射極層包含微型射極(也稱為微LED)之一陣列。在一些具體實施例中，該等微LED之每一者具有一方形、矩形或六邊形形狀。在一些具體實施例中，該射極層係藉由蝕刻來加以成形。在一具體實施例中，該基板係藍寶石。在一具體實施例中，該射極層材料係連續接觸該基板。在一具體實施例中，該射極層材料係電接觸該基板。在一具體實施例中，該射極層材料與該基板形成一電平面或連續電連接。

在一些具體實施例中，僅成形該射極層之一部分。在一

些具體實施例中，一LED之射極層包含一成形部分與一未成形部分或區。在一些具體實施例中，該射極層之成形部分具有一受控制深度或高度而該射極層之未成形部分或區形成一電平面或一般連續電連接並一般連續接觸該基板。在一些具體實施例中，該射極層之未成形部分可在該等邊緣處耦合至一電源。在一些具體實施例中，該射極層之一或多個成形部分可耦合至一電源。

在一具體實施例中，一限制光線可在該射極層之成形部分內穿越最長距離或大約最長距離。在一些具體實施例中，可選擇該限制光線以相對於該基板一般終止於該射極層之成形部分之深度或高度處。在一些具體實施例中，該射極層材料可基於在該射極層之一成形部分內穿越一最長距離或大約一最長距離的一或多個限制光線來加以成形。

在一些具體實施例中，該LED之該等側壁還可成形以使用全內反射來最大化該LED之光輸出並實現一所需強度分佈。在一些具體實施例中，可選擇該LED之出射面以守恆輻射。

在一些具體實施例中，一LED之側壁形狀係基於下列約束來經驗決定：

- 所有發出自該射極碰撞一側壁的光線應以大於或等於該臨界角的一角度來碰撞該側壁
- 所有反射離開該等側壁之光線應朝該出射表面反射且在該出射表面處的入射角須小於該臨界角。

在一些具體實施例中，用於該側壁形狀之準則可進一步

包括在該出射面處的光強度之均勻度或在無限遠處的一高斯(Gaussian)分佈或兩者或其他條件集。依此方式，可成形該等側壁以確保以一所需強度或角度將發射光引導至該基板。在一些具體實施例中，可基於該基板之性質(諸如該基板之折射率)、該射極材料或其他材料來決定所需強度或角度。

本文中所揭示之具體實施例提供許多優點。例如，成形包括該基板的整個LED或單獨成形該基板可獲得擷取自該等射極層在該等射極層處所產生之光的100%或大約或一般100%。在一些具體實施例中，透過如本文中所揭示來成形該射極材料，一發光二極體可實現在最小大約90%及以上的光擷取效率。

由本文中所揭示之具體實施例所提供的另一優點係成形微小射極(又稱為微LED)之一大型陣列以建立一單一LED的能力。例如，在一些具體實施例中，一LED之射極層可能包含少許微LED至數百萬微LED之一者或一陣列。

本文中所揭示之具體實施例所提供之又另一優點係使用微小射極(微LED)，還可降低在成形該射極層時需要移除之發光材料之整體體積。此外，使用本文中所揭示之具體實施例，很少或不需要移除該基板材料，從而可在移除該基板材料可能較困難及/或較昂貴時(諸如在藍寶石之情況下)加速LED之生產並降低生產LED之成本。

本文中所揭示之具體實施例可提供用於安裝、散熱及光照均勻度之額外優點。例如，每一微LED之發射基底可直

接接合至一子基板，其提供功率至微LED並還為該等微LED提供一熱移除路徑。此構造可提供極佳熱散佈。因為該等射極彼此遠離散佈，故還可降低熱密度。作為另一範例，組合每一微LED之極小大小，每一微LED之逃逸角可允許來自一微LED之出射光線重疊大量相鄰微LED之出射光線，同時光仍包含於該基板之厚度內。到光到達該基板之出射面的時候為止，平均化來自許多微LED之光，從而建立一極均勻的光輸出輪廓。

總而言之，本文中所揭示之具體實施例可在下列領域內提供技術優點：

1. 電流散佈
2. 熱移除
3. 發射均勻度
4. 增加作用區域(P層)相對於非作用區域(N層)接觸之百分比
5. 更高外部量子效率
6. 由於更高擷取效率，每流明產生更低熱
7. 守恆真實亮度。

在結合下列說明及附圖考量時將會更清楚地明白並瞭解本文中所揭示之具體實施例之其他目的及優點。

【實施方式】

參考附圖中所解說且在下列說明中所詳細說明之範例性並因此非限制性具體實施例更全面地解釋本揭示內容及其各種特徵及有利細節。可能省略已知開始材料及程序之說

明以免在細節上不必要地模糊本揭示內容。然而應明白，雖然指示較佳具體實施例，但該詳細說明及該等特定範例係僅藉由解說且非藉由限制來給出。根據此揭示內容，習知此項技術者將會明白在基本獨創概念之精神及/或範疇內的各種替代、修改、添加及/或重新配置。

如本文中所使用，術語"包含"、"包括"、"具有"或者任何其他變更係旨在涵蓋一非排他性的包括。例如，包含一元件清單的程序、產品、物品或設備不必僅侷限於該等元件，而可包括未明確列出或此程序、產品、物品或設備所固有的其他元件。另外，除非另有明確聲明，"或"係指一包括或而非指一排他或。例如，下列任何一者均滿足一條件A或B：A為真(或存在)且B為假(或不存在)，A為假(或不存在)且B為真(或存在)，以及A與B兩者均為真(或存在)。

此外，本文中所給出之任一範例或圖解絕不應視為約束於、限於或明確定義其所利用之任一或多個術語。而是該些範例或圖解應視為相對於一特定具體實施例來說明且僅為解說性。習知此項技術者應瞭解，該些範例或圖解所利用的任一或多個術語涵蓋其他具體實施例及其可能或可能不在本說明書中隨其或別處給出之實施方案及適應性且所有此類具體實施例均旨在包括於該或該等術語之範疇內。指定此類非限制性範例及圖解的語言包括(但不限於)："例如"、"比如"、"譬如"、"在一具體實施例中"等。

現詳細參考本揭示內容之範例性具體實施例，在附圖中

所解說其範例。任何可能的地方，將遍及該等圖式使用相似數字以引用各種圖式之相似及對應零件(元件)。

在本文中所揭示之具體實施例中，可採取各種方式來成形一LED以增加或操縱來自該LED之光發射。在一具體實施例中，該基板係成形使得由該LED之量子井區所產生之光之全部或超多數係透射至該LED之基板之出射面外。為此目的，可大小調整該出射面以將輻射守恒原理考量在內。在一具體實施例中，該出射面可能係允許透過在該量子井區與該基板之間的介面進入該基板內之光的全部或超多數自該出射面出射的最小大小，由此組合守恒輻射之期望與降低大小(特別該出射面之大小)的期望。此外，可成形該基板之該等側壁使得反射或全內反射("TIR")引起入射於基板側壁的光束朝該出射面反射並使用小於或等於該臨界角的一角度來入射於該出射面上。因此，降低或排除由於在該出射面處TIR所引起之光損失。在一另外具體實施例中，為了確保碰撞一側壁之光在該基板內得到反射且不穿過該側壁，一基板之一或多個側壁還可塗布一反射性材料，其反射光以防止光透過該側壁而出射。用於成形LED基板及側壁之系統和方法之詳細範例係說明於以上引用的2007年10月1日申請之美國專利申請案第11/906,219及11/906,194號中，其兩者均出於全部目的完全併入本文內。

一LED之發射材料可生長於若干基板上。現今市場上的幾乎所有藍色及綠色LED均使用GaN(氮化鎵)作為施加至

一藍寶石或碳化矽基板的第一材料層來加以構建。並且，施加的實際層可係各種各樣且複雜，不僅包括GaN，而且還包括化合物半導體材料，諸如InGaN、AlInGaP等。目前，大多數InGaN LED係生長於藍寶石基板上。藍寶石之折射率遠低於發射材料(InGaN)之折射率並因此大幅降低進入藍寶石基板內的光子之數目。在自一高折射率材料轉變至一低折射率材料時，TIR會限制光之逃逸錐面。逃逸圓錐角係臨界角。此臨界角可使用斯奈爾定律來加以計算。

斯奈爾定律(又稱為折射定律)係用以在穿過在兩個不同各向同性媒體(諸如水與玻璃)之間的一邊界，引用光或其他波時說明在入射角與折射角之間的關係的一公式。斯奈爾定律聲明入射角與折射角之正弦之比率係取決於該等媒體折射率之一常數。

圖1係光如何穿過LED基板100之不同媒體之一概略性圖解。在圖1之範例中，於氮化鎵(GaN)與藍寶石之間存在一第一邊界(介面101)並於藍寶石與空氣之間存在一第二邊界(介面102)。藍寶石之低得多的折射率使一些光子捕獲於具有一更高折射率之發射材料內。捕獲於該發射材料內的光數量與一LED之光擷取效率反相關。捕獲於GaN材料內的光越多，LED的效率便越低。依據本文中所揭示之一完整射極層成形(CELS)程序之具體實施例來成形該發射材料可促進發射自GaN之光逃逸至該藍寶石基板內並最終自藍寶石至空氣。依據本文中所揭示之具體實施例，該CELS程

序可透過成形該射極材料來最大化任一發光二極體之光擷取效率。由於本文中將Ga_N用作範例性發射材料，故在本文中此程序也稱為Ga_N成形。

假定空氣折射率為1，藍寶石之折射率為1.77且Ga_N之折射率為2.5，則可計算在Ga_N內的出射角：

$$n_{air} \sin \Theta_{air} = n_{Al_2O_3} \sin \Theta_{Al_2O_3}$$

$$n_{GaN} \sin \Theta_{GaN} = n_{Al_2O_3} \sin \Theta_{Al_2O_3} = n_{air} \sin \Theta_{air}$$

$$\sin \Theta_{air} = \frac{n_{air} \sin \Theta_{air}}{n_{GaN}} = \frac{n_{air}}{n_{GaN}} = \frac{1}{2.5} \quad [\text{方程式 1}]$$

$$\Theta_{GaN} = \sin^{-1} \frac{1}{2.5} = 23.58^\circ$$

此範例中的臨界角對於Ga_N中所建立之光為23.58度。此處之一假定為在該發射區域下面存在一部分或完全反射層，且因此光僅發射至一半球形內。

該逃逸錐面係總發射光之一小部分。為了計算損失之能量之數量，吾人計算逃逸錐面對一朗伯射極之投射立體角。一朗伯射極之立體角為Pi立體弧度。一23.58度逃逸錐面之立體角為：

$$\Omega = \pi \sin^2(\theta_{1/2})$$

$$\varepsilon = \Omega/\pi = \sin^2(\theta_{1/2}) = 0.16 = 16\% \quad [\text{方程式 2}]$$

光擷取效率為大約16%；意味著在圖1之範例中於該發射材料(Ga_N)內所建立之能量之16%自該LED之頂部表面逃逸。

雖然產業中許多人關注於如何在LED結構內擾亂或限制在各種高折射率至低折射率介面處的TIR，但本文中所揭

示之具體實施例關注於為何在該些介面處存在TIR。TIR因為亮度而發生。亮度定理(又稱為輻射守恆定理)係應用於光學器件之能量守恆定理。輻射守恆定理說明一系統之輻射必須守恆。

輻射守恆定理為：

$$\frac{\phi}{n^2 A \Omega} = \frac{\phi_1}{n_1^2 A_1 \Omega_1}$$

$$A_1 = \frac{\phi_1 n^2 A \Omega}{\phi n_1^2 \Omega_1}$$

[方程式 3]

ϕ = 通量

n = 折射率

A = 面積

Ω = 立體角

假定建立的所有能量均逃逸至 A_1 外且假定初始發射圖案及最終發射圖案為朗伯，則該方程式簡化至：

$$\phi_1 = \phi$$

$$\Omega_1 = \Omega$$

[方程式 3a]

$$A_1 = \frac{\phi n^2 A \Omega}{\phi n_1^2 \Omega_1} = \frac{n^2}{n_1^2} A$$

該亮度方程式指定在自一給定折射率材料轉變至一更低折射率材料時，在該更低折射率材料內的發射區域必須增加。此假定通量守恆且該等立體角為相同，即朗伯。此增加係與折射率比率之平方直接相關。

在自一較高折射率材料內的一較小射極面積轉變至一更低折射率之一更大區域時，該等側壁係成形以利用全內反射。發射自量子井區之光經由全內反射朝更大區域而反射

離開該等側壁。發出自射極之所有光線(或由設計決定的某數量光線)以大於臨界角之角度命中側壁並內部反射。碰撞出口之光線較佳的係採取小於臨界角之角度並穿過出射面至在更低折射率材料內的較大區域內。因而，系統亮度係經由該等側壁所定義之光學系統來保存。

假定基底基板為藍寶石，發射材料為Ga_N，且所需出射角為90度，朗伯，則可經由亮度定理[方程式3]來計算出射面積。以上方程式3a顯示出射面積之導出。出射面積與輸入面積比率係等於折射率之比率之平方。作為一範例，假定輸出發射為朗伯，對於一具有一折射率2.5之發射媒體與結束媒體空氣，出射面積係等於輸入面積的2.5平方倍。在此範例中，出射面積與射極面積比率為6.25:1。

圖2A及2B顯示包含成形部分10與成形側壁60、65的方形射極20之一範例性具體實施例之一概略性表示之俯視及側視圖。在一些具體實施例中，出射面55可在製程之容限內與介面50實質上相同形狀、實質上平行並實質上旋轉對齊。在一些具體實施例中，出射面55之形狀可能不同於介面50之形狀。

可選取出射面55之面積來依據亮度定理[方程式3]來守恆亮度。下面方程式3b顯示出射面積之一範例性導出。

$$\frac{\Phi_2 n_1^2 A_1 \Omega_1}{\Phi_1 n_2^2 \Omega_2} = A_2 \quad [\text{方程式 3b}]$$

Φ_1 = 穿越介面50之光通量；

Φ_2 = 自出射面55出射之光通量，由於亮度守恆，故

$$\Phi_1 = \Phi_2 ;$$

Ω_1 =光穿越介面50之有效立體角；

Ω_2 =光離開出射面55之有效立體角；

A_1 =介面50之面積；

A_2 =出射面55之面積；

n_1 =基板10之材料之折射率；

n_2 =在基板10外部的物質之折射率(例如空氣或其他媒體)。

A_2 表示使得光根據以上方程式守恆的出射面55之最小表面面積。例如，假定：量子井區15形成一1平方mm使得介面50具有大約1平方mm的一面積、 $n_1=1.77$ 、 $n_2=1$ 、 $\Omega_1=3$ 、 $\Omega_2=1$ 且 ϕ_1 等於 ϕ_2 ，則 A_2 必須為至少9.3987 mm²以守恆輻射。在此範例中，給出有效立體角 Ω_1 及 Ω_2 、 n_1 及 n_2 、 ϕ_1 及 ϕ_2 。對於關於決定有效立體角之額外教導，讀者參見2007年10月1日申請的以上引用之美國專利申請案第11/906,219及11/906,194號，標題為"LED SYSTEM AND METHOD(LED系統和方法)"。

A_2 表示使一給定輸出圓錐角或發射半角守恆輻射的出射面55之最小表面面積與最小可能大小。在一些具體實施例中，可能使 A_2 略微更大以補償製程中的容限、量子井區之大小或形狀誤差或其他因素。在其中使 A_2 大於如此決定之最小值的情況下，通量將會守恆，而出射率(定義為每單位面積通量)可自最大可達到值降低。

