

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：94/21086

※ 申請日期：94.6.24

※IPC 分類：H01L 27/10, 29/80, 33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

用以增強汲光而具有基底修正的發光二極體及其製造方法

LED WITH SUBSTRATE MODIFICATIONS FOR ENHANCED LIGHT
EXTRACTION AND METHOD OF MAKING SAME

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商克立公司

CREE, INC.

代表人：(中文/英文)

查爾斯 M 史華波達

SWOBODA, CHARLES M.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國北卡羅萊納州德罕市斯里康路4600號

4600 SILICON DRIVE, DURHAM, NC 27703, U. S. A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2004年07月02日；60/585,326

2. 美國；2005年03月17日；11/083,460

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於發光二極體(LED)，且更特定言之係關於用於增強自LED汲光之新的表面形態，以及製造具有此等表面之LED的方法。

【先前技術】

發光二極體(LED)為一類重要的固態裝置，其可將電能轉換成光，且通常包含一夾於兩經相反摻雜之層間的半導體材料之活性層。當將一偏壓施加至該等活性層上時，電洞及電子均射入該活性層，並在該活性層中重組以產生光。光可自活性層及LED所有表面全方向地發射。

已知由基於第III族氮化物之材料系統形成的LED最近受到極大關注，此係由於其獨特之包括高崩潰電場、寬帶隙(在室溫下GaN為3.36 eV)、大導電帶偏移及高飽及電子漂移速度之材料特徵的組合。摻雜層及活性層通常形成於可由諸如矽(Si)、碳化矽(SiC)及藍寶石(Al_2O_3)之不同材料製成之基底上。SiC晶圓通常為較佳的，此係由於其具有與第III族氮化物相匹配之較緊密的晶格，此使得第III族氮化物膜品質較高。SiC亦具有非常高之導熱性，使得SiC上之第III族氮化物之總輸出功率不受晶圓之熱阻限制(在藍寶石或Si上形成某些裝置之情形與此相同)。又，半絕緣SiC晶圓之可用性可隔離裝置並減小寄生電容，此使得商業性裝置成為可能。SiC基底可自North Carolina之Durham之Cree公司購得，且在科學文獻以及美國再頒專利第34,861

號，美國專利第4,946,547號及第5,200,022號中提出其製造方法。

自LED之有效汲光為製造高效LED中之一主要關注點。對於具有一單一外耦合表面之習知LED而言，外部量子效率受來自穿過基底之LED發光區域之光的全內反射(TIR)限制。TIR可由LED之半導體與周圍環境之間折射率之巨大差異而導致。因為SiC之折射率(約2.7)高於諸如環氧樹脂(折射率約1.5)之周圍材料的折射率，所以具有SiC基底之LED具有相對較低之汲光效率。此差異導致形成一小逃逸錐，藉由該逃逸錐，來自活性區域之光線可自該SiC基底傳輸至該環氧樹脂並最終逸出該LED封裝。

已開發出不同方法以降低TIR並改良整體汲光，其中最風行之一種為表面紋理化法。表面紋理化法係藉由提供一變動表面以給光子多次發現逃逸錐之機會而增加了光逸出之可能性。未發現逃逸錐之光繼續經歷TIR，並以不同角度在紋理化表面上反射直至其發現一逃逸錐。表面紋理化法之益處已在數篇文章中討論過。參看 Windisch 等人在 Appl. Phys. Lett. 之 2001 年 10 月，第 79 卷，第 15 期，第 2316-2317 頁之 **Impact of Texture-Enhanced Transmission on High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes**；Schnitzer 等人在之 Appl. Phys. Lett. 之 1993 年 10 月，第 64 卷第 16 期，第 2174-2176 頁之 **30% External Quantum Efficiency From Surface Textured, Thin Film Light Emitting Diodes**；Windisch 等人之在 IEEE Journal on Selected Topics in Quantum

在另一態樣中，本發明係關於一種製造一包括一具有一發光表面之基底之LED的方法，該發光表面具有至少一具有一光吸收受損材料層之切割表面。該方法包括將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用於該切割表面以移除該受損材料層之至少一部分。

在另一態樣中，本發明係關於一種藉由一方法形成之LED，該方法包括在一基底之一第一側面成長一發光區域。該發光區域包括一p型材料層、一n型材料層及一在該p型層與該n型層之間的活性層。該製程亦包括將一RIE製程應用於與該第一側面相對之該基底之第二側面之至少一部分，持續一段足以改變該表面之形態的時間。

在又一態樣中，本發明係關於一種藉由一方法形成之LED，該方法包括在一基底之一第一側面上形成一發光區域。該發光區域包括一p型材料層、一n型材料層及一在該p型層與該n型層之間的活性層。該製程亦包括在與該第一側面相對之該基底之第二側面中產生切口以形成至少一具有一光吸收受損材料層之切割表面。該製程進一步包括將一RIE製程應用於該切割表面之至少一部分，持續一段足以移除該表面損壞之至少一部分的時間。

在另一態樣中，本發明係關於一種發光二極體(LED)，其包括一具有一發光表面之基底，該發光表面具有一具有一波紋紋理之RIE蝕刻表面。該LED亦包括一在該基底之一表面上的發光區域。該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層。

在又一態樣中，本發明係關於一種包括一具有一第一表面及第二表面之導電基底的發光二極體(LED)。該第一表面之一部分具有一蛾眼形態。該LED亦包括一在第二表面上之發光區域。該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層。該LED進一步包括一在第一表面上且與第一摻雜層或第二摻雜層中之一者相接觸的第一接點，及一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接觸之第二接點。

在又一態樣中，本發明涉及一種製造發光二極體(LED)之方法，該方法包括在一基底之一第一表面上成長一發光區域。該發光區域包括一介於該第一與該第二經相反摻雜之層間的活性層。該方法亦包括在該基底之一第二表面之至少一部分中產生一蛾眼形態；在該基底之一第二表面上形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之一者相接觸之第一接點；及形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接觸之第二接點。

在另一態樣中，本發明係關於製造發光二極體(LED)之另一種方法。此方法包括在一基底之一第一表面上成長一發光區域。該發光區域包括一介於該第一與該第二經相反摻雜之層間的活性層。該方法亦包括在該基底之一第二表面上形成一層。該層具有一與該基底大體相同之折射率及一蛾眼表面形態。該方法進一步包括在該層上形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之一者相接觸的第一接點，及形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接

觸的第二接點。

本發明之此等及其它態樣及優勢可由下文詳細描述及隨附圖示而變得顯而易見，其以實例來說明本方面之特徵。

【實施方式】

本發明經由添加特定類型之表面形態至LED基底之背部表面而為發光二極體(LED)提供經改良之汲光。該表面形態係經由在LED製造過程中之一或多個額外步驟而產生於基底中。

在一實施例中，使用一反應式離子蝕刻(RIE)製程，且更特定言之，使用一電感耦合電漿反應式離子蝕刻(ICP-RIE)製程來修正SiC基底之背部表面形態。此製程產生以微型波紋紋理為特徵之一或多個表面區域。該波紋表面提供一允許光逸出基底之變動的表面，以助於發光，否則光會藉由全內反射(TIR)而截留於LED中。表面之變動增加了在臨界角內之TIR光到達基底表面並發射出去之機會。對於未經由表面逸出基底的光而言，表面之變動以不同之角度反射光，增加了光在下一經過時逸出之機會。該最終散射表面形態使得汲光得以改良且比習知的裝置自一封裝之LED晶粒射出較多的光。

在另一實施例中，諸如角錐或截角錐之蝕刻特徵係在RIE製程之前產生於基底表面中。此等蝕刻特徵係藉由使用一角形鋸條切割SiC切割出微型切面或斜角而產生。儘管光學模型結果顯示其應該改良光輸出，但是斜切口本身不會改良光輸出。此係因為切割SiC基底之製程必定會在