裝置之高度可藉由在系統內的限制光線來加以決定。此

光線在高折射率材料內穿越最長距離。若發射平面為一方形，則對角線光線為限制光線。在圖 2A 及 2B 中所示之範例中，由於發射平面 40 為一方形，故對角線光線 45 為限制光線。

對於具有一 1 之側與一 1 平方單位之面積的單位射極與具有 2.5 之側與 6.25 之面積的出射射極，可計算用於裝置之最小高度：

$$\alpha = \sqrt{2} \cdot 1$$

$$b = \sqrt{2} \cdot 2.5$$

$$\tan(\theta) = \frac{h}{\frac{1}{2}(a+b)} \quad [\text{方程式 4}]$$

$$h = \frac{1}{2}(a+b)\tan(\theta) = \frac{\sqrt{2}}{2}(1+2.5)\tan(90-23.58)$$

$$h = 0.707 \cdot 3.5 \cdot 2.29 = 5.67$$

用於一方形射極之高度：出射邊緣：射極邊緣比率為 5.67:2.5:1。在一些具體實施例中，經驗方法可用以決定該高度。輻射守恆指定最小出射面積而非高度。

依據各種具體實施例，如上所揭示來成形一 LED 之射極層之一部分。更明確而言，該射極層係相對於該基板（其可能如上所論述為藍寶石）成形至一受控制深度或高度使得該射極層材料一般連續接觸該基板。因而，在一些具體實施例中，一連續射極材料層可接觸該基板。在一些具體實施例中，一連續射極材料層可電接觸該基板或與其形成一電平面或連續電連接。在一些具體實施例中，僅成形該射極層之一部分。在一些具體實施例中，該射極層可能包

含一可能成形至一受控制深度或高度之成形部分與一未成形部分或區。

可如上所說明來選取在該射極層與基板之間的介面之面積且可基於在該射極層之一成形部分內穿越一最長距離或大約一最長距離的一或多個限制光線來選取該射極層材料之高度。作為一特定範例，圖2A顯示成形至一受控制高度(h)的射極20之一成形部分10。在此範例中，該成形部分可以係該射極層(藉由範例但非限制一Ga_N層)或其他射極層。射極20之射極層材料之未成形部分在圖2A中未顯示。在一具體實施例中，如上所論述之限制光線可在該射極層之成形部分內穿越最長距離或大約最長距離。因而，在圖2A之範例中，可選擇限制光線45以一般終止於該射極層之成形部分之深度或高度(h)處。

在一具體實施例中，經驗決定該側壁形狀。在該等側壁上存在兩個約束：

- a. 所有發出自射極碰撞一側壁的光線應以大於或等於臨界角的一角度來碰撞該側壁
- b. 所有反射離開該等側壁之光線應朝出射表面反射且在出射表面處的入射角須小於臨界角。

用於側壁形狀之其他準則可能為在出口處的光強度之均勻度或在無限遠處的一高斯分佈或兩者或其他條件集。因而，可成形該等側壁以便確保以一所需強度或角度將發射光引導至基板且可基於基板之性質(例如基板之折射率)、射極材料或其他材料來決定所需強度或角度。

在一些具體實施例中，可藉由迭代來決定該等側壁之形狀。一形狀係分解成 n 個小面。用於一側壁之小面可使用一電腦程式(諸如Microsoft Excel(Microsoft與Excel係總部位於華盛頓Redmond市的微軟公司之商標))來加以定義。更明確而言，在Microsoft Excel內的繪圖特徵可用以建立一側壁形狀之一圖形。相同一般形狀可用於每一側壁或不同形狀用於不同側壁。使用類似於Excel的一程式，可改變每一小面之大小及角度以達到所需效能。用於一具有指定側壁形狀(或基於該等指定小面具有一彎曲側壁形狀)之成形基板的立體模型可使用任一機械製圖程式(諸如Solidworks、AutoCad、Pro Engineer等)來加以建立。立體模型還可使用任一光線追蹤程式(諸如Zemax、TracePro、BRO、Lighttools等)來加以建立並分析。

在物理學中，光線追蹤係一種用於透過具有不同傳播速度、吸收特性及反射表面之區的一系統來計算波或粒子之路徑的方法。在該些情形下，波前可能彎曲，改變方向或反射離開表面，從而複雜化分析。光線追蹤藉由透過媒體重複推進理想化窄光束(稱為光線)來解決該問題。簡單問題可藉由使用簡單數學傳播少許光線來加以分析。更詳細分析可藉由使用一電腦傳播許多光線來加以實行。當應用於電磁輻射問題時，光線追蹤時常依賴於馬克士威方程式(Maxwell's equation)之近似解答，只要光波傳播穿過其尺寸遠大於光的波長之物體及其附近其即有效。

使用一市售光線追蹤程式，可進行一電腦模擬以產生一

光線跡線與一強度及輻照度分佈輪廓。若所得強度及輻照度輪廓具有一不令人滿意分佈或成形基板之透射效率過低，則可調整各種小面之變數並再次實行該等模擬。此程序可透過使用一電腦程式自動調整小面變數來加以自動化。出於圖解目的，下列範例利用 Zemax 光學設計程式 (Zemax 係 華 盛 頓 Bellevue 市 Zemax Development Corporation 的一商標)。

Zemax 模型

一旦製造滿足由亮度方程式及該等限制光線考量所指定之大小約束之一形狀，便可在該光線追蹤程式中模型化其。該光線追蹤程式將會模型化穿過該形狀之光線以決定其效率、近場及遠場分佈。

圖 3 係具有成形側壁 60、65 之成形部分 10 之一範例立體模型之一側視圖。具有側壁 60、65 之部分 10 表示方形射極 20 之一射極層之一成形部分。作為一特定範例，部分 10 代表一 GaN 材料(折射率 2.5)。輸出分佈為朗伯。

圖 4 顯示透過圖 3 之立體模型所追蹤之光線之一範例。由於 TIR，光線 70 朝出射表面 55 反射離開側壁 60、65，在該出射表面處其折射並穿過出射面 55。

圖 5 係在 Zemax 內所建立之一立體模型之一螢幕快照，顯示在出射偵測器平面 40 處範例方形射極 20 之輻照度。該偵測器平面係使得大於該出射面(在此情況下 10 單位 X 10 單位)以確保正確記錄任何邊緣效應光線。該輻照度覆蓋偵測器平面 40 之部分之中心。在一 GaN 材料之情況下，圖

5 解說在該 GaN 出口處的近場分佈。

圖 6 係圖 5 之立體模型之另一螢幕快照，顯示在偵測器平面 40 處的輻射強度。在該出射面處的輻射強度係相當於在一較遠距離處的輻照度並時常稱為遠場分佈。在一 GaN 材料之情況下，圖 6 解說在 GaN 之後的遠場分佈。

圖 5 及 6 示範在使光逃出至空氣時一成形 LED 之一具體實施例之效率。在此情況下，自該射極層擷取發射光之大約 94%。此未將在不同材料層內的吸收性損失與菲涅耳 (Fresnel) 損失考量在內。在藍寶石內的吸收性損失可忽略不計且該 GaN 層係極細薄。在一些具體實施例中，該 GaN 層可以係大約 4 至 5 微米厚。菲涅耳損失為：

$$R_{GaNtoAl_2O_3} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 = \left(\frac{2.5 - 1.77}{2.5 + 1.77} \right)^2 = 2.9\%$$

$$T_1 = 1 - R = 97.1\%$$

$$R_{Al_2O_3toAir} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 = \left(\frac{1.77 - 1}{1.77 + 1} \right)^2 = 7.7\% \quad [\text{方程式 5}]$$

$$T_2 = 1 - R = 92.3\%$$

$$\text{效率} = T_1 T_2 \varepsilon = 97.1\% \cdot 92.3\% \cdot 94\% \approx 84\%$$

在將菲涅耳損失考量在內時擷取自該射極層之光係大致 84%。

在該基板之出射面處添加抗反射塗層後，可排除藍寶石至空氣菲涅耳損失。則總效率將為：

$$\text{效率} = T_1 \varepsilon = 97.08\% \cdot 94\% \approx 91\% \quad [\text{方程式 6}]$$

六邊形幾何

方形射極具有完美擬合在一起而不浪費空間之優點。並

且，切塊操作由於僅兩個正交切割而較簡單。對於關於方形射極之額外教導，讀者參見2007年10月1日申請的以上引用之美國專利申請案第11/906,219及11/906,194號，標題為"LED SYSTEM AND METHOD(LED系統和方法)"。應注意，方形輪廓係具有相等長度之側的一矩形輪廓。儘管在下列範例性具體實施例中說明六邊形射極，但習知此項技術者應瞭解，本文中所揭示之方法可應用於各種形狀且不受任何特定形狀、大小、組態或材料的限制。

一六邊形圖案可擬合在一起而無任何浪費空間。在一成形裝置中，該六邊形圖案可比一方形裝置提供一更低材料體積。圖7A至7D顯示六邊形射極720之一具體實施例之一概略性表示之各種視圖。

面積比率係由亮度方程式來指定並因此出射面積(755)相對於該射極面積(750)維持6.25:1比率。然而高度(h)將會簡化如下：

$$A_2 = \frac{\pi^2 \pi}{\pi^2 \pi} A_1 = \frac{\pi^2}{\pi^2} A_1 = \frac{2.5^2}{1^2} A_1$$

$$A_2 = 6.25 A_1$$

$$k = \frac{3\sqrt{3}}{4}$$

$$A_1 = k a_1^2$$

$$k a_2^2 = 6.25 k a_1^2$$

$$a_2^2 = \sqrt{6.25 a_1^2}$$

$$a_2 = 2.5 a_1$$

$$\beta = 2.5 \alpha$$

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2.5}\right) = 23.57818^\circ$$

$$\theta = 90 - \theta_1 = 66.42182^\circ$$

$$\tan(\theta) = \frac{h}{\frac{1}{2}(\alpha + \beta)}$$

$$h = \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \tan(\theta) = \frac{1}{2}(\alpha + 2.5\alpha) \tan(\theta)$$

$$h = \frac{3.5}{2} \alpha (2.2912878) = 4.01\alpha$$

[方程式 7]

$$HexArea = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$$

如對於以上[方程式 4]所論述之方形射極 20，該高度現為 4.01 而不是 5.67。在此範例中高度：側邊緣：射極邊緣比率為 4.01:2.5:1。

使用該些基底單位尺寸，可建立並模型化一立體模型。例如，可在 ProE 中建立一立體模型並接著在 Zemax 中加以模型化。圖 8 係藉由成形射極層 80 所建立之六邊形射極 820 之一具體實施例的一概略性表示。在此範例中，射極層 80 包含成形部分 81 與未成形部分 82。在成形部分 81 中，如上所說明，基板 810 與側壁 860 及 865 係成形至一受控制高度 h 以最大化光擷取效率，從而允許透過介面 850 進入基板 810 的來自量子井區 815 之光子在最小能量損失下透過出射面 855 出射。對於關於量子井區之額外教導，讀者參見 2007 年 10 月 1 日申請的以上引用之美國專利申請案第 11/906,219 及 11/906,194 號，標題為 "LED SYSTEM AND METHOD (LED 系統和方法)"。

圖 9 係具有複數個層 920 (包括射極層 80) 之 LED 900 之一具體實施例之一概略性表示。發射自射極層 80 之光透過介面 101 進入基板 90 內並透過介面 102 自基板 90 出射至空氣內。在一具體實施例中，基板 90 為藍寶石。六邊形射極 820 之效率依據在 Zemax 中所分析之立體模型為大約 95.5%。即，自該射極層擷取發射光之大約 95.5%。將菲涅

耳損失考量在內，總擷取效率為大約85%：

$$R_{GaNoAl2O3} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 = \left(\frac{2.5 - 1.77}{2.5 + 1.77} \right)^2 = 2.9\%$$

$$T_1 = 1 - R = 97.1\%$$

$$R_{Al2O3toAir} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 = \left(\frac{1 - 1.77}{1 + 1.77} \right)^2 = 7.7\% \quad [\text{方程式 8}]$$

$$T_2 = 1 - R = 92.3\%$$

$$\text{效率} = T_1 T_2 \epsilon = 97.1\% \cdot 92.3\% \cdot 95.5\% \approx 85\%$$

圖10係一六邊形射極之一立體模型之一螢幕快照，顯示在出射偵測器平面處的近場分佈。圖11係圖10之立體模型之另一螢幕快照，顯示在該出射偵測器平面之後的遠場分佈。正如在方形成形裝置之情況下，可在該藍寶石至空氣介面(介面102)處添加抗反射塗層以在該處排除菲涅耳損失。則總擷取效率將會為大約92.6%。

微射極陣列

GaN成形之一優點係成像一大型射極陣列來建立一LED之能力。另一優點係使用微小射極，還減少移除的整體體積。圖12係LED 120之一具體實施例的一概略性表示，該LED包含基板90、射極層80及N接點層60。在一具體實施例中，基板90為藍寶石。在一具體實施例中，N接點層60包含一或多個N接觸點。在一具體實施例中，射極層80包含六邊形成形微LED之一陣列。在一具體實施例中，射極層80包含六邊形成形微LED之一M×M陣列。在一具體實施例中，LED 120為大約100微米(W)×100微米(L)×80微米(D)。在圖12之範例中，該六邊形成形微LED陣列係藉由

成形射極層80來加以形成。所揭示之系統和方法之具體實施例可利用任一基板並仍擷取該等發射光子之全部或一般全部。出於此範例之目的，該基底基板為藍寶石，但仍可使用其他基板。

如上所說明，該射極層之成形部分讓路一未成形部分，其一般連續接觸該基板且其形成一電平面或一般連續電連接。該等N接點係電連接形成一電平面的該等射極層之未成形部分，從而允許電流透過該射極層之未成形部分流動至該射極層之該等成形部分。在一具體實施例中，該N接點可能係一電流傳導材料，諸如可能電耦合該基板之成形及未成形部分至一電源的一金屬合金。

在一替代性具體實施例中，該射極層之未成形部分可在該等邊緣處耦合至一電源或一或多個成形部分可耦合至一電源，或可使用供應電流的以上或其他方法或系統之任一組合。比該等N接點更小且更眾多的該等P接點還可耦合至一電源。

以上所說明之構造具有用於安裝、散熱及光照均勻度之額外優點。組合每一微LED之極小大小，每一微LED之逃逸角係使得來自一裝置之出射光線將會重疊大量相鄰微LED之出射光線，同時光仍包含於該基板之厚度內。到光到達該基板之出射面的時候為止，平均化來自許多微LED之光，從而建立一極均勻的光輸出輪廓。依據一些具體實施例，在一射極層內的微LED之數目可能在自一至少許、至數千、至數百萬或更多之範圍內變化。

根據一熱觀點，每一微LED之發射基底可直接接合至一子基板，其提供功率至微LED並還為該等微LED提供一熱移除路徑。此固有地提供極佳的熱散佈。因為該等射極彼此遠離散佈，故還降低熱密度。

同樣地，至P層之功率係全部橫跨LED之表面在大量小點處供應，故可藉由在該子基板上的一幾乎連續金屬化平面來將功率施加至該等點。此提供極佳的電流散佈。電流散佈係在自一裝置提供最高數量光輸出時的一已知問題。在不同P及N GaN布局之技術中使用許多組態來實現改良的電流散佈。該微LED構造固有地提供此散佈。

更明確而言，因為該N層之厚度與該P層之厚度相比較大，故在該N層內的電流散佈係藉由至該N層內的一相對較少接觸點來實現。(例如)在如圖12中所示的4個位置處接觸該N層係一種實現此點之方法。替代性地，該N層可在一中心點處或在該陣列邊緣周圍在若干點處接觸。

構造方法

蝕刻

蝕刻描述一種以一高度受控制方式來移除基板材料以便產生適當形狀之化學程序。一般存在兩個類型的蝕刻方法：濕式蝕刻與乾式蝕刻。濕式蝕刻涉及使用液相蝕刻劑來移除基板材料。在乾式蝕刻、電漿蝕刻及反應性離子蝕刻中，離子經產生並被賦予至基板上。此處，基於化學反應或粒子動量，將材料自基板移除。

開始於基板材料之一晶圓(其可能進一步包括包含量子

井區之材料)，可在該晶圓之一側上沈積一特定光阻圖案。接著蝕刻該晶圓。在覆蓋光阻之晶圓上的位置將不蝕刻，而沒有光阻的地方將會移除材料。存在許多方式來調諧該程序以在光阻之邊緣處獲得所需外形。例如，可施加更厚光阻層且接著在蝕刻程序期間犧牲性移除，或可結合光阻來使用其他犧牲層。以此一方式由該蝕刻劑來隨時間移除該些層，以便產生LED基板之所需外形。可利用此點以精確蝕刻該晶圓以便產生成形基板。另一方式係使用多個抗蝕劑與多個蝕刻步驟。每一光阻及蝕刻步驟可用以移除一較小材料層。可使用多個小步驟來得到所需3D形狀。

蝕刻參數可基於基板材料。蝕刻速率取決於蝕刻劑與基板而變化。對於在LED應用中所使用之基板材料(諸如藍寶石與碳化矽)而言，使用反應性離子蝕刻之蝕刻速率可在每分鐘250 nm至2.5 μm 之範圍內變化，此對於商用生產目的而言係較緩慢的。碳化矽係在以上蝕刻速率之上端而藍寶石係在下端。

在一些具體實施例中，以InGaN/GaN為主之磊晶結構之GaN側壁的成形可使用一環狀透鏡樣板，藉由 $\text{Cl}_2/\text{BCl}_3/\text{Ar}$ 電漿內之一多步驟乾式蝕刻程序來實施。在一些具體實施例中，n-及p-GaN與InGaN層之此乾式蝕刻程序可使用一光阻及Ni光罩，藉由電感耦合電漿反應性離子蝕刻(ICP-RIE)來實施。可使用 $\text{Cl}_2/\text{BCl}_3/\text{Ar}$ 之一受控制氣體流速，以便在恆定ICP/偏壓功率(即，300/100 W及4 mTorr腔壓)下維持小於0.5 nm之一更低蝕刻表面粗糙度。使用低流速

(Cl₂/BCl₃/Ar)氣體混合物，在30 mTorr、300 W ICP、100 W偏壓功率下，預期用於n-GaN之一12,000 Å/min蝕刻速率。應在該多步驟蝕刻程序期間小心地維持該等GaN側壁之更低表面粗糙度。作為一範例，將維持在100 W偏壓功率下小於1 nm之一較低均方根(rms)粗糙度值。

為了蝕刻一以InGa_N/Ga_N為主結構之漸縮壁，將保持一相對較高Cl₂流速與較低腔壓~4 mTorr以便實現Ga_N之一光滑鏡面狀小面。因為該等蝕刻小面之漸縮形狀始終取決於其選擇參數，故應謹慎地實行ICP功率及腔壓最佳化。使用適當蝕刻參數，如習知此項技術者所應明白，可獲得n-Ga_N之鏡面狀側壁小面，從而可用於製造以InGa_N/Ga_N為主的發光二極體。而且，在固定氣體流速下且在相對更低的ICP/偏壓功率及腔壓下，可進一步改良並修改該等以InGa_N為主的材料漸縮側壁形狀。

圖13係包含基板90與射極層80的LED 130之一具體實施例之一概略性表示，該射極層具有形成於射極層80之成形部分81內的六邊形射極820之一陣列。如圖13中所示，該射極層之一部分或層係藉由移除射極層材料來形成可具有如以上圖8中所示之成形側壁的微LED射極之一陣列來成形。更明確而言，射極層80係相對於基板90而成形至一受控制深度或高度，在射極820與鄰接基板90之射極層材料80之一一般連續未成形層82之間留下蝕刻通道131。在一具體實施例中，每一蝕刻通道131為大約0.4微米寬。即，在此範例中，微LED 820可在最窄點處間隔開大約0.4微

米。

在圖 13 中，鄰接基板 90 的射極層 80 之未成形部分 82 形成連續 N-GaN 層 132，其中該未成形射極層材料一般連續接觸該基板。因而，在一具體實施例中，可能存在射極層材料之一連續層，其一般接觸該基板且其係電接觸或其形成一電平面或連續電連接。因為在一或多個具體實施例中，成形非全部或一般非全部的該射極層材料，故將會存在可成形至一受控制深度或高度以形成側壁的該射極層之一成形部分與未成形的(該射極層材料之)該射極層之一未成形部分或區。在一具體實施例中，如上所論述之限制陣列在該射極層之成形部分內穿越最長距離或大約最大距離(即，限制光線可穿越該成形微 LED 射極)。因而，可選擇限制光線以相對於該基板一般終止於該射極層之成形部分之深度或高度處。如以上進一步論述，該射極層材料(例如，該等微 LED 射極之該等側壁)可基於在該射極層之一成形部分內穿越一最長距離或大約一最長距離的一或多個限制光線來加以成形。

多步驟台面蝕刻程序

圖 14 係一多步驟台面蝕刻程序之一具體實施例之一概略性表示。在此揭示內容內，"台面"係指一晶圓之一區段，其在蝕刻後保留且其形成顯現為一"台面"並變成裝置之發光部分。在步驟 141 處，圖案化射極層 80 以定義蝕刻通道 131 之底部。在步驟 142 處，使用一各向同性蝕刻化學品來實現筆直或接近筆直側壁。在步驟 143 處，再次圖案化射

極層 80 以定義蝕刻通道 131 之頂部。在步驟 144 處，使用一各向異性蝕刻化學品來在該等側壁上建立曲率。在一些具體實施例中，後續處理可包括金屬化與鈍化。在各種具體實施例中，可使用多個光及蝕刻步驟來更佳地細化該等光射極層之最終輪廓。可選取該等蝕刻化學以將該側壁輪廓從筆直(各向同性)變動至彎曲(各向異性)。此可透過一單一步驟以建立一彎曲形狀或採取多個步驟以在該光射極層側壁形狀內蝕刻各種小面來進行。需要時可變動製造步驟之次序。例如，可先定義該台面之頂部以及後續光蝕刻。若干步驟可在該磊晶結構內更深地蝕刻。

在圖 14 之範例中，LED 140 之一具體實施例可藉由以上所說明的多步驟台面蝕刻程序來加以製造。在此範例中，LED 140 包含基板 90 與射極層 80。在此範例中，射極層 80 包含藉由以上所說明之多步驟台面蝕刻程序所形成的成形部分 81，留下鄰接基板 90 的射極層 80 之未成形部分 82。該多步驟台面蝕刻程序之圖案化及蝕刻步驟在射極 820 之間建立蝕刻通道 131。如以上參考圖 8 所說明，每一射極 820 可能包含具有成形側壁 860 與量子井區 815 之成形基板 810。成形基板 810 係一發射材料。在一具體實施例中，該發射材料為 GaN。在一具體實施例中，基板 90 為藍寶石。

其他蝕刻程序還可用以產生 LED 140。例如，按下列次序，一種用於成形一射極層之方法之一具體實施例可能包含將 p 層金屬沈積至一基板上；將反射層沈積於該等 p 層金屬上；將 SiO₂ 保護層(緩衝器)沈積至該反射層上；蝕刻該

等沈積層至一所需形狀；及接著沈積n層金屬。作為另一範例，按下列次序，一種用於成形一射極層之方法之一具體實施例可能包含沈積一遮罩A圖案；依據該遮罩A圖案來蝕刻掉不必要的材料；沈積一遮罩B圖案；依據該遮罩B圖案來蝕刻掉額外材料；重複該等圖案化蝕刻步驟以構建一所需高度；沈積該等n層金屬、在該等n層金屬之頂部上的該等p層金屬並最終該等反射層。

一些具體實施例可略過該各向同性蝕刻步驟以達到該等筆直側壁並直接移動以成形發射材料，其在一具體實施例中包含GaN。例如，按下列次序，一種用於成形一射極層之方法之一具體實施例可包含使用p層金屬包覆塗布一基板；光阻圖案化塗布該等p層金屬之基板；及相應地蝕刻掉不必要的材料。在一具體實施例中，利用ICP-RIE以自該射極層蝕刻掉不必要的材料。還可使用其他蝕刻方法。

此方法僅使用一單一遮罩GaN輪廓且將如此建立之P接點用作一硬遮罩，從而避免再度對齊台面之需要並排除一光阻圖案化步驟。藉由變動二氯(Cl_2)與三氯化硼(BCl_3)氣體之濃度，可達到不同的GaN蝕刻斜率。更明確而言，在一些具體實施例中，隨著蝕刻該GaN材料，執行一系列步驟以改變 Cl_2 與 BCl_3 濃度之比率以影響局部斜率。比如，可使用一更大濃度的 Cl_2 或僅 Cl_2 來獲得更筆直的側壁。富含 BCl_3 化學產生聚合物以鈍化該側壁。為了在高度=0下得到一特定斜率， Cl_2 與 BCl_3 電漿可能具有一特定濃度比率。為了在高度=1得到另一斜率， Cl_2 與 BCl_3 之濃度比率

可能會變動。可重複以上步驟直至到達一所需高度。在該射極層之整個高度上並取決於蝕刻電漿之濃度比率，在該射極層內的每一微LED之側壁之斜率可能從極淺變成極陡，從而成形該射極層。

一些具體實施例可能利用具有兩個遮罩材料的一單一光阻圖案用於輪廓化的Ga₂N蝕刻。例如，一種用於成形一射極層之方法之一具體實施例可能包含下列特徵：

- 1) 光阻圖案相對於最終Ga₂N區域過大。
- 2) 可利用聚焦/曝光以傾斜側壁用於進一步輪廓控制。
- 3) 使用氧化物用於一硬遮罩。在一具體實施例中，一硬遮罩可採取BOE/HF來蝕刻或加以六氟化硫(SF₆)蝕刻。緩衝式氧化物蝕刻(BOE)係具有氧化矽之一更受控制蝕刻速率的氟化銨與氫氟酸(HF)之一混合物。
- 4) 使用大約1:1的抗蝕劑蝕刻比率與大約5:1的氧化物蝕刻比率。1:1蝕刻比率係用以瞄準抗蝕劑厚度使得在蝕刻過程中消耗該抗蝕劑。此揭露Ga₂N之先前受保護區。
- 5) 該氧化物硬遮罩在大約5:1的比率下蝕刻，從而使其對於該蝕刻之剩餘者更堅固。
- 6) 控制該Cl₂及BCl₃比率還可有助於輪廓控制。

機械成形

圖14表示一種形成一微LED陣列之方法且係解說性而非限制性：用於形成微LED陣列之其他方法亦可行且在本發明之範疇內。在一些具體實施例中，一種用於建立該等成形Ga₂N材料之方法涉及使用一雷射來剝蝕該等Ga₂N材料以

形成所需形狀並提供需要的光滑度。雷射剝蝕係使用一高功率雷射以藉由移除或逐出量子井區或基板材料來產生LED的程序。每一雷射脈衝將僅移除一微量材料。可平移該雷射以使用每一後續脈衝來移除材料。藉由在X-Y及Z方向上平移，可移除一3D形狀。雷射剝蝕之具體實施例可用以比蝕刻更快地成形基板。使用已知技術，雷射剝蝕可在碳化矽與藍寶石中在厚度上移除每分鐘大約500 μm 至1 mm。

另一方法將會涉及液體噴射切割，其使用在水或油噴射中的一微粒來引起材料移除。一水噴射可用以剝蝕一晶圓以形成一所需形狀的基板。在水噴射剝蝕之一具體實施例中，較短水脈衝可用以採取若干階段來剝蝕一晶圓。使用水脈衝以剝蝕一晶圓所藉由之程序可能關於雷射剝蝕類似於以上所說明的程序。在水噴射剝蝕之一具體實施例中，水噴射可用以在某一角度下完全地切透該晶圓，接著略微偏移該角度並使用水噴射在一略微更高角度下切透該晶圓，最終產生一所需形狀的基板。在一另外具體實施例中，該水噴射可裝滿研磨材料(例如，工業金剛石粒子)以增加剝蝕材料之速率。

另一選項係透過磨碎、銑削、鋸切、超音波磨碎、拋光、鑽孔或其他機械移除系統或方法來機械移除材料。存在許多用於移除材料以透過機械移除來成形一或多個LED之方法。雖然已個別說明以上剝蝕一材料晶圓以形成所需形狀之方法，但仍可組合以上方法。例如，可能使用機械

移除並水噴射剝蝕之一組合來確保一適當彎曲側壁形狀。類似地，適當時可取決於基板材料來使用用於自一晶圓移除基板材料之方法及技術之各種其他組合。在一具體實施例中，可採取若干階段來進行材料之機械移除。

在超音波磨碎之具體實施例中，具有一或多個LED之相反形狀之一工具係具備一研磨劑並在超音波振動該工具以在該基板材料上產生一洗滌/擦損動作時使其接觸該基板材料使得移除材料並產生成形基板。

用於成形LED基板及側壁之系統和方法之額外範例係說明於2007年10月1日申請的以上引用之美國專利申請案第11/906,219及11/906,194號中，其兩者均出於全部目的完全併入本文內。成形該等側壁之各種方法可應用於以上所說明的該等光射極層。作為一範例，圖15係LED 150之一具體實施例之一概略性表示，該LED包含採取具有彎曲側壁155之六邊形幾何組態的微LED 152之一陣列。在此範例中的LED 150採取一矩形形狀。然而，其他形狀亦可行。作為另一範例，圖16係LED 160之一具體實施例之一概略性表示，該LED包含基板161與採取具有成角度側壁165之六邊形幾何組態的微LED 162之一陣列。作為又另一範例，圖17係LED 170之一具體實施例之一概略性表示，該LED包含基板171與採取具有筆直側壁175之六邊形幾何組態的微LED 172之一陣列。

生長

在一些具體實施例中，微LED還可藉由生長射極層來加

以製造。將GaN作為一範例，沈積係用以生長GaN薄膜之許多常用程序之一者。GaN已藉由許多類型的磊晶生長並在數個基板(包括SiC與藍寶石)上來生長。範例GaN生長方法包括(但不限於)金屬有機化學汽相沈積(MOCVD)、碘汽相生長(IVPG)、分子束磊晶(MBE)、機械濺鍍磊晶(MSE)及氮化物汽相磊晶(HVPE)。