切割表面上留下吸收受損材料層。在此情形中，RIE製程移除在切割表面處之受損材料層，並在一或多個基底表面區域上產生一波紋表面。由該散射波紋表面形態與基底切割留下之受損材料之移除的相結合提供較習知的裝置有所改良之光輸出。

在本發明之另一實施例中，使用已知的遮罩技術與包括RIE製程及濕式蝕刻製程(諸如GaP蝕刻)之SiC蝕刻製程相結合在基底表面中產生諸如角錐、截角錐、圓錐、六棱錐等之蝕刻特徵。此等蝕刻特徵可以較小高度與表面區域來製造以產生一比具有使用切割技術所製造之蝕刻特徵之表面密集之蝕刻特徵。在另一實施例中，已在SiC中產生蝕刻特徵並已製造出習知之側壁切口後，在該基底背部表面上應用該RIE製程。

現參看圖式(尤其為圖1)，圖1展示根據本發明一實施例之LED封裝10，該LED封裝10包括一含有一基底14之LED 12，該基底14具有一修正背部表面16，以在光穿過該基底時改良LED之汲光。基底14可由多種材料製成，且可為多種不同之厚度，其中儘管亦可使用包括3C、6H及15R多型(polytype)之其它碳化矽多型，但一合適之基底為一厚度在125微米至500微米範圍內之碳化矽之4H多型。碳化矽具有與第III族氮化物相匹配且比藍寶石緊密之晶格，並且使得第III族氮化物膜品質較高。碳化矽亦具有一極高之導熱性，以使得在碳化矽上之第III族氮化物裝置的總輸出功率不受限於基底之散熱性(可如同形成於藍寶石上之某些裝

置的情形)。又，碳化矽基底之可用性提供隔離裝置及降低寄生電容之能力，其使得商用裝置成為可能。

LED 12 包含一使用諸如有機金屬化學氣相沉積 (MOCVD) 之已知方法而形成於基底 14 上的標準發光區域 18。習知的 LED 之操作細節為已知的，僅對其進行簡要討論。LED 之發光區域 18 可包括一夾於兩個經相反摻雜之層間的活性層，而該等層具有標準厚度，且當在該等經相反摻雜之層上施加偏壓時，該活性層全方向地發光。

發光區域之該等層可由諸如基於第 III 族氮化物之材料系統之不同的材料系統製成。第 III 族氮化物係指彼等氮與週期表之第 III 族中之元素形成的半導體化合物，其通常為鋁 (Al)、鎵 (Ga) 及銦 (In)。該術語亦指諸如 AlGa_xN_{1-x} 及 AlInGa_xN_{1-x} 之三元化合物及三級化合物。在一較佳實施例中，形成摻雜層之材料為 GaN，且形成活性層之材料為 InGa_xN_{1-x}。在替代性實施例中，摻雜層材料可為 AlGa_xN_{1-x}、AlGa_xAs_{1-x} 或 AlGa_xIn_{1-x}P_{1-x}。

LED 12 係以覆晶定向方式配置於封裝 10 中，而基底 14 之頂部為 LED 之主要發光表面。基底 14 之其它表面 (諸如側面) 亦發射光，但頂部表面通常為主要發光表面。LED 12 係覆晶式安裝於第一金屬層及第二金屬層或焊料凸塊 20a、20b 上，焊料凸塊 20a、20b 為子基板 22 之一部分。第一接點 24 耦接於第一金屬層 20a 與發光區域 18 中之經相反摻雜之層中之一者之間，第二接點 26 耦接於第二金屬層 20b 與該發光區域之另一摻雜層之間。一偏壓係可經由第

一金屬層 20a 及第二金屬層 20b 而施加至接點 24、26，且接著該偏壓經由接點 24、26 傳導至發光區域中之經相反摻雜之層，使活性層發射光。

在具有一導電性足以傳送一電荷之基底的其它 LED 之實施例中，基底接點 28 可用以向經相反摻雜之層中之一者施加一偏壓。另一摻雜層與配置於金屬層 20a、20b 與 LED 之間的接點 24、26 中之一者相接觸。一偏壓係經由接點 28 及金屬層 20a、20b 中之一者而施加至 LED，且該偏壓可經由一自金屬層延伸至基底接點之導線(未圖示)而自金屬層中之另一者傳導至基底接點。

金屬層 20a、20b 之頂部表面亦可為反射性的，使得自發光區域發射至該等金屬層之光反射回去，以助於 LED 封裝 10 之整體發光。LED 12 及其接點可嵌入一透明保護材料 30 中，該材料通常為覆蓋 LED 12 及金屬層 20a、20b 之頂部表面的透明環氧樹脂。

或者，LED 12 可安裝於一"金屬杯"之水平基座上，其通常具有用於在發光區域之經相反摻雜之層上的接點上施加偏壓之導電路徑(未圖示)。該金屬杯之頂部表面亦可為反射性的，以自發光區域反射光，從而使得該光有助於 LED 封裝發光。

基底 14 包含一修正背部表面 16，該修正背部表面在 LED 12 之覆晶式配置中為該 LED 之頂部及主要發光表面。修正表面 16 增強 LED 12 之發光。習知的 LED 之效率由於其不能發射活性層所產生之所有光而受到限制。當覆晶式配置之

LED發光時，光在許多不同角度到達主要發射基底表面。通常之基底半導體材料的折射率比周圍空氣或封入之環氧樹脂的折射率高。在一特定臨界角內(相對於該平面之法線方向)自一折射率高之區域行進至一折射率低之區域的光將穿過折射率較低之區域。在該臨界角以外到達該表面之光將不會穿過折射率較低之區域，而發生全內反射(TIR)。在LED情形下，TIR光可連續在LED內反射直至其被吸收。由於此現象，由習知的LED產生之大量光不發射，從而降低了其效率。

修正表面16藉由提供一變動之表面而改良LED 12之汲光，該變動之表面允許光逸出該基底以助於發光，否則光會藉由全內反射(TIR)截留於LED中。修正表面中之變動增加了TIR光在臨界角內時到達基底表面，並被發射出去的機會。對於未經由修正表面逸出基底的光而言，修正表面中之變動在不同角度反射該光，增加了光在下一次經過時逸出之機會。

下文將提供在各種例示性製程運作之情形中，關於修正表面之特性及產生該修正表面之製程的細節。然而，在描述此等製程運作之前，先描述具有一修正之基底表面之LED的額外實施例。

許多不同類型之LED可利用一根據本發明之修正表面以增加汲光。圖2展示根據本發明之另一實施例之LED封裝40，該LED封裝40包括一具有一基底44之LED 42，其中一半導體發光區域46形成於基底44之一表面上。發光區域46

與圖1中之發光區域18相似。LED 42係安裝於第一金屬層48a及第二金屬層48b上，該等金屬層具有與在發光區域46中之相反摻雜層接觸之接點50、52。一施加至金屬層48a、48b之偏壓可經由接點50、52施加至相反摻雜層。LED 42為覆晶式安裝，以使得基底之底部表面為LED 42之主要發光表面。LED 42亦可嵌入一保護性透明環氧樹脂54中。

LED之發光表面56(基底44之表面)不平坦，且相反，其具有在圖2之組態中為截角錐形之複數個蝕刻特徵57。截角錐57可藉由使用一角形鋸條在一柵格圖案中切割出複數個斜切口58而形成。截角錐57之尺寸及形狀可藉由調整鋸條切入基底44之表面的深度而變化。在另一組態中，可設定切割深度以形成一角錐。已知該切割製程可產生具有一吸收光之受損材料覆蓋層的大體光滑之切割表面59。