在一些具體實施例中，一種成形一LED之一射極層之方法可能包含決定一微LED(又稱為一微型射極)之一出射面積(b)與一射極面積(a)，其中該出射面積(b)具有採取一第一幾何組態的一出射面且其中該射極面積(a)具有採取一第二幾何組態的一量子井區。使用該出射面積(b)與該射極面積(a)，可計算該微型射極之一最小高度(h)，如上所說明。該方法可進一步包含依據該第一幾何組態、該第二幾何組態及該最小高度(h)藉由沈積來生長該微型射極以形成滿足該最小高度(h)的一成形部分。可如此同時產生一或多個微LED。在一些情況下，還可形成一未成形部分。該射極層之未成形部分鄰接一基底基板。藍寶石係一適當基底基板之一範例。在生長該微型射極時，該微型射極之側壁係定位並成形以引起具有自該射極面積至該側壁之一筆直透射路徑的至少多數光線使用小於或等於在該出射面處之一臨界角的在該出射面處之一入射角來反射至該出射面。在一些具體實施例中，微LED還可使用習知此項技術者所瞭解之技術藉由生長並成形射極層來加以製造。在一些具體實施例中，射極層之生長及成形可交替、同時或一般同

時來發生。

因而，在一些具體實施例中，藉由一種成形一LED之一射極層之方法所製造的LED可能包含在該基底基板之一表面上的一射極層，其中該射極層具有一成形部分，其中該成形部分包含一出射面積(b)、一射極面積(a)、一最小高度(h)及側壁，其中該出射面積(b)具有採取一第一幾何組態的一出射面，其中該射極面積(a)具有採取一第二幾何組態的一量子井區，其中該最小高度(h)係利用該出射面積(b)與該射極面積(a)來加以決定，其中該等側壁之每一者係定位並成形以引起具有從該射極面積至該側壁之一筆直透射路徑的至少大多數光線使用小於或等於在該出射面處之一臨界角的在該出射面處之一入射角來反射至該出射面。

應用

可在各種應用中使用具有成形光射極層之LED。用於此通用性的一原因係可以各種方式配置微LED以形成所需LED。各具有一微小射極陣列之LED還可配置以產生一所需數量光與一所需光圖案。例如，微LED及/或LED可以一方形、一矩形、一圓形或其他形狀來加以配置。使用一LED陣列來產生所需數量光可能更具效率或可能比使用一單一LED消耗更少空間。如圖14所示範，可由其中移除晶圓材料以形成蝕刻通道131與射極820的相同晶圓來形成一微LED陣列。雖然以上具體實施例說明由一材料晶圓來形成微LED，但利用以產生LED之成形基板可由一塊基板材

料來形成。

在一些情況下，可能期望使用一LED來產生白光。此可藉由將來自一單色(例如，藍色)、短波長LED之光撞擊至磷光體或其他吸收該光並在人眼感知為白光之一波長下重新發射光的粒子上。磷光體或其他粒子可與LED之具體實施例一起用以產生白光。

塗布一LED之出射面或多個出射面可能具有製造優點，即可允許簡化白光LED製造，從而可進而降低白光LED製造之成本。例如，將由其形成成形基板LED之一晶圓之一側可塗布一層，該層含有磷光體或其他可激發以發射白光之粒子(即一粒子塗層)。可剝蝕該晶圓之未曾塗布該粒子塗層之側。當已剝蝕該晶圓以產生多個LED時，該等LED將會具有一出射面，其具有產生白光所必需之粒子塗層。另外，因為一成形基板將進入該基板的超多數光引導至一或多個已知出射面，故塗布一或多個特定出射面可在白光產生中高度有效。據此，使用一成形基板可排除使用一粒子塗層塗布一LED之側壁或側壁之一部分的需要。因而，將不需要個別施加一粒子塗層至每一LED。施加一粒子塗層至一晶圓之一側可能比施加一粒子塗層至個別LED更便宜。可設計該基板之側壁使得可部分或完全再循環由於與該粒子塗層相互作用而散射回至該基板的光。利用奈米粒子以結合一LED來產生白光允許光之最小偏斜，從而最小化反向散射光並最大化發射自出射面之光。

用於LED之具體實施例的潛在應用包括行動電話顯示照

明。目前系統一般使用具有磷光體填充囊封材料的三個側發射藍色LED以產生白光。該LED之該等側一般係不透明且一較大百分比的產生光為該等側壁所吸收。此導致超過50%的光損失於吸收。此外，在該囊封物至空氣之介面處的折射率變化為以大於臨界角碰撞該介面之出射光線建立一TIR條件。此在該介面處導致大約44%損失。成形基板LED之具體實施例可遞送80%的產生光至光導，從而導致極大的系統亮度改良。

用於LED之具體實施例的另一潛在應用係用作一行動電話相機閃光燈。目前系統一般使用具有高斯能量分佈之LED，該高斯能量分佈在影像中心產生一極亮區域並在該等邊緣處產生較暗區域，從而造成標的之不均勻照明。而且，目前閃光燈單元之光束形狀為圓形，而CCD相機所捕獲之影像為矩形。此外，在該囊封物至空氣之介面處的折射率變化為以大於臨界角而碰撞該介面之出射光線建立一TIR條件。此導致與出射立體角成一函數關係的在該介面處的損失。另一方面，LED之具體實施例可遞送一矩形或方形閃光，以一均勻分佈將進入該LED之基板內的光之80%提供至影像區域。相對於先前技術LED閃光燈系統，此導致更均勻的場景光照與更高位準的光照。

用於LED之具體實施例的另一潛在應用係用於液晶顯示器("LCD")背光。傳統LCD系統使用紅色、綠色及藍色LED之一線性陣列。來自該等LED之光係引導至一混合光導內以提供色彩及強度的均勻度。一般而言，該等LED具有放

置於LED之上的一圓頂且光係由橢圓形反射器來加以捕獲以將光引導至光導。雖然橢圓形反射器對於點光源工作良好，但LED並非點光源且該等光線之一些者將不會到達在該光導內部的焦距。而且，由於來自一圓頂囊封物之一些光係以大於180度來發射，故該光之一些者為該基板、PCB板及其他組件所吸收。另外，因為該圓頂相對於在該圓頂內的腔之大小較大，故某一百分比的光一般會折射。因為該些損失係倍增的，故最初發射自LED之光的僅一百分比實際到達光導。

另一方面，LED之具體實施例可在所需圓錐角下提供多達80%的進入LED之基板的光至光導(假定菲涅耳損失)。因此，更低功率LED可用以實現與在目前系統內可能相同的結果或可在相同功率消耗位準下遞送更多光。確切而言，在一些具體實施例中，可能不要求光導且LED陣列可用以引導背光LCD。

用於LED之具體實施例的另一潛在用途係在汽車前燈、手電筒、數位光處理"DLP"系統及其他裝置內。可選擇該LED之形狀以便提供所需投射圓錐體及光束輪廓。另外，一LED與一聚光透鏡或其他光學裝置(諸如美國專利申請案第11/649,018號，標題為"SEPARATE OPTICAL DEVICE FOR DIRECTING LIGHT FROM AN LED(用於從一LED引導光之單獨光學裝置)"中所說明之主要光學裝置"POD")之組合允許發射一較窄立體角(大約0.1立體弧度或更小)，同時守恆輻射並在一極小體積內如此做。此一組合可應用於

手電筒、聚光燈或任一其他較窄光束應用。

總而言之，本文中所揭示之微LED構造之具體實施例可在下列領域內提供技術改良：

- 電流散佈
- 熱移除
- 發射均勻度
- 增加作用區域(P層)相對於非作用區域(N層)接點之百分比
- 更高外部量子效率
- 由於更高擷取效率，每流明產生更低熱
- 守恆真實亮度

本文中在成形整個LED(包括基板)或單獨成形基板上所揭示之系統和方法之優點包括擷取自該等射極層在該等射極層處所產生之光的100%或大約或一般100%。另外，移除更少材料且很少或不需要移除基板材料(諸如在藍寶石之情況下移除其可能較困難或昂貴)，從而可加速LED生產並降低產生LED之成本。而且，因為在一些LED形成程序中已蝕刻發光層，故依據本文中所說明蝕刻該等發光層可大幅增加光擷取效率而不會大幅增加製造所必需之時間。

此設計之另一特徵係可在基板之出射面處添加磷光體以改變發射光之色彩。例如，若使該等微LED發射藍光，且添加磷光體以將光之一部分轉換成黃光，則所發射光之和將會顯現為白光。

由於該等微LED之固有設計，自該等磷光體反射回至基

板的任何光將會內部反射回至該等微LED之量子井區。此允許具有低損失的具效率光子再循環。若使用奈米粒子，則將不存在任何向後散射且將會獲得最大效率。

此類型構造之一另外特徵係允許基板材料之光學光滑側壁。一般在產業中，個別晶粒係藉由金剛石鋸切或藉由劃線並斷裂來加以切開。該些方法產生光學粗糙(擴散表面)或可能光學光滑但隨機起伏的晶粒側壁(劃線且斷裂表面)。在產業中普遍的係，如此看待該等晶粒分離方法，即一種用以分離裝置且很少關注該等表面之品質的方式。

依據具有成形光射極層之LED之各種具體實施例，該等側壁可用作額外TIR表面以維持靠近該晶粒之該等邊緣的來自該等微LED之光線之方向。在此情況下，發出自一近邊緣微LED之一光線可碰撞側壁，之後其到達基板之出射面。由於側壁係光學光滑，光線將會內部反射並轉發至基板之出射面。此維持碰撞出射面之該等光線以不大於臨界角之角度如此做，故其可能穿過出射面的條件。

在一具體實施例中，可如在產業中普遍進行地或依據一般產業實務來分離LED晶粒。因而，本文中所揭示之系統和方法之具體實施例可容易地整合至用於LED生產之現有程序中，從而流線型化商業化並可能利用現有設備與設施。

在以上所揭示之具體實施例中，菲涅耳損失可在該等射極層與該基板之間的介面處發生並可在該基板與空氣或其他媒體之間的介面處發生。在該基板與空氣或其他媒體之

間的介面處的非涅耳損失可藉由使用抗反射塗層來塗布該基板之出射面來加以降低。

需要時，可使該基板之該等側壁不光學光滑，或部分光滑，在此情況下，可允許碰撞該等側壁之光之某部分出射透過該等側壁而不是反射至主要出射面。此可能對於某些照明情形具有優點。

雖然此揭示內容說明特定具體實施例，但應明白該等具體實施例係解說性且本發明之範疇不限於該些具體實施例。以上所說明之具體實施例之許多變更、修改、添加及改良均可行。藉由範例，除藍寶石與碳化矽外，還可使用允許光穿過的其他基板。例如，基板可由玻璃、可模製玻璃或金剛石製成。預期該些變更、修改、添加及改良均落入隨附申請專利範圍內所詳細說明之本發明之範疇內。

【圖式簡單說明】

隨附並形成此說明書之部分的附圖係包括以描述本揭示內容之某些態樣。藉由引用該等圖式中所解說之範例性並因此非限制性具體實施例將會更容易地明白本揭示內容之一更清晰印象。在任何可能的地方，將遍及所有圖式使用相同的參考編號來引用相同或相似的特徵(元件)。該等圖式不一定係按比例繪製。

圖1係全內反射(TIR)如何可限制光之逃逸錐面，從而引起較低光擷取效率之一範例的一概略性圖解。

圖2A及2B顯示包含具有成形側壁之一成形部分之方形射極之一具體實施例之一概略性表示的各種視圖。

圖3係具有成形側壁之一成形基板之一範例立體模型之一側視圖。

圖4顯示透過圖3之立體模型所追蹤之光線之一範例，解說自該等成形側壁反射至該出射表面之光線。

圖5係在一光線追蹤程式中所建立之一方形射極之一立體模型之一螢幕快照，顯示在出射偵測器平面處的近場分佈。

圖6係圖5之立體模型之一螢幕快照，顯示在該出射偵測器平面之後的遠場分佈。

圖7A至7D顯示一六邊形射極之一具體實施例之一概略性表示的各種視圖。

圖8係藉由成形一LED之一射極層所建立之一六邊形射極之一具體實施例之一概略性表示。

圖9係具有複數個層(包括一射極層)之一LED之一具體實施例之一概略性表示。

圖10及11係一六邊形射極之一立體模型之螢幕快照，顯示近場與遠場分佈。

圖12係包含一基板、一射極層及一N接點層之一LED之一具體實施例之一概略性表示。

圖13係包含一基板與一射極層之一LED之一具體實施例之一概略性表示，該射極層具有形成於該射極層之一成形部分內的六邊形射極之一陣列。

圖14係一多步驟台面蝕刻程序之一具體實施例之一概略性表示。

圖 15 係一 LED 之一具體實施例之一概略性表示，該 LED 包含採取具有彎曲側壁之六邊形幾何組態的微 LED 之一陣列。

圖 16 係一 LED 之一具體實施例之一概略性表示，該 LED 包含採取具有成角度側壁之六邊形幾何組態的微 LED 之一陣列。

圖 17 係一 LED 之一具體實施例之一概略性表示，該 LED 包含採取具有筆直側壁之六邊形幾何組態的微 LED 之一陣列。

【主要元件符號說明】

10	成形部分
20	方形射極
40	發射平面/偵測器平面
45	對角線光線
50	介面
55	出射面/出射表面
60	成形側壁/N接點層
65	成形側壁
70	光線
80	成形射極層/射極層材料
81	成形部分
82	未成形部分
90	基板
100	LED 基板

101	介面
102	介面
120	LED
130	LED
131	蝕刻通道
132	N-GaN層
140	LED
150	LED
152	微LED
155	彎曲側壁
160	LED
161	基板
162	微LED
165	成角度側壁
170	LED
171	基板
172	微LED
175	筆直側壁
720	六邊形射極
750	射極面積
755	出射面積
810	基板
815	量子井區
820	六邊形射極/微LED

850	介 面
855	出 射 面
860	側 壁
865	側 壁
900	LED
920	層

發明專利說明書

(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：98104084

※申請日：98.2.9

※IPC 分類：H01L 33/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

射極層成形的系統和方法

SYSTEM AND METHOD FOR EMITTER LAYER SHAPING

二、中文發明摘要：

一種揭示之LED之具體實施例具有一射極層，其係相對於該LED之一基板而成形至一受控制深度或高度，以最大化該LED之光輸出並實現一所需強度分佈。在一些具體實施例中，可選擇該LED之出射面以守恆輻射。在一些具體實施例中，成形包括該基板與側壁的整個LED或單獨成形該基板，其可擷取自該等射極層於該等射極層處所產生之光的100%或大約100%。在一些具體實施例中，總效率為至少90%或以上。在一些具體實施例中，該射極層可藉由蝕刻、機械成形或各種成形方法之一組合來成形。在一些具體實施例中，僅該射極層之一部分經成形以形成該等微小射極。該未成形部分形成用於該LED之一連續電連接。

三、英文發明摘要：

Embodiments of an LED disclosed has an emitter layer shaped to a controlled depth or height relative to a substrate of the LED to maximize the light output of the LED and to achieve a desired intensity distribution. In some embodiments, the exit face of the LED may be selected to conserve radiance. In some embodiments, shaping the entire LED, including the substrate and sidewalls, or shaping the substrate alone can extract 100% or approximately 100% of the light generated at the emitter layers from the emitter layers. In some embodiments, the total efficiency is at least 90% or above. In some embodiments, the emitter layer can be shaped by etching, mechanical shaping, or a combination of various shaping methods. In some embodiments, only a portion of the emitter layer is shaped to form the tiny emitters. The unshaped portion forms a continuous electrical connection for the LED.