一旦形成蝕刻特徵57，即對包括切割表面59及未切割表面60之發光表面56應用ICP-RIE製程。最終結果為發光表面56具有眾多波紋表面區域(對應於未切割表面60)及光滑且未受損表面(對應於切割表面59)。已觀察發現ICP-RIE製程將最初粗糙之表面(諸如未切割表面60)的表面形態變成波紋表面；移除了材料受損層；且將最初光滑之表面(諸如切割表面59)保持不變。

亦可使用已知的遮罩技術結合一蝕刻製程來形成該等蝕刻特徵。舉例而言，對於一SiC基底44而言，可使用ICP-RIE製程，或另一選擇為可使用一諸如GaP蝕刻之濕式化

學蝕刻製程。一旦產生蝕刻特徵57並移除遮罩，即可對基底應用蝕刻製程(諸如ICP-RIE)，以在遮罩覆蓋之此等表面區域中產生波紋表面區域。

可認為使用遮罩/蝕刻技術產生蝕刻特徵比斜割技術更具優勢，原因如下：第一，遮罩/蝕刻技術允許形成更廣泛範圍之蝕刻特徵幾何形狀，其不僅包括角錐及截角錐，而且包括圓錐及六棱錐。第二，遮罩/蝕刻技術允許形成較密集蝕刻特徵陣列。第三，遮罩/蝕刻技術可產生蝕刻特徵而不會形成一受損材料層。

蝕刻特徵57藉由為該表面提供進一步變化以允許TIR光逸出LED而增強汲光。蝕刻特徵57與波紋表面區域相結合提供比一諸如圖1中所示之平坦波紋基底表面更大程度之汲光。

圖3展示一根據本發明之另一實施例之LED封裝70，LED封裝70亦具有一包含一基底74及一發光區域76之覆晶式安裝之LED 72。LED 72安裝至具有接點80、82之金屬層78a、78b，以施加一偏壓至發光區域76。LED 72亦嵌入一保護性透明環氧樹脂84中。

LED 72之發光表面86包括複數個蝕刻特徵88，該等蝕刻特徵係藉由以與相對於圖2描述之蝕刻特徵產生方式相似之方式產生複數個斜切口90而形成。此外，LED 72包括一使用一角形鋸條在該LED周邊產生之側壁切口92。該側壁切口92包括兩個基底表面、一垂直側壁表面94及一角形側壁表面96。如斜切表面98一樣，該等側壁表面94、96具有

與其相關之材料破壞層。

在產生蝕刻特徵80及側壁切口94之後，將ICP-RIE製程應用於包括斜切表面98、角形側壁表面96及未切割表面100之基底表面86。因為應用ICP-RIE製程與未切割表面100垂直，所以該製程不影響垂直側壁表面94。最終結果為發光表面86具有眾多波紋表面區域(對應於未切割表面100)及光滑、未受損之表面(對應於斜切表面98及角形側壁表面96)。

在一替代性組態中，可對發光表面86應用一諸如GaP蝕刻之濕式化學蝕刻。與ICP-RIE蝕刻不同，GaP蝕刻影響垂直側壁94並移除與其相關之材料受損層。然而，此蝕刻不會在未切割表面100處產生波紋表面。

蝕刻特徵80及側壁切口92藉由為表面提供進一步變化以允許TIR光逸出LED來增強汲光。蝕刻特徵80、側壁切口92及波紋表面區域相結合提供比圖1及圖2中所示之一平坦波紋基底表面更大程度之汲光。

根據本發明，先前描述之LED的實施例係利用包括蝕刻製程，尤其是ICP-RIE製程之方法而製成。例示性LED製造過程如下：總體而言，將ICP-RIE製程應用至具有標準背部表面修整之裸露4H及6H SiC晶圓。該ICP-RIE製程將SF₆用作蝕刻劑，且將標準處理條件用於SiC蝕刻。在ICP-RIE製程中，晶圓係面向藍寶石承載晶圓置放。亦可用包括諸如GaP蝕刻之濕式化學蝕刻的其它製程條件或化學處理，且本發明決不受本文所描述之特定的條件及化學處理

限制。

當將 ICP-RIE 製程應用於一基底時，該 ICP-RIE 製程可移除基底材料。除了以每單位時間的平均速率移除材料之外，該 ICP-RIE 蝕刻亦使特定表面形成一微觀尺度波紋紋理。更特定言之，已觀察到一諸如由線切割一基底材料核心而產生一晶圓而得到之基底表面之最初粗糙的基底表面在蝕刻時可形成一波紋表面(如圖 4 所示)；而諸如由鋸條切割而形成斜角所得表面之在最初光滑之表面在蝕刻時保持光滑(如圖 5 所示)。圖 6、圖 7 及圖 8 中展示自一最初粗糙表面至一波紋表面之表面形態之改變。圖 6 為在 ICP-RIE 蝕刻之前的 SiC 晶圓之 $20\text{ }\mu\text{m}\times 20\text{ }\mu\text{m}$ 大小的影像。圖 7 為 ICP-RIE 蝕刻約 5 分鐘之後的 SiC 晶圓之 $100\text{ }\mu\text{m}\times 100\text{ }\mu\text{m}$ 大小的影像。圖 8 為 ICP-RIE 蝕刻約 30 分鐘之後的 SiC 晶圓之 $20\text{ }\mu\text{m}\times 20\text{ }\mu\text{m}$ 大小的影像。

圖 9 展示隨著蝕刻時間增加 SiC 表面形態的演變。自此圖可顯而易見：由 ICP-RIE 製程產生之波紋隨著蝕刻時間之增加而增加。因此，可藉由調整蝕刻時間來控制表面形態以獲得所要之波紋尺寸。藉由蝕刻製程移除之 SiC 的厚度作為時間函數而變化。圖 10 為一 SiC 材料移除與蝕刻時間的曲線圖。蝕刻後，晶圓利用一總整合散射(TIS)工具來特徵化。TIS 訊號量測表面粗糙度對在晶圓內部散射光之有效性，且因此 TIS 訊號為 LED 汲光之代表。圖 11 中所示之 TIS 資料表明對於當前製程條件而言，蝕刻時間可選為 15 分鐘至 60 分鐘。

ICP-RIE蝕刻產生之獨特波紋表面紋理係在若干方面有益。第一，波紋形態比其它熟知之粗糙化製程(諸如機械研磨)所產生之其它表面形態一致且規則，此可有助於增強所觀測到之汲光。第二，該蝕刻製程比其它粗糙化製程(諸如機械研磨)更具可控制性，且較不易於留下受損表面或次表面層。

第三，ICP-RIE製程無需微影或遮罩或其它圖案化來產生波紋特徵。將該製程應用於一均勻、曝露之SiC表面，而自發地形成波紋特徵(但如前所述，形成波紋表面取決於特定初始表面，意即粗糙的與光滑的)。因此，該蝕刻製程可相對簡單且廉價地整合於LED製造流程中。第四，因為ICP-RIE製程可在包括磊晶成長之前的LED製造過程中之多個點處插入，所以該製程係靈活的。

例示性製程運作：

利用ICP-RIE製造LED

在一系列之製程運作中，ICP-RIE製程級作為最終晶圓級製程步驟而應於 $900\text{ }\mu\text{m}\times 900\text{ }\mu\text{m}$ LED。除了具有側向接點幾何形狀以使得n接點位於晶圓之磊晶側(背部表面保持裸露)以外，製造標準LED晶圓與North Carolina之Durham之Cree公司製造XB900型之LED相似。由於所有其它方面相同，所以先前已展示在燈中執行側向幾何形狀裝置與習知之垂直幾何形狀XB900裝置相似。處理之後，照例將包括側壁刻面之該等側向幾何形狀LED單一化，隨後，覆晶式安裝至一具有PbSn焊料凸塊之矽子基板上，且接著以通