七、申請專利範圍：

1. 一種成形LED之一射極層之方法，其包含：

決定一微型射極之一出射面積(b)與一射極面積(a)，其中該出射面積(b)具有採取一第一幾何組態之一出射面，且其中該射極面積(a)具有採取一第二幾何組態之一量子井區；

利用該出射面積(b)與該射極面積(a)來決定該微型射極之一最小高度(h)；

依據該第一幾何組態、該第二幾何組態及該最小高度(h)，自一發射材料移除物質或生長該發射材料，以形成一成形部分，其具有滿足該最小高度(h)之一或多個微型射極；以及

成形該等微型射極之側壁，其中每一側壁經定位並成形以使具有自該射極面積至該側壁之一筆直透射路徑之至少多數光線使用小於或等於在該出射面處之一臨界角之在該出射面處之一入射角來反射至該出射面。

2. 如請求項1之方法，其中自該發射材料移除物質進一步包含：

使用具有該第一幾何組態之一第一遮罩來圖案化該發射材料；

依據該最小高度(h)與該第一幾何組態來蝕刻該發射材料；

使用具有該第二幾何組態之一第二遮罩來圖案化該發射材料；以及

依據該第二幾何組態來蝕刻該發射材料。

3. 如請求項2之方法，其中該第一遮罩定義在該射極層內之蝕刻通道之一最小寬度，且其中該一或多個微型射極包含間隔開該等蝕刻通道之該最小寬度之微型射極之一陣列。
4. 如請求項1之方法，其中該發射材料包含氮化鎵(GaN)。
5. 如請求項1之方法，其中依據該第一幾何組態、該第二幾何組態及該最小高度(h)，自一發射材料移除物質或藉由沈積生長該發射材料來進一步形成鄰接一基底基板之一未成形部分。
6. 如請求項5之方法，其中該基底基板包含三氧化二鋁(Al_2O_3)或碳化矽(SiC)。
7. 如請求項5之方法，進一步包含在該基底基板之一表面上施加一抗反射塗層，其中該表面介接空氣。
8. 如請求項1之方法，其中該第一幾何組態具有四或六個側。
9. 如請求項1之方法，其中決定該微型射極之該最小高度(h)進一步包含決定自該微型射極之該射極面積(a)至該出射面積(b)穿越一最長距離或大約一最長距離之一或多個限制光線。
10. 一種LED，其係藉由一種成形LED之一射極層之方法所製造，該方法包含：

決定一微型射極之一出射面積(b)與一射極面積(a)，其中該出射面積(b)具有採取一第一幾何組態之一出射

面，且其中該射極面積(a)具有採取一第二幾何組態之一量子井區；

利用該出射面積(b)與該射極面積(a)來決定該微型射極之一最小高度(h)；

依據該第一幾何組態、該第二幾何組態及該最小高度(h)，自一發射材料移除物質或生長該發射材料，以形成一成形部分，其具有滿足該最小高度(h)之一或多個微型射極；以及

成形該等微型射極之側壁，其中每一側壁經定位與成形以使具有自該射極面積至該側壁之一筆直透射路徑之至少多數光線使用小於或等於在該出射面處之一臨界角之在該出射面處之一入射角來反射至該出射面。

11. 如請求項10之LED，其中該發射材料包含氮化鎵(GaN)。
12. 如請求項10之LED，其中依據該第一幾何組態、該第二幾何組態及該最小高度(h)，自一發射材料移除物質或藉由沈積生長該發射材料來進一步形成鄰接一基底基板之一未成形部分。
13. 如請求項12之LED，其中該基底基板包含三氧化二鋁(Al_2O_3)或碳化矽(SiC)。
14. 如請求項12之LED，其中該方法進一步包含在該基底基板之一表面上施加一抗反射塗層，其中該表面介接空氣。
15. 如請求項10之LED，其中自該發射材料移除物質進一步包含：

使用具有該第一幾何組態之一第一遮罩來圖案化該發射層；

依據該最小高度(h)與該第一幾何組態來蝕刻該發射層；

使用具有該第二幾何組態之一第二遮罩來圖案化該發射層；以及

依據該第二幾何組態來蝕刻該發射材料。

16. 如請求項15之LED，其中該第一遮罩定義在該射極層內之蝕刻通道之一最小寬度，且其中該一或多個微型射極包含間隔開該等蝕刻通道之該最小寬度之微型射極之一陣列。
17. 如請求項10之LED，其中該第一幾何組態具有四或六個側。
18. 如請求項10之LED，其中決定該微型射極之該最小高度(h)進一步包含決定自該微型射極之該射極面積(a)至該射出面積(b)穿越一最長距離或大約一最長距離之一或多個限制光線。
19. 一種LED，其包含：
 - 一基底基板；以及
 - 在該基底基板之一表面上之一射極層，其中該射極層具有一成形部分，其中該成形部分包含一出射面積(b)、一射極面積(a)、一最小高度(h)及側壁，其中該射出面積(b)具有採取一第一幾何組態之一射出面，其中該射極面積(a)具有採取一第二幾何組態之一量子井區，其中該最

小高度(h)係利用該出射面積(b)與該射極面積(a)來決定，其中該等側壁之每一者經定位與成形以使具有自該射極面積至該側壁之一筆直透射路徑之至少大多數光線使用小於或等於在該出射面處之一臨界角之在該出射面處之一入射角來反射至該出射面。