常方式製成燈。

在一製程運作(RIE#1)中，將120分鐘之ICP-RIE製程應用於4H晶圓。該ICP-RIE之樣本產生之燈的亮度比由可比之磊晶矽材料製成之習知XB900裝置的歷史平均值提高23%。該蝕刻製程要求使用一完整晶圓，因而一控制樣本(未蝕刻，同樣之晶圓)不可用於直接比較。

在另一製程運作(RIE#3)中，應用120分鐘之ICP-RIE製程。對於一個4H晶圓及一個6H晶圓而言，該等ICP-RIE樣本產生之燈的亮度比由可比之磊晶矽材料製成之習知XB900裝置的歷史平均值分別提高5%及9%。該蝕刻製程要求使用一完整晶圓，因而控制樣本(未蝕刻，同樣之晶圓)不可用於直接比較。

利用斜割(Bevels)及ICP-RIE製造LED

在一第二系列之製程運作中，使用在該ICP-RIE製程之前製造於LED晶圓之背部表面的斜切口而將蝕刻特徵添加至基底表面。該等斜切口係利用角形鋸條產生，其經設定以使得切口之深度為 $\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 至 $\sim 150\text{ }\mu\text{m}$ 。在以上製程運作中，除了具有側向接點幾何形狀以外，該等LED與XB900相似。圖12至圖18展示斜切口之某些實例。在圖12及圖16中，斜切口相對於LED之周邊成對角配置，而在圖13至圖15、圖17及18中，切口係垂直配置。在圖12、圖13、圖14及圖16中，切口之深度係使得所產生之蝕刻特徵為截角錐。在圖15及圖17中，切口之深度經增加以使得所產生之蝕刻特徵為角錐。在圖18中，鋸條形狀及切口深度係使得

所產生之蝕刻特徵為具有一方形、立式突出部之截角錐。

切口幾何形狀可與在製程運作中所使用之切口幾何形狀不同，且更具優勢。舉例而言，熟知之遮罩技術可與ICP-RIE蝕刻製程或諸如濕式化學蝕刻之其它熟知之蝕刻製程結合使用，以形成可產生圓錐或六棱錐表面特徵的表面切口。除了提供不同蝕刻特徵之幾何結構以外，該等技術亦允許在每一單位面積上形成較多蝕刻特徵。由可限制上述斜割技術中使用之鋸條的尺寸來看，確實如此。一特徵為具有淺的基底表面切口之密集蝕刻特徵群之基底表面之益處在於：其可提供足夠表面區域以允許將電接點置放於基底上，從而產生一具有與側向接點之幾何形狀相對之垂直接點幾何形狀的LED。當使用蝕刻切割時，該等淺切割表面亦可產生一整體比鋸切割所產生之基底厚之基底。增加之厚度提供一電阻較小之基底，其增加了基底之電流擴散，且因此增加了LED之光輸出。

對於特定之製程運作，在一運作(RIE#6)中，將對角斜割應用於一6H晶圓，隨後對其應用30分鐘之ICP-RIE製程。該等切口之深度為 $\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 。斜割+ICP-RIE之樣本產生之燈比僅由ICP-RIE製造之樣本產生之燈亮22%。

在另一製程運作(RIE#7)中，將對角斜割應用於三個4H晶圓，隨後對其應用60分鐘之ICP-RIE製程。該等切口之深度為 $\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 。對於晶圓#1及#2而言，斜割+ICP-RIE之樣本與僅由ICP-RIE製造之樣本可產生亮度相當之燈。對於晶圓#3而言，斜割+ICP-RIE之樣本產生之燈比僅由

ICP-RIE製造之樣本產生之燈亮10%。蝕刻時需要完整的晶圓，因而控制樣本(未蝕刻，未斜割)不可直接用於比較。然而，隨後研磨掉斜割及ICP-RIE之表面，意即將其自晶圓#3移除，且由斜割+ICP-RIE+研磨之樣本製成燈，並將其與經類似地研磨之標準LED晶圓相比較。吾人由此得出，斜割+ICP-RIE製程產生之燈比標準LED亮~25%。

在又一製程運作中(RIE#9)，將四分之一之晶圓用於ICP-RIE製程。在蝕刻(a)30分鐘及(b)60分鐘之前，將深度為~100 μm 之對角斜割應用於SiC。對於一4H晶圓而言，斜割+30分鐘ICP-RIE之製程及斜割+60分鐘ICP-RIE之製程產生之燈分別比控制樣本(未蝕刻，未斜割)產生之燈亮10%及14%。對於一6H晶圓而言，斜割+30分鐘ICP-RIE之製程及斜割+60分鐘ICP-RIE之製程產生之燈分別比控制樣本(未蝕刻，無斜割)產生之燈亮14%及22%。

在先前設定之製程運作中，額外製程步驟包括在基底之整個背部表面上應用小切面鋸痕("斜角")，隨後應用ICP-RIE製程，該ICP-RIE製程產生具有波紋表面紋理之區域並移除與鋸痕相關之表面損壞。由於如下各種原因，此等製程步驟為有益的：第一，與僅在晶片之周邊處賦予角形側壁之現有之切面技術相比，該斜割在晶片之背部表面上產生一較大面積之角形切面。此允許切面技術按增長之晶片尺寸來繪製。

第二，已展示斜割自身並不能可靠地產生較好地汲光

(且甚至可能適得其反)。ICP-RIE製程藉由移除由切割製程產生之受損表面層而實現斜割之在理論上汲光之益處。

第三，與一移除與斜割，SiC之濕式蝕刻，相關之表面損壞之替代性方法相比，ICP-RIE製程提供之波紋表面紋理有助於TIR光散射入斜角之逃逸錐。晶圓之前側較易於受蝕刻劑保護，在此方面而言，其亦較易於製造。

利用 ATON、斜割及 ICP-RIE 製造 LED

在一第三系列之製程運作中，在將側向幾何形狀之XB900晶圓製造出斜切口及習知的側壁(ATON)切口之後，應用ICP-RIE製程。在ICP-RIE製程中，將該LED晶圓黏結至一藍寶石載體晶圓，以防止深的側壁切口處過早斷裂。否則，該製程與上述製程相似。由於ICP-RIE製程最後進行，因此大體上可移除所有的鋸損壞。

在一製程運作中(RIE#10)，對4H及6H晶圓利用斜割+ATON+ICP-RIE之製程所產生之燈分別比控制樣本(相同晶圓，僅利用ATON)所產生之燈亮21%及22%。

雖然已參照本發明之某些較佳組態詳細描述了本發明，但是其它變體亦是可能的。舉例而言，除了應用於側向接點幾何形狀之LED以外，上述製程亦可應用於垂直接點幾何形狀之LED。在垂直接點幾何形狀之LED中，在ICP-RIE製程中，應注意保護n接點金屬區域。

可使用包括濕式化學蝕刻之其它蝕刻化學處理。舉例而言，可將GaP蝕刻用作一用以移除表面損壞之ICP-RIE之替代性方法。ICP-RIE製程可應用於各種厚度之基底上，其

包括用於諸如由Cree公司製造之EZ-XT LED之超細LED的基底。ICP-RIE製程亦可應用於未來之"細晶片"LED上，其包括晶片級封裝LED，其中需要一高散射表面粗糙度。

本發明可用於所有的覆晶LED產品中，但尤其是大面積之LED。最易於在側向接點幾何形狀裝置中實施，但亦可應用於垂直幾何結構裝置。ICP-RIE製程可應用於所有的ATON或其它切割表面以移除鋸之損壞。該ICP-RIE製程可應用於其它類型之LED基底(藍寶石、GaP等)。