20. 如請求項19之LED，其中該射極層進一步包含鄰接該基底基板之一未成形部分。

21. 如請求項19之LED，其中該射極層包含氮化鎵(GaN)。

22. 如請求項19之LED，其中該基底基板包含三氧化二鋁(Al_2O_3)或碳化矽(SiC)。

23. 如請求項19之LED，其中該第一幾何組態及該第二幾何組態包含不同大小的方形、矩形或六邊形。

24. 如請求項19之LED，其中該射極層包含一射極陣列，每一射極具有一出射面積(b)、一射極面積(a)、一最小高度(h)及側壁。

25. 如請求項19之LED，其中該射極層之該成形部分經成形以實現自該LED之至少75%光擷取。

八、圖式：

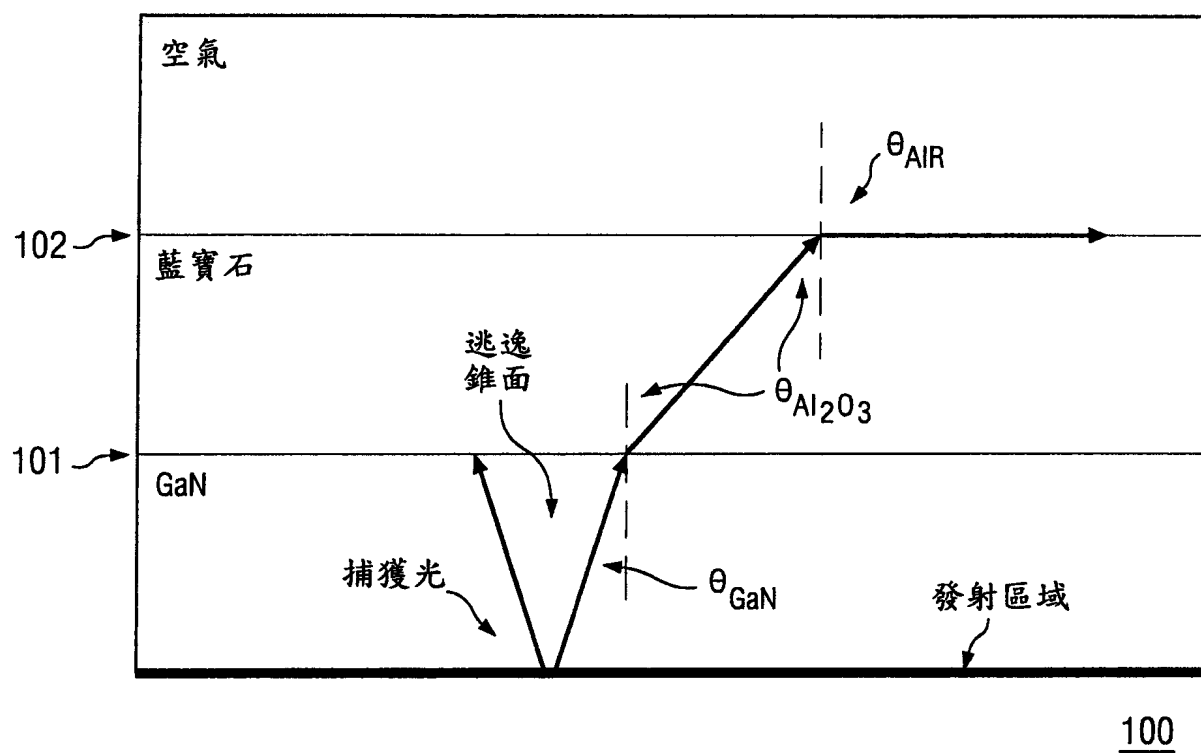


圖 1

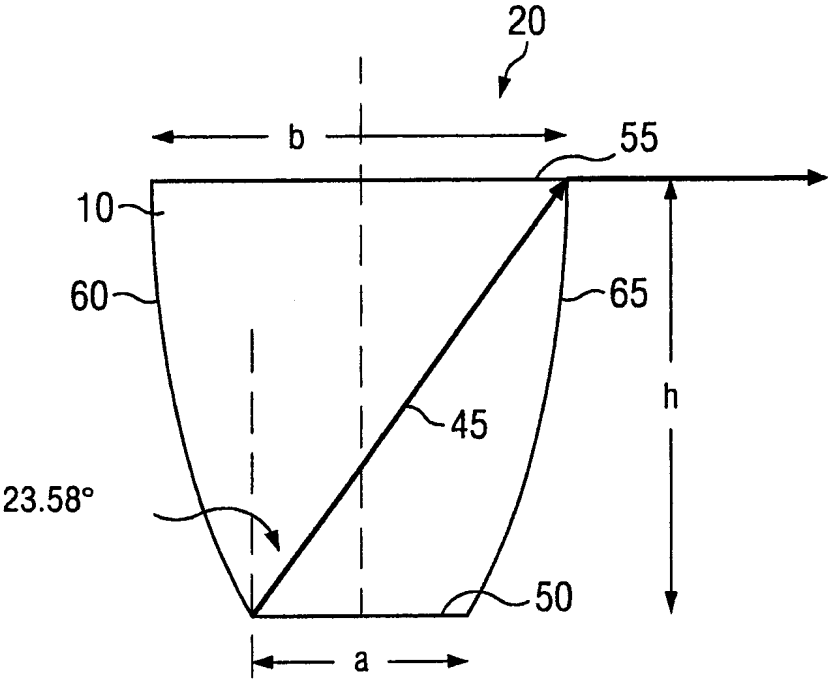


圖 2A

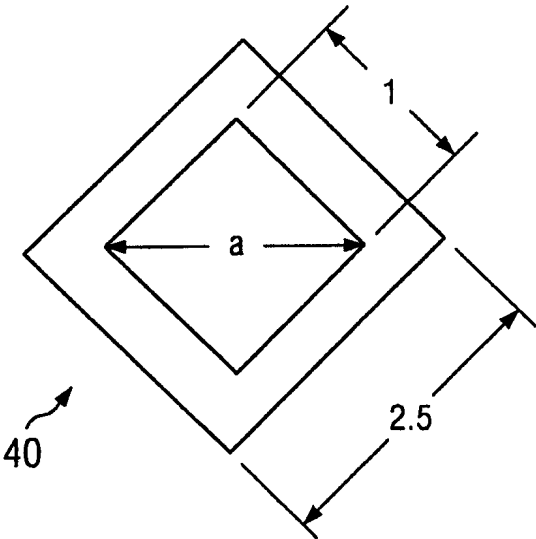


圖 2B

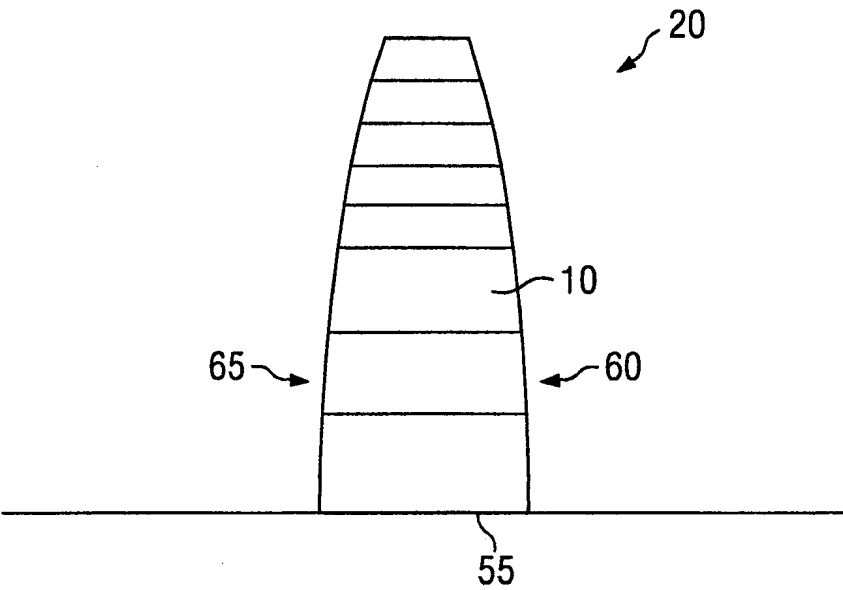


圖 3

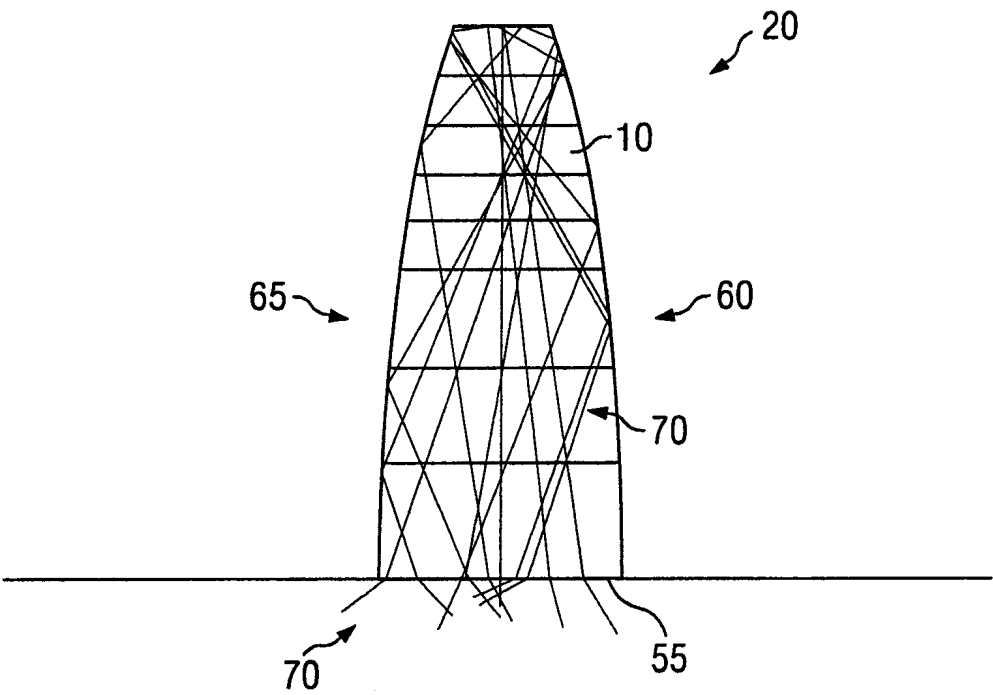