本發明亦藉由提供一種移除表面破壞之方法而允許在當前應用於SiC之機械處理製程(意即鋸之磨料粒度、線鋸速度、切割鋸速度)中具有較大靈活性。

圖19展示根據本發明之另一實施例LED 110，該LED 110包括一導電基底112，其中在導電基底112之一表面上形成有一半導體發光區域114。該發光區域114與圖1中之發光區域18相似。LED 110包括與發光區域114中之相反摻雜層接觸的第一接點116及第二接點118。當經由接點116、118而將一偏壓施加至相反摻雜層時，光被發射。LED 110可覆晶式安裝，以使得與發光區域114相對之基底表面120為LED之主要發光表面。

主要發光表面120之部分122包括一表面形態，該表面形態包括一幾何形狀元素之集合，包括元素"輪廓"或形狀(諸如圓錐、角錐、半球)及元素"深度"之屬性與元素之"週期性"(意即相鄰元素之諸如峰值之相似特徵之間的間隔)可用以特徵化一特定之表面形態。如下文所述，在一組態中，

發光表面 120 之變形部分 (morphed portions) 122 整體且直接地形成於基底 112 中，且較佳不使用遮罩。在其它組態中，變形部分 122 至少部分形成於基底中。在其它組態中，變形部分 122 形成於基底 112 之發光表面 120 的頂部上之另一材料層中。

主要發光表面 120 之其它部分 124 (諸如在第一接點 116 下方之部分) 大體上為光滑的。光滑表面在接點 116 與基底 112 之間提供一直接接觸之大的表面區域，其反過來允許自接點之電流有效傳輸至基底中。

參看圖 20，在一較佳實施例中，該主要發光表面 120 包括額外光滑表面區域 126。導電元件 128 形成於此等表面區域 126 上且電連接至第一接點 116。此等額外之導電元件 128 形成一在基底 112 之整個表面區域上提供較有效之電流分佈之電流擴散結構。此等光滑部分 124、126 係在產生變形部分 122 之前藉由遮避基底之頂部表面 120 而形成。

參看圖 21，在另一組態中，較有效之電流擴散係藉由一位於主要發光表面 120 上之電流擴散層 130 提供。在一組態中，電流散佈層 130 為一沉積於主要發光表面 120 上之透明導電材料層。該透明導電材料可為一厚度約在 2 nm 至 20 nm 之間的金屬，諸如 Pd、Ni 或 Au；一厚度約為 100 nm 之透明導電氧化物，諸如氧化銦錫；或一半導體材料。

對於半導體材料組態而言，該材料可為沉積於主要發光表面 120 上之一額外層之重摻雜半導體材料。在此情形中，"重摻雜" 意謂比基底 112 摻雜多。此等半導體材料可

包括(例如)SiC、GaN及AlInGaN。材料通常具有與基底112相同或相似之折射率，及與基底相同之n型或p型摻雜。因此，若基底112由n型SiC形成，則額外材料層130可為n型SiC或AlInGaN；且若基底由n型GaN形成，則額外材料為n型GaN。半導體材料層之厚度視摻雜濃度而定。舉例而言，若摻雜濃度大於 1^{20} cm^{-3} ，則約100 nm之厚度係足夠的。

參看圖22，在另一組態中，電流擴散層130為基底112自身之一部分。在此實施例中，基底112之頂部表面區域132經進一步摻雜以增加其導電性。基底112重摻雜頂部表面區域132提供電流擴散而無需額外之材料層。在此情形中，"重摻雜"意謂基底112之頂部表面區域132比該基底之剩餘部分摻雜重。該基底之此較重摻雜之區域132的厚度視摻雜濃度而定。舉例而言，若摻雜濃度大於 1^{20} cm^{-3} ，則約100 nm之厚度係足夠的。

返回至圖19，主要發光表面120之變形部分122可使用若干製程中之任一者形成，每一製程皆採用該項技術中熟知之技術。在一方法中，變形部分122係藉由使用諸如反應式離子蝕刻(RIE)之乾式蝕刻製程(未使用遮罩)直接蝕刻基底112之主要發光表面120而形成。已知此製程使得基底表面呈現如圖23所示之表面形態。此種形態已被稱為"蛾眼"表面。參看Kasugai等人在2005 Material Research Society之Mater. Res. Soc. Symp. Proc.第831卷上之Moth-Eye Light Emitting Diodes。

底112所要之表面形態相匹配。舉例而言，非連續層134之表面上之元素136之深度可大於所要之深度。在此情形中，非連續層134可由一或多種材料以比基底112之速率快之速率蝕刻而製成。最終結果為基底112具有一表面形態，該表面形態具有深度小於非連續層134之元素136之深度的元素。非連續層134之表面形態的特徵及與基底112相對之該非連續層的蝕刻速率允許控制該基底表面形態之形狀。藉由適當選擇每一者，可獲取所要之基底表面形態。

在一組態中，非連續層134可藉由在使得該層不連續之條件下沉積一薄的金屬(諸如金或鋁)層而形成。舉例而言，金屬可曝露於一足夠高以使得金屬擴散並形成自該層之表面突出之島狀物的溫度下。較高之溫度及較長之曝露時間將導致島狀物較少、較大。因此，島狀物之大小、形狀及密度可藉由溫度及曝露時間來控制，以產生出所要之表面形態。

在其它組態中，非連續層134係藉由首先沉積一均勻金屬層，且接著使得該均勻層不均勻而形成，使得該均勻層不均勻係藉由：1)在均勻層上沉積一非連續遮罩層，且接著蝕刻該金屬層以形成所要之表面形態；或2)使用氣溶膠或其它氣相化學反應在均勻層上沉積奈米粒子，且接著蝕刻以在下方均勻層上形成所要之表面形態而完成。

在另一實施例中，非連續層134可由奈米粒子形成。該等粒子可懸浮於一液體中，該液體可藉由(例如)使用旋轉速度藉由所要之粒子層厚度及液體特性來確定之一旋轉器

而均勻地沉積於基底表面120上。一旦液體層沉積，即可在高溫或室溫下蒸發液體，以移除液體而僅留下粒子。在另一實施例中，可直接在基底表面120上噴塗一層粒子。該等粒子可由金屬，諸如金或鋁；陶器，諸如氧化鋁或碳化矽或二氧化矽或氮化硼；碳，諸如石墨或巴克球(bucky ball)；或有機材料形成。

在使用一乾式蝕刻之製程中，受損材料層可保留於發光表面120之變形部分122上。在此等情形中，可藉由使用諸如一KOH製程或流動氣體(諸如氫或氯化氫)之已知的化學蝕刻製程蝕刻變形部分122來移除形成受損層之材料。或者，可藉由退火製程來大體上減少形成受損層之材料的破壞性影響。在此情形中，退火製程具有兩個功能：其活化基底中之摻雜物，及減少受損層之影響。

在另一實施例中，使用熟知之磨料研磨製程產生變形部分122。在此等製程中，諸如金剛石粒子之磨料粒子摩蝕發光表面120以將其表面形態自一大體光滑之表面改變為一粗糙表面。選擇磨料中之粒子的密度、粒子之大小、以及粒子與表面120之間的摩蝕力，以使得最終表面形態具有與藉由前述RIE蝕刻製程所達成之蛾眼表面相似之週期性、輪廓及深度。

參看圖25，在另一組態中，變形部分122形成於一材料層132中，該材料層沉積於基底112之發光表面120的頂部上。較佳地，該材料具有與基底大體上相同之折射率。舉例而言，沉積於一SiC基底112上之材料140可為SiC或

AlInGa_N；而沉積於一Ga_N基底上之材料可為Ga_N。材料140亦可具有與基底112相同之n型或p型摻雜。可使用熟知之低溫技術(諸如MOCVD、CVD、HVPE、MBE或濺鍍)來沉積材料。所要之表面形態可經由控制諸如溫度之成長條件而獲得。舉例而言，相對於可能產生以光滑表面之太高或太低之沉積溫度，一中等沉積溫度較可能產生所要之表面形態。表面形態之形成亦視正在沉積之寬帶隙半導體之類型而定。對於Ga_N而言，第V族與第III族之比率可顯著影響形態。又，N極Ga_N在通常之MOCVD成長條件下通常為高度的切面成長。

在另一實施例中，將為基底112之材料或一具有相似之折射率之材料的粒子)沉積於基底之頂部表面120上。接著，藉由黏附或退火將粒子機械地固定至表面120。選擇粒子之大小、形狀及密度，以使得最終表面形態122具有與藉由前述RIE蝕刻製程所達成之蛾眼表面相似之週期性、輪廓及深度。

由上文易瞭解，雖然已說明及描述了本方面之特定變型，但是可在不背離本發明之精神及範疇的情況下做出各種修正。因此，吾人不希望本發明受到除了隨附申請專利範圍以外之其它限制。

【圖式簡單說明】

圖1為一LED之剖視圖，該LED包括一具有一修正表面形態之發光表面；

圖2為一LED的剖視圖，該LED包括一具有蝕刻特徵之發

光表面；

圖 3 為一 LED 的剖視圖，該 LED 包括一具有蝕刻特徵及側壁切口之發光表面；

圖 4 為一未切割表面之影像，該未切割表面具有一由 ICP-RIE 製程產生之波紋表面形態；

圖 5 為 ICP-RIE 製程之後的斜切表面之底部的影像；

圖 6 為修正之前產生之基底表面的 $20\text{ }\mu\text{m}\times 20\text{ }\mu\text{m}$ 大小之影像；

圖 7 為在 ICP-RIE 蝕刻一第一持續時間之後產生之基底表面的 $100\text{ }\mu\text{m}\times 100\text{ }\mu\text{m}$ 大小之影像；

圖 8 為在 ICP-RIE 蝕刻一大於圖 7 中之持續時間的第二持續時間之後產生之基底表面的 $20\text{ }\mu\text{m}\times 20\text{ }\mu\text{m}$ 大小之影像；

圖 9 為展示表面形態演化之光學顯微鏡影像；

圖 10 為一將移除之平均基底厚度展示為蝕刻時間之函數的若干晶圓之資料的曲線圖；

圖 11 為一以蝕刻時間函數來表示之自 4H-SiC 晶圓之總整合散射的曲線圖；

圖 12 至圖 18 為各種斜切口之實例的照片；

圖 19 為一 LED 之剖視圖，該 LED 包括一具有一蛾眼表面形態之發光表面；

圖 20 為一圖 15 之 LED 的俯視圖；

圖 21 為一 LED 的剖視圖，該 LED 包括一具有一透明導電材料之覆蓋層之蛾眼表面形態；

圖 22 為一 LED 之剖視圖，該 LED 包括一形成於該基底之

一電流擴散區域中之蛾眼發光表面；

圖 23 為一蛾眼表面之剖視圖；

圖 24 為一 LED 之剖視圖，該 LED 具有一形成於其頂部表面上之非連續層；及

圖 25 為一 LED 之剖視圖，該 LED 在其基底上包括一額外之蛾眼表面層。

【主要元件符號說明】

10	LED 封包
12	LED
14	基底
16	修正表面
18	發光區域
20a	金屬層
20b	金屬層
22	子基板
24	接點
26	接點
28	接點
30	透明保護材料
40	LED 封裝
42	LED
44	基底
46	發光區域
48a	第一金屬層

48b	第二金屬層
50	接點
52	接點
54	環氧樹脂
56	發光表面
57	蝕刻特徵/截角錐
58	斜切口
59	蝕刻特徵
60	未切割表面
70	LED封裝
72	LED
74	基底
76	發光區域
78a	金屬層
78b	金屬層
80	接點
82	接點
84	環氧樹脂
86	發光表面
88	蝕刻特徵
90	斜切口
92	側壁切口
94	垂直側壁表面
96	角形側壁表面

98	斜切表面
100	未切割表面
110	LED
112	基底
114	發光區域
116	第一接點
118	第二接點
120	主要發光表面
122	變形部分
124	其它部分
126	光滑表面區域
128	導電元件
130	電流擴散層
132	頂部區域
134	非連續層
136	表面元素
138	表面形態
140	材料

五、中文發明摘要：

藉由將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用於一LED(發光二極體)之發光表面來改變該發光表面之表面形態。在該RIE製程之前，可藉由使用一鋸條或一遮罩蝕刻技術切割表面而在該發光表面上形成諸如截角錐之蝕刻特徵。亦可在RIE製程之前在該發光表面上製造側壁切口。與鋸切割相關之光吸收受損材料層係藉由RIE製程移除。由RIE製程產生之表面形態，可使用諸如在乾式蝕刻之前磨砂及沉積一粗糙材料或粒子層之非RIE製程之不同的各種組合來進行模擬。