圖 4

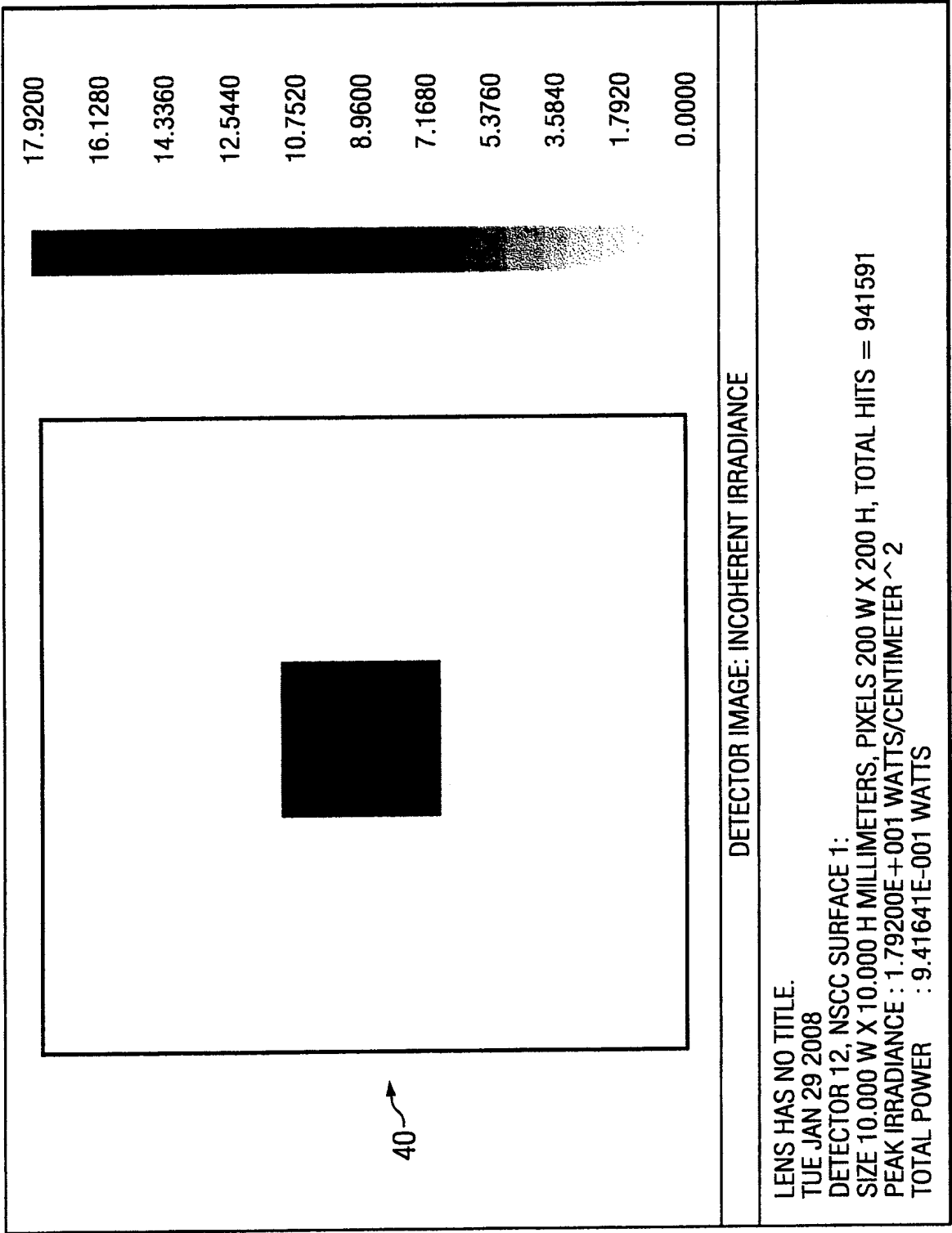


圖 5

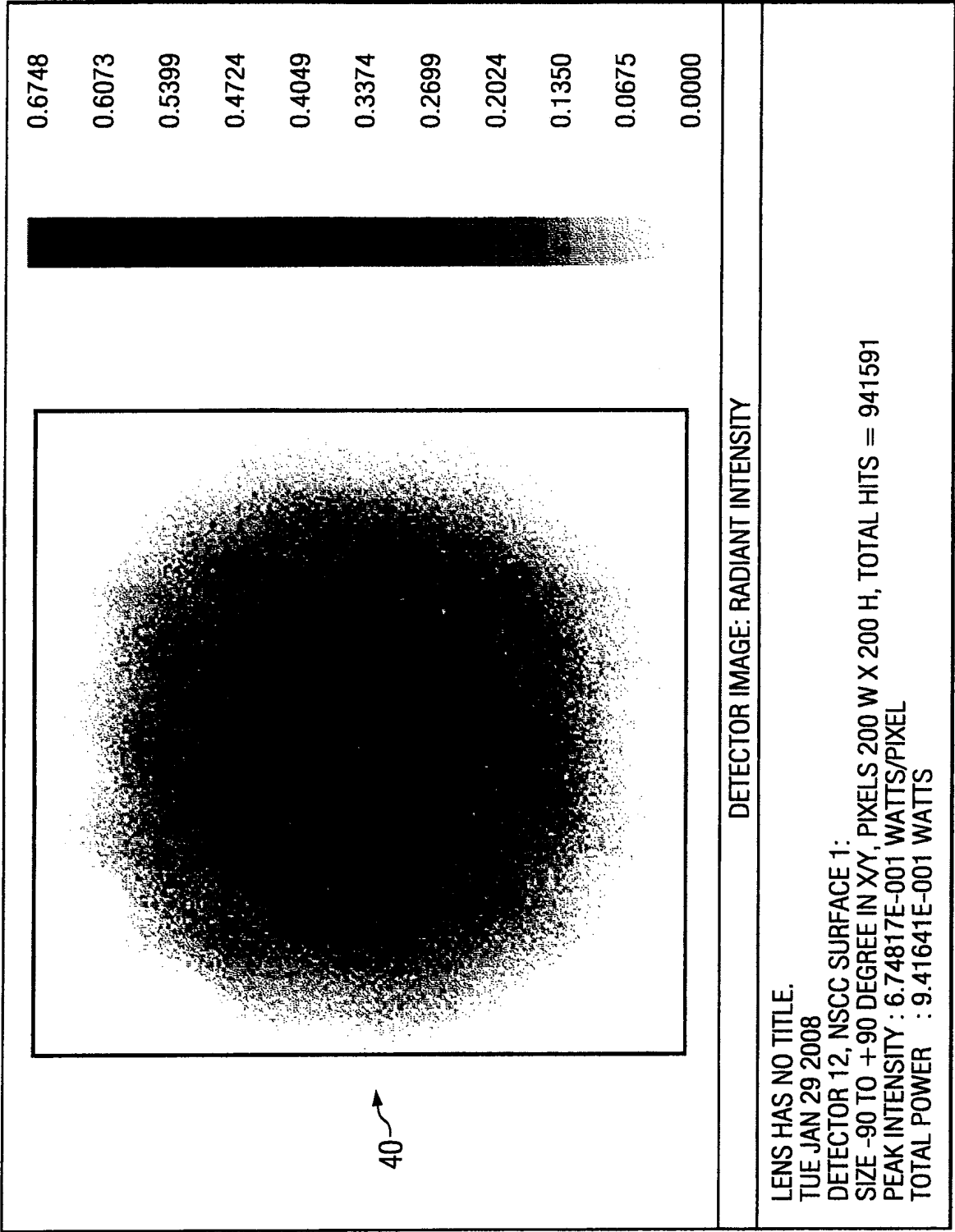


圖 6

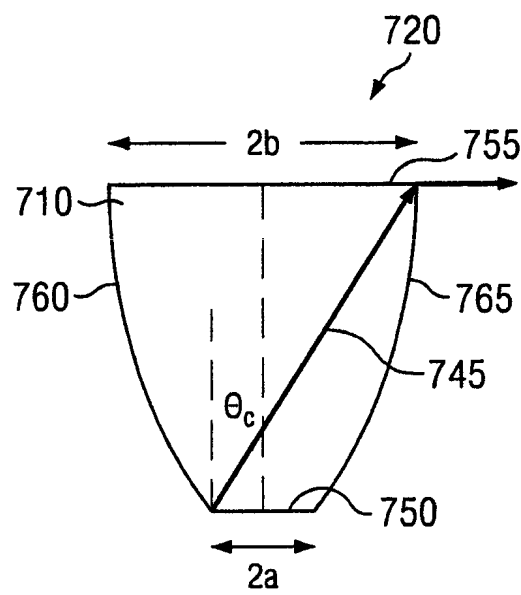


圖 7A

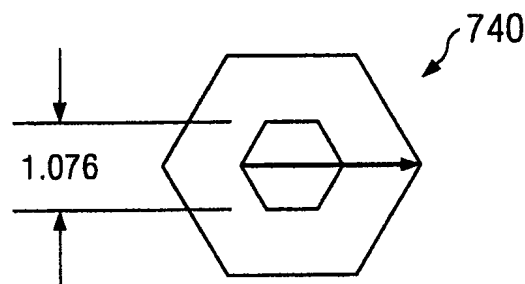


圖 7B

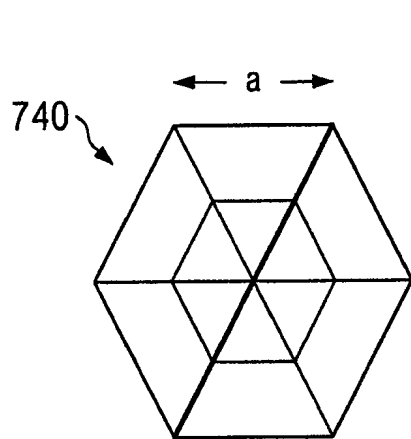


圖 7C

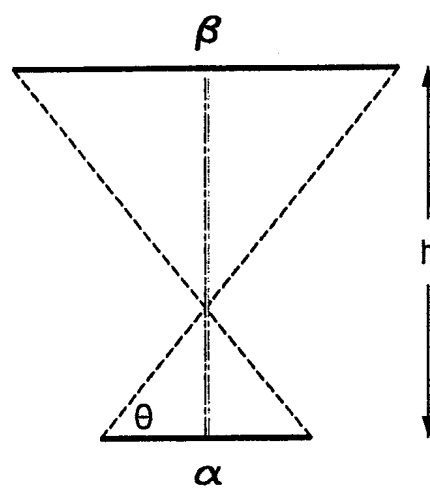


圖 7D

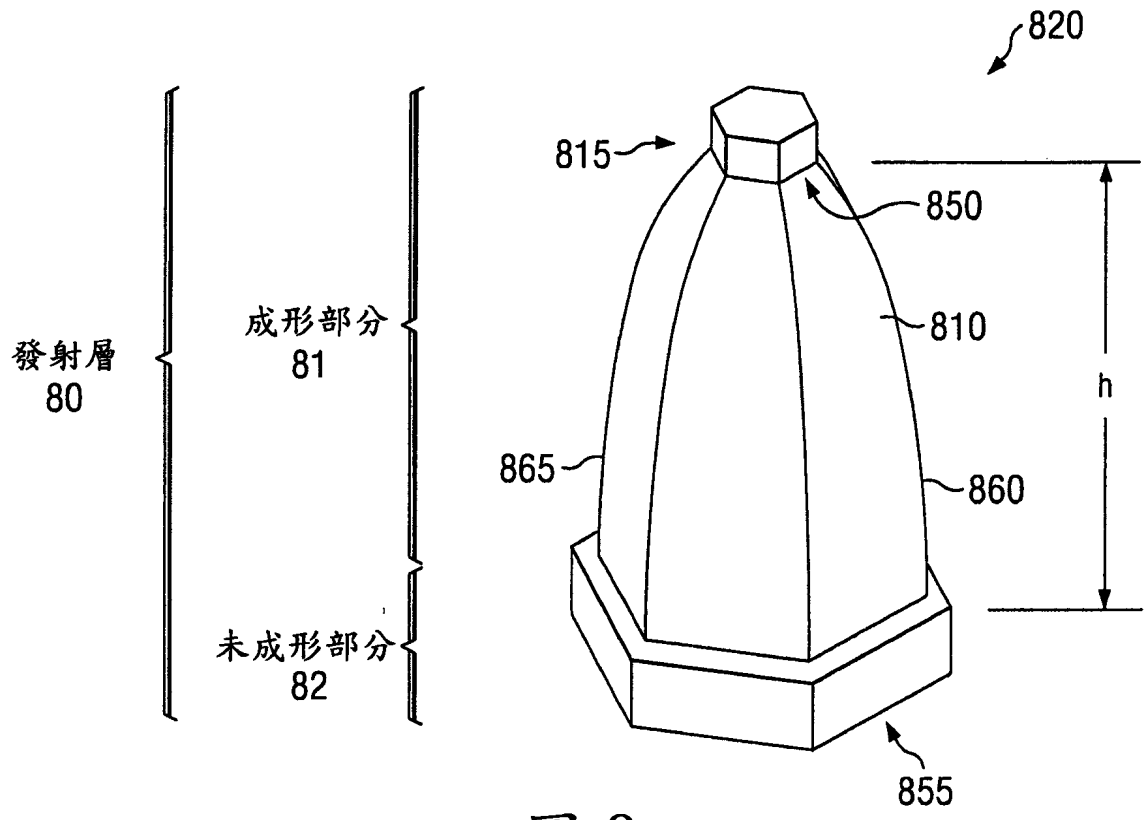


圖 8

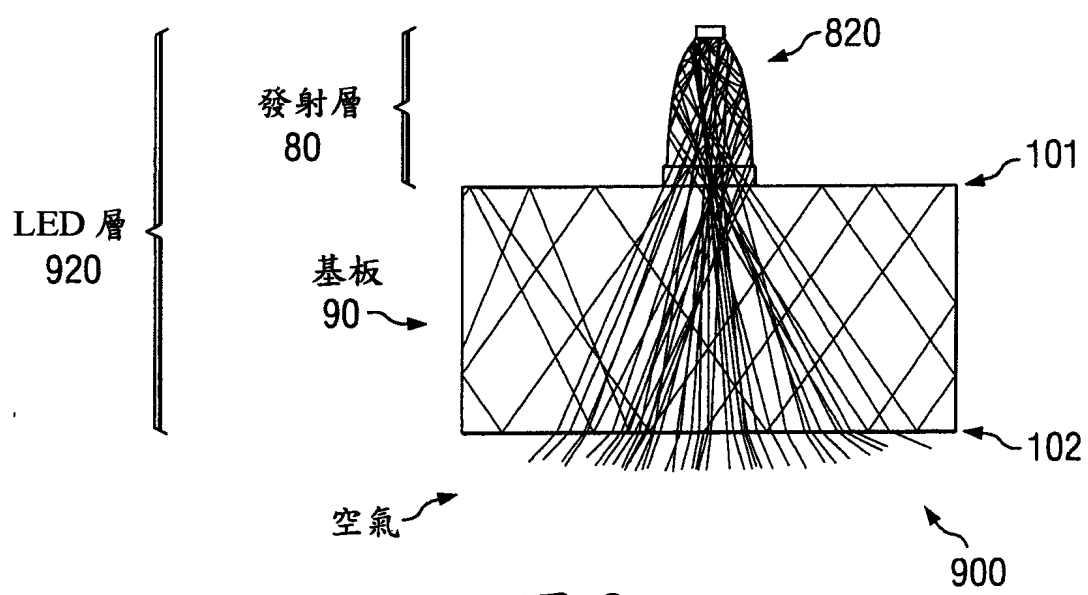


圖 9

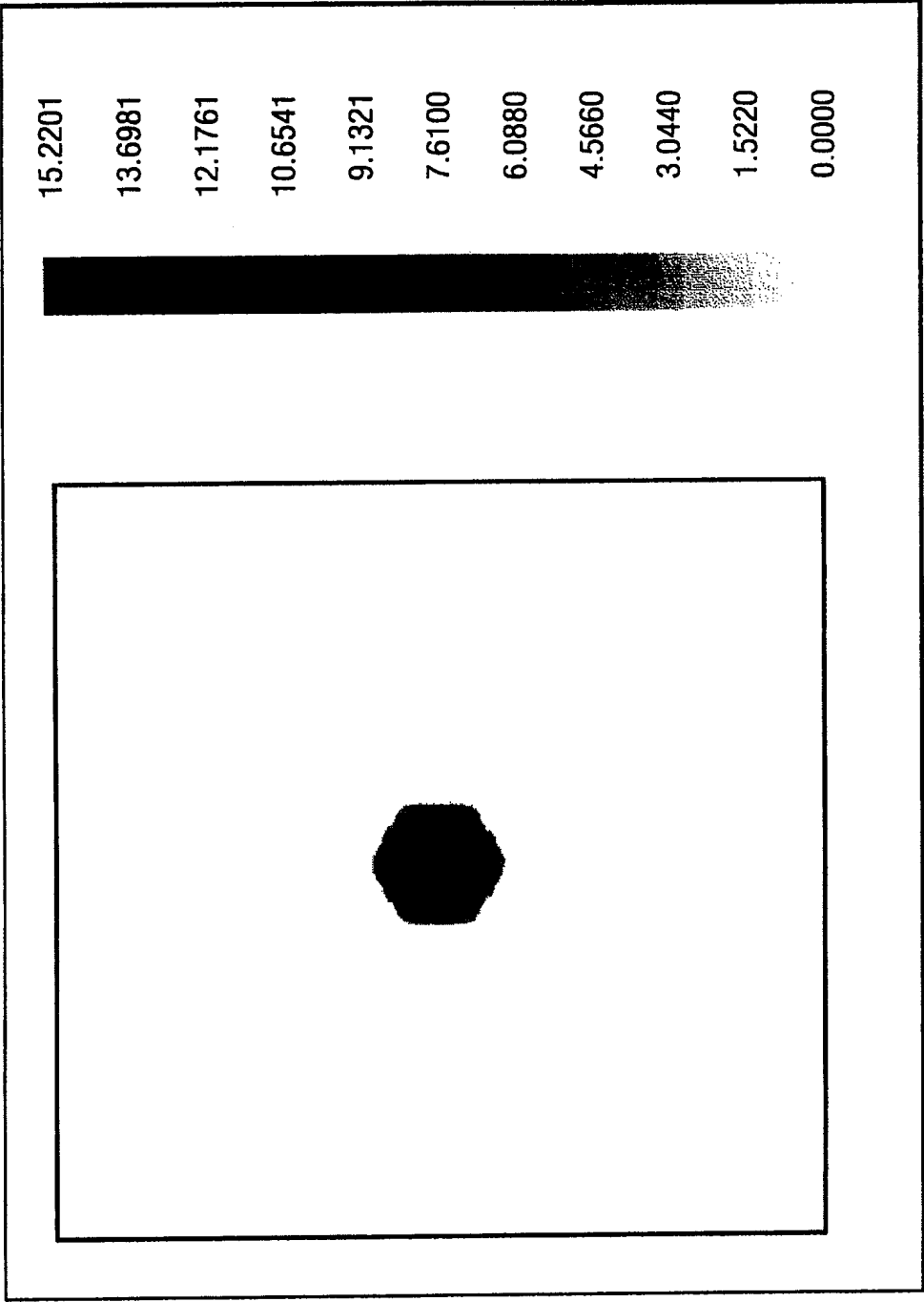


圖 10

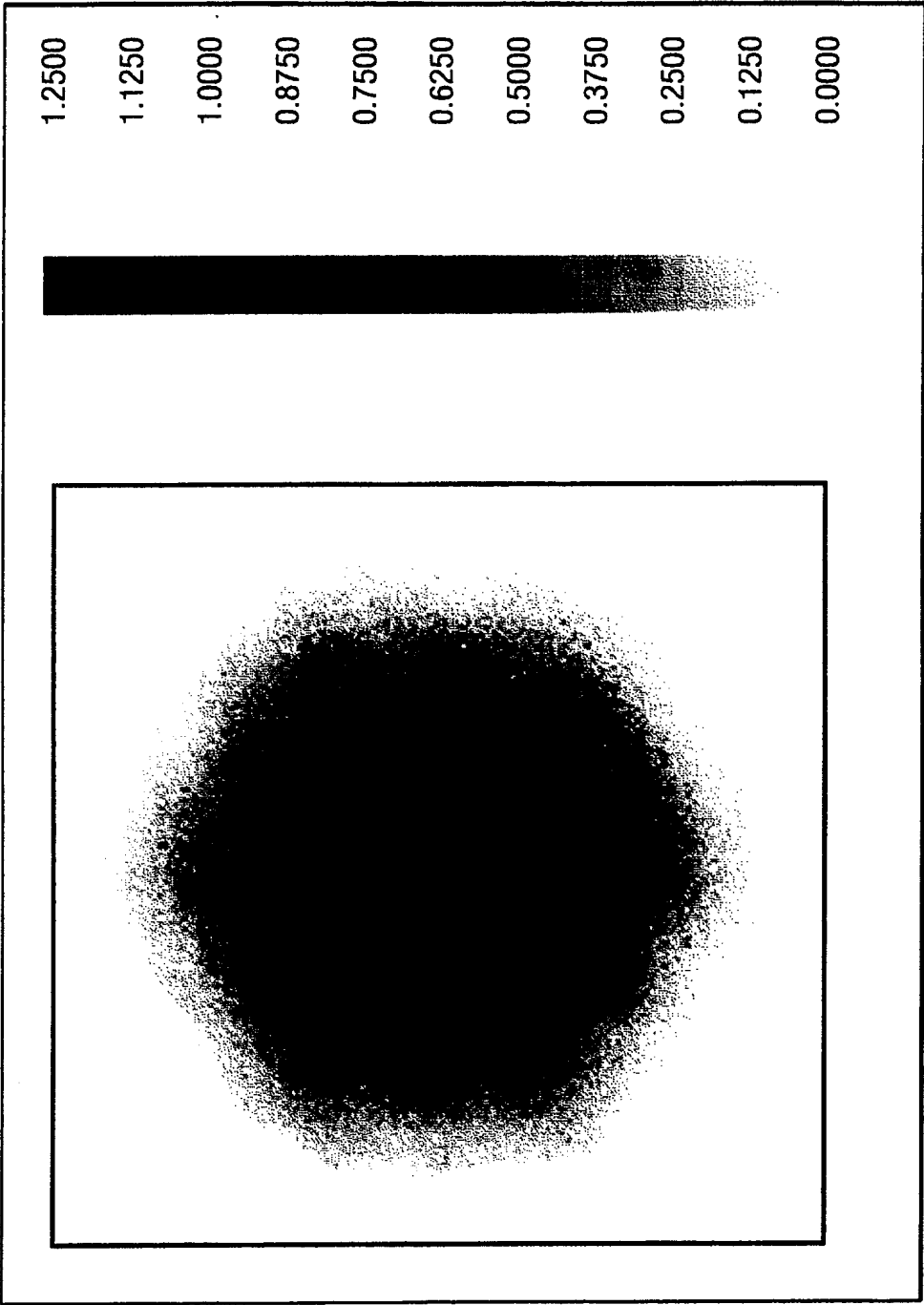


圖 11

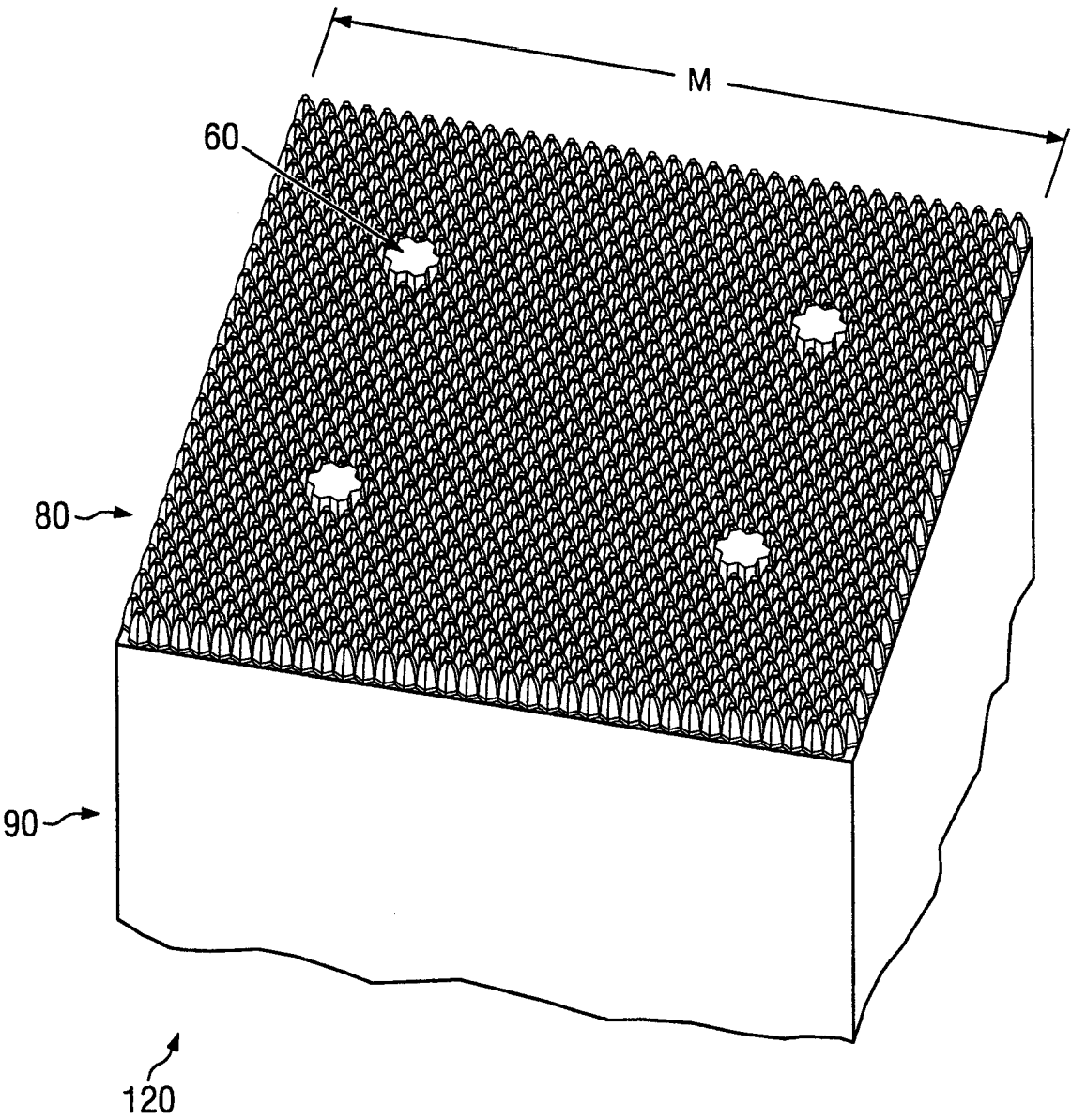