六、英文發明摘要：

十一、圖式：

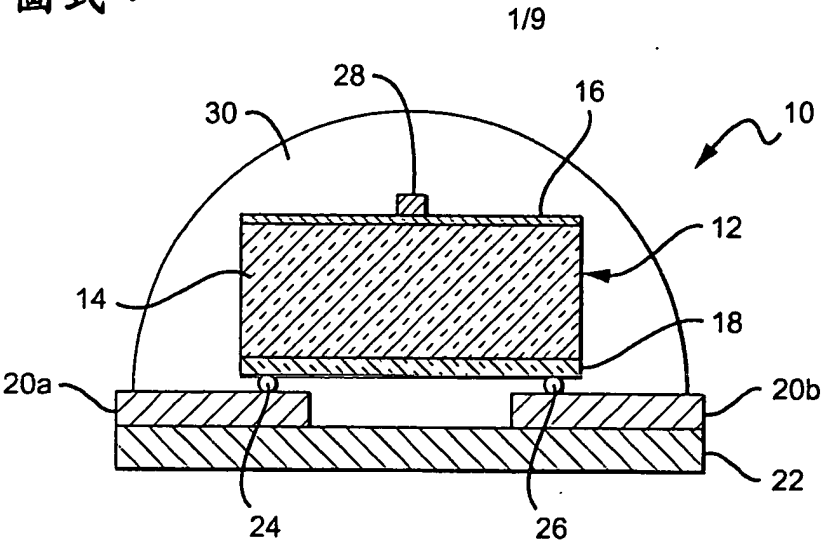


圖 1

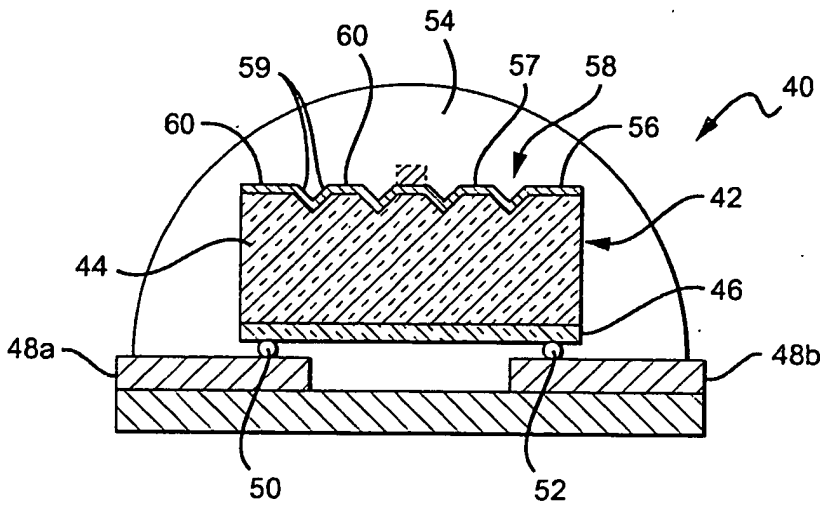


圖 2

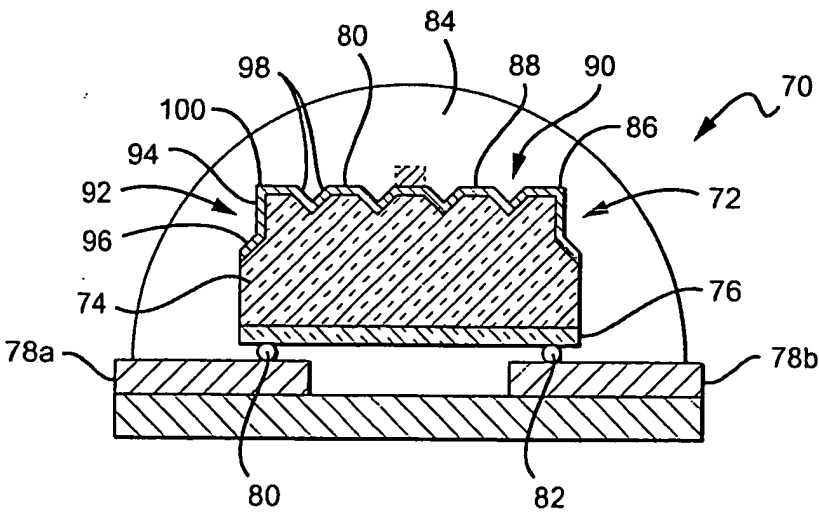


圖 3

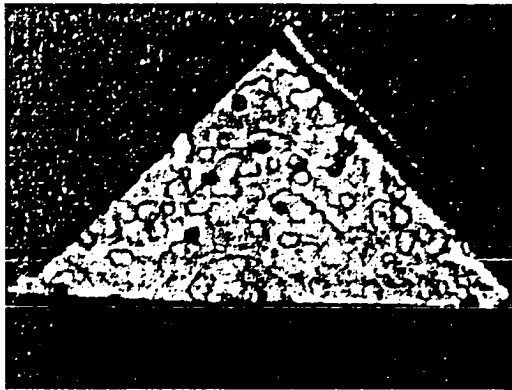


圖 4

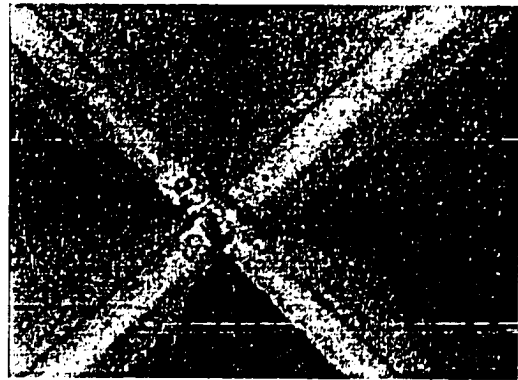


圖 5

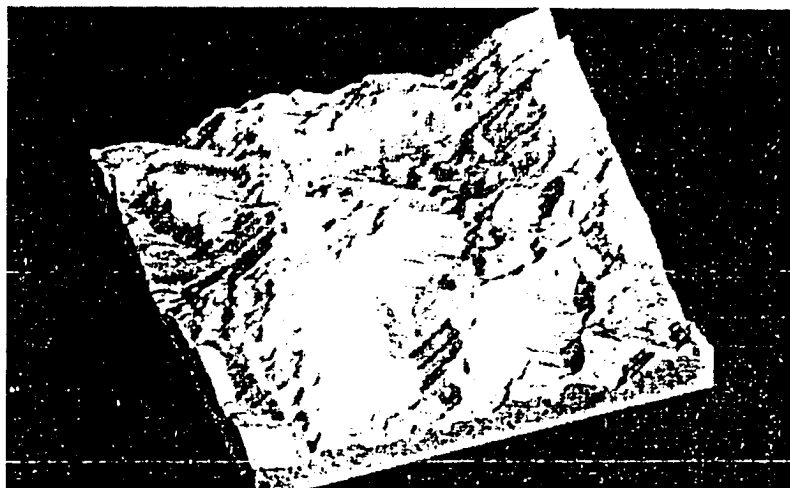


圖 6