圖 12

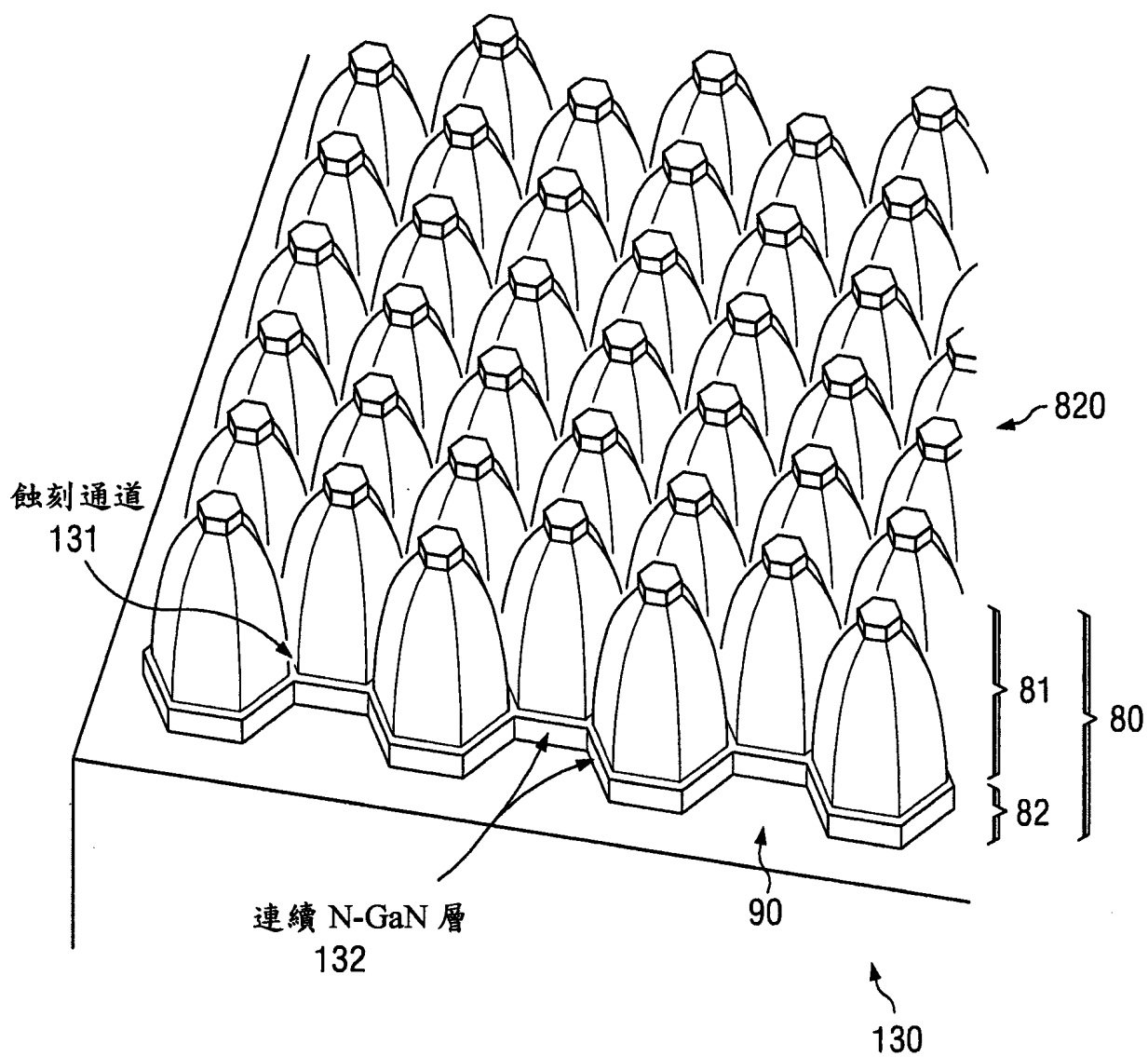


圖 13

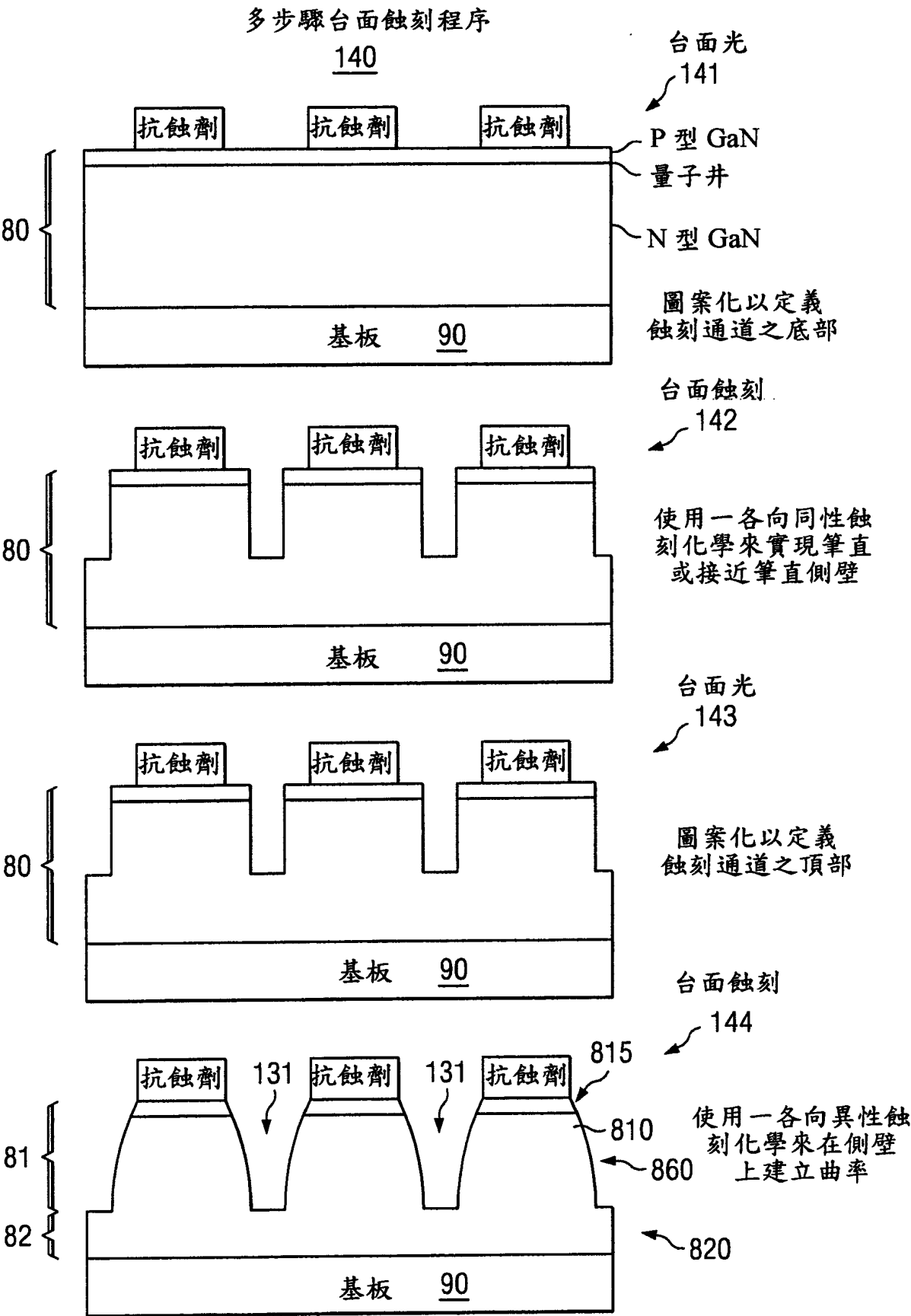


圖 14

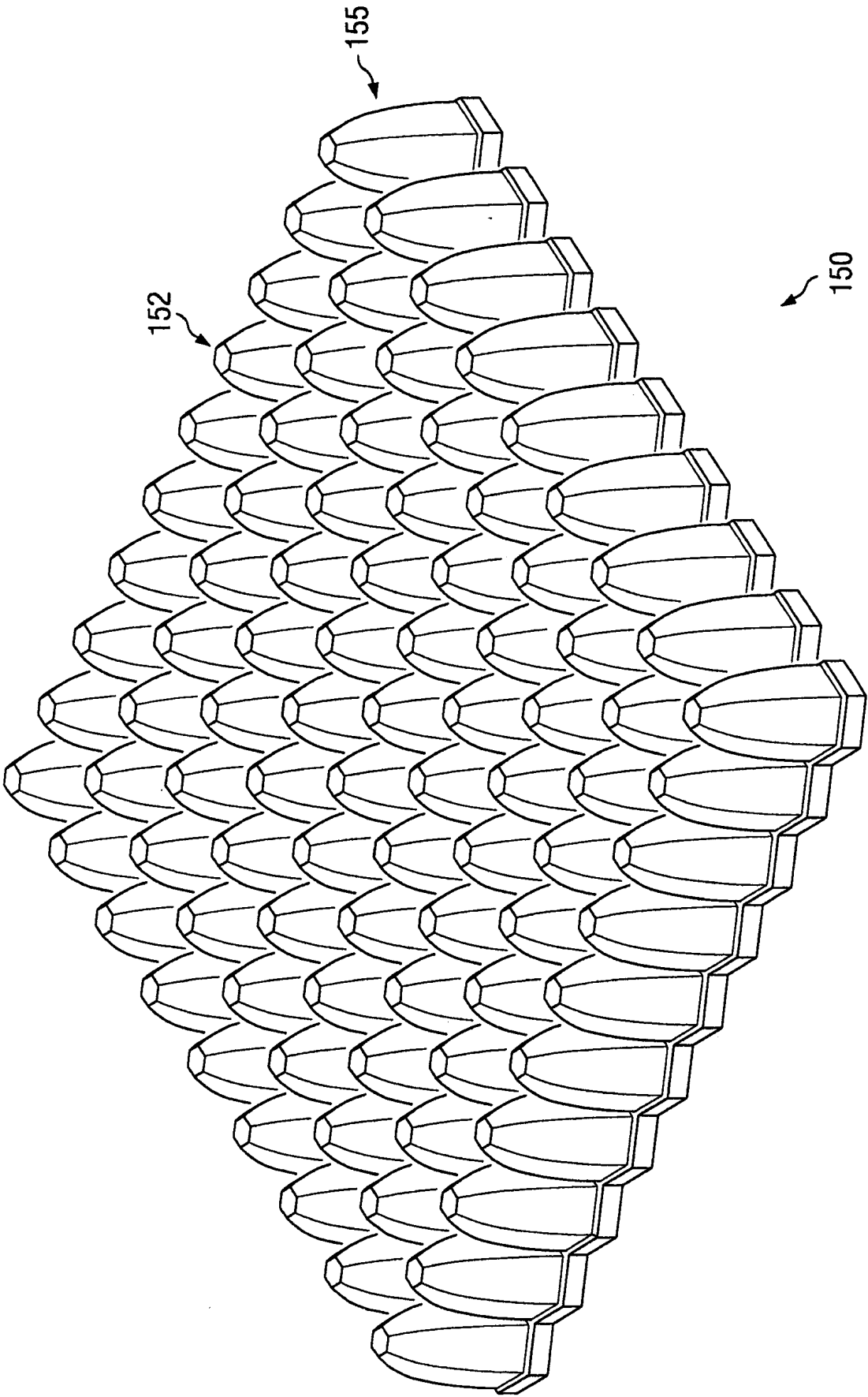


圖 15

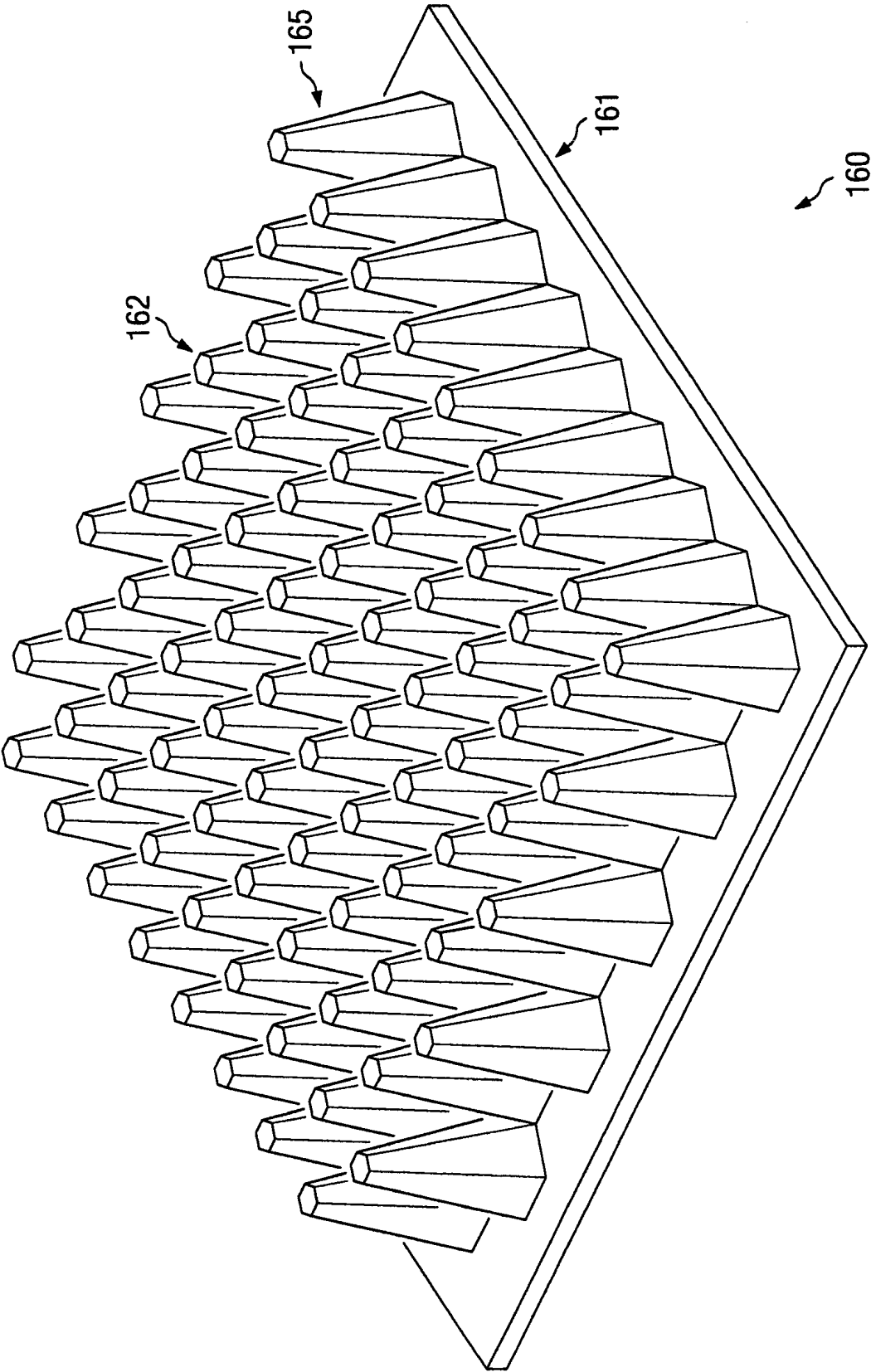


圖 16

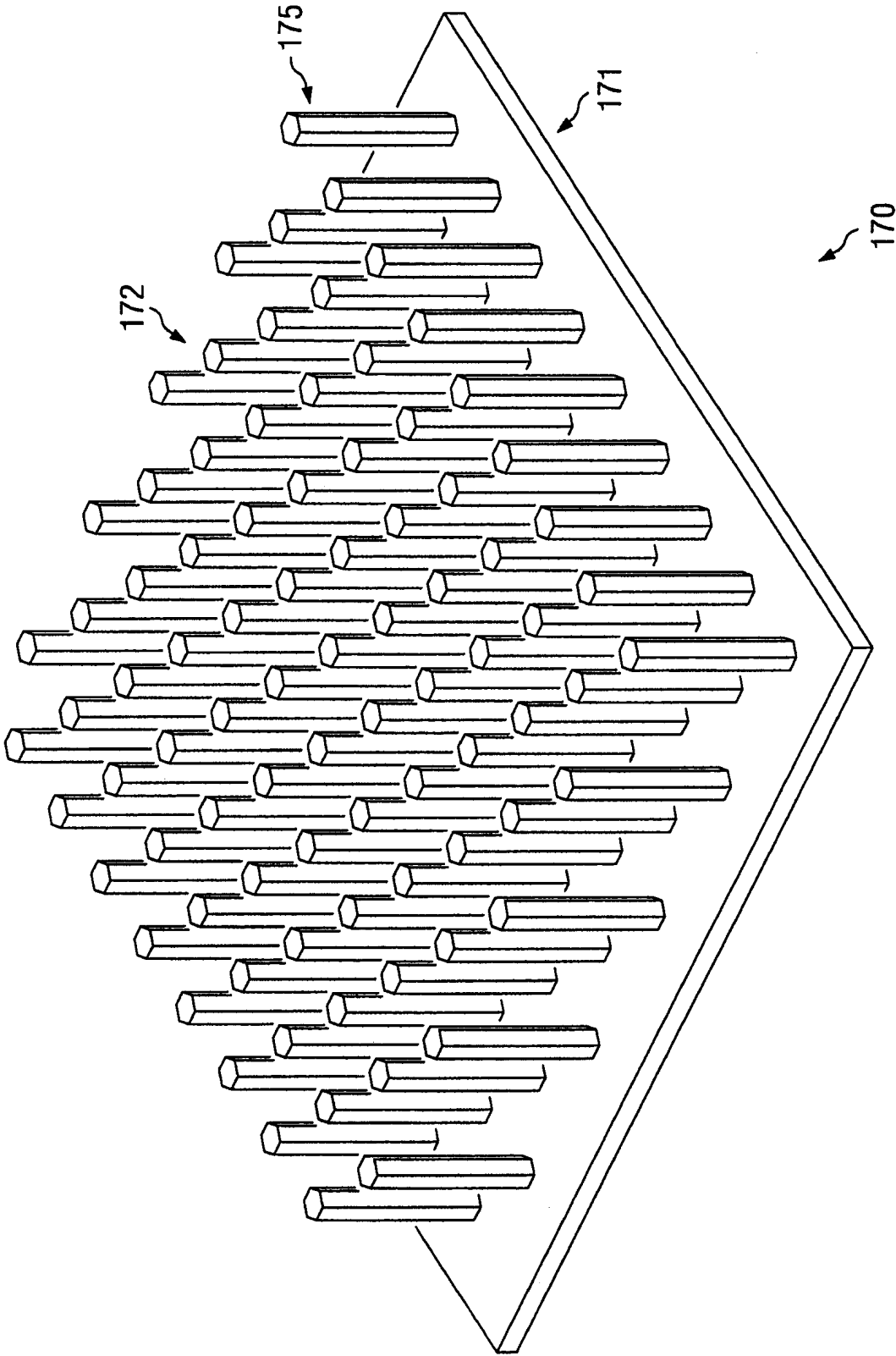


圖 17

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (8) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

80	成形射極層/射極層材料
81	成形部分
82	未成形部分
810	基板
815	量子井區
820	六邊形射極/微LED
850	介面
855	出射面
860	側壁
865	側壁

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)