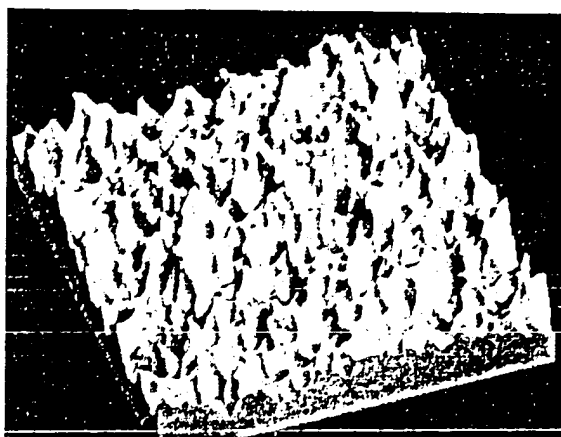


圖 7

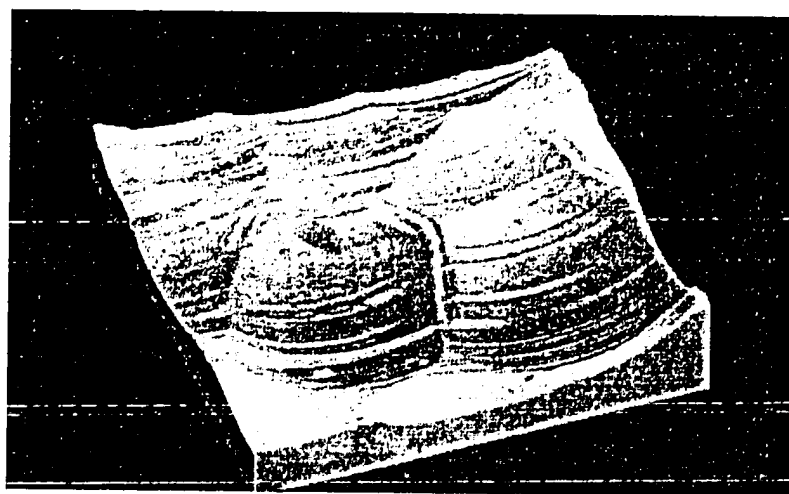


圖 8

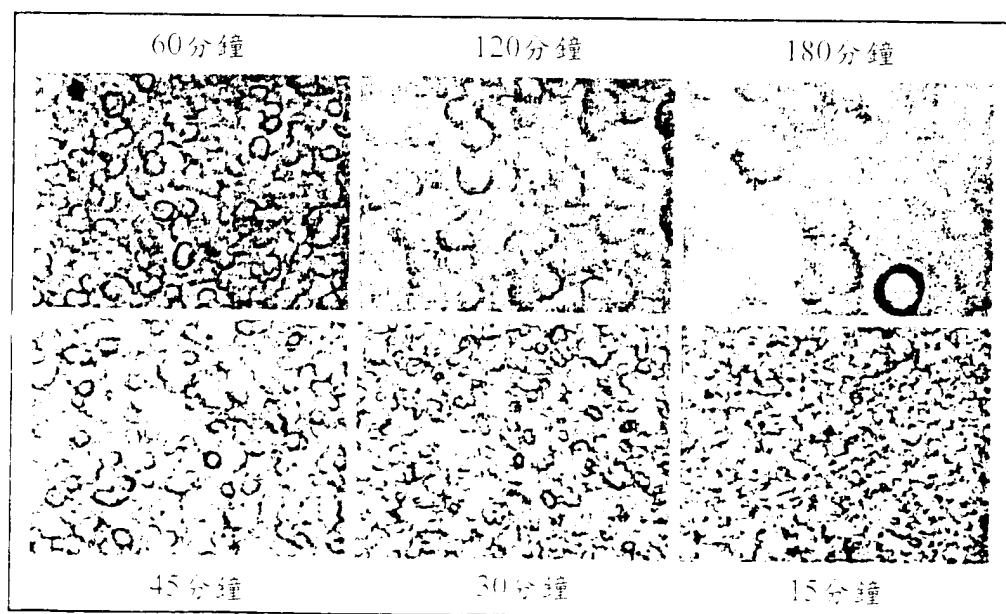


圖 9

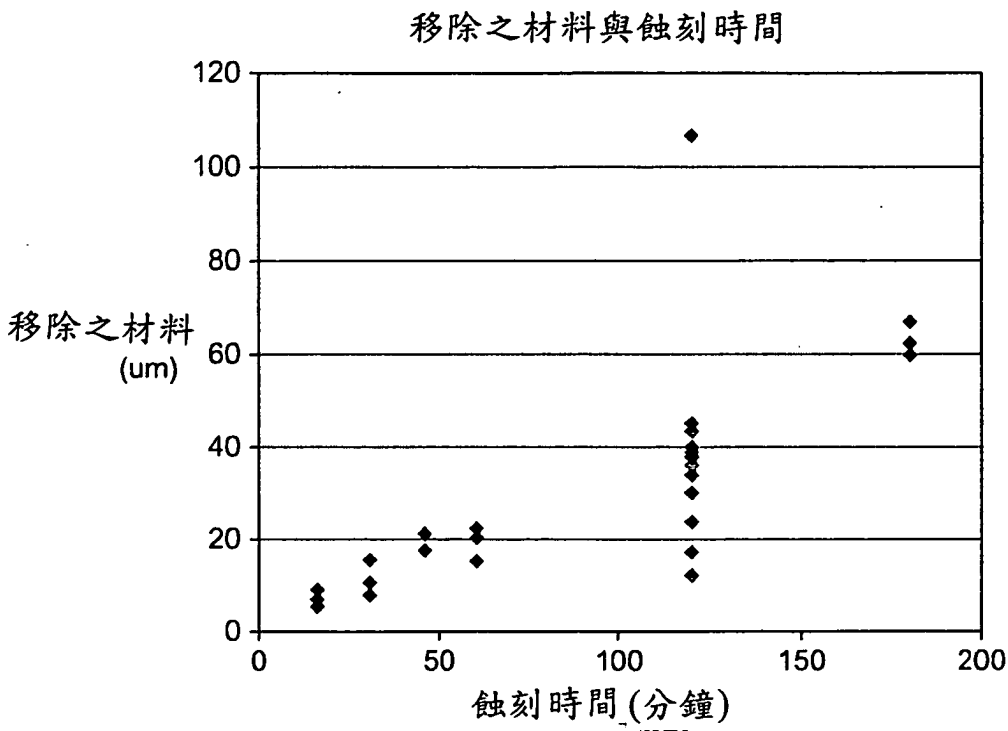


圖 10

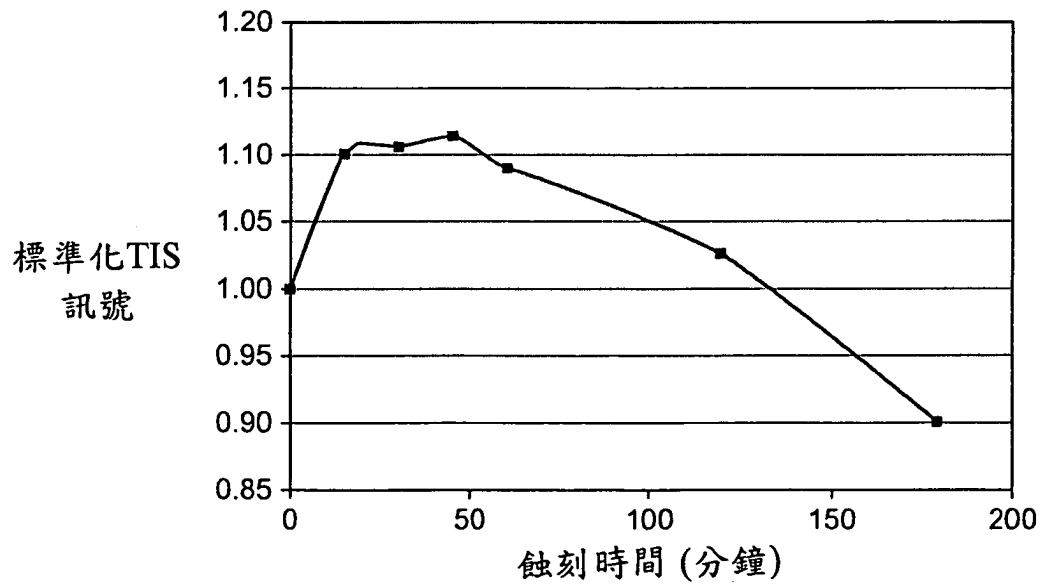


圖 11

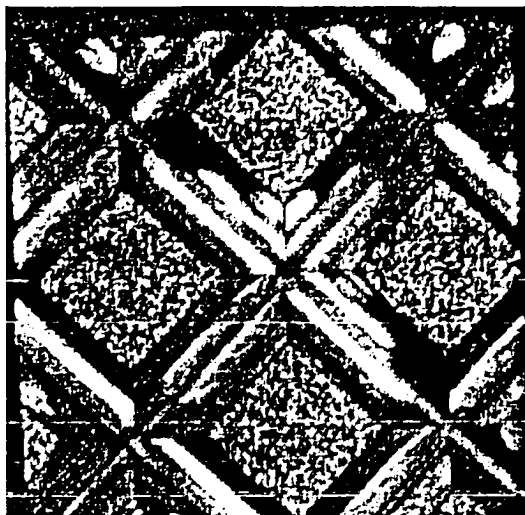


圖 12

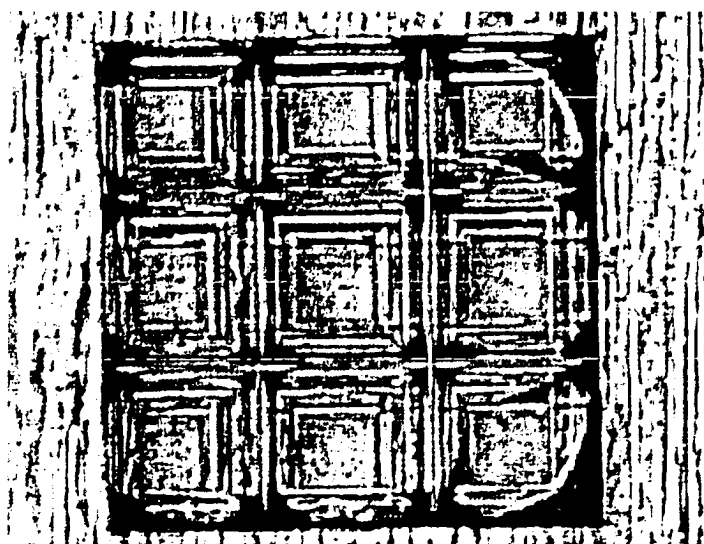


圖 13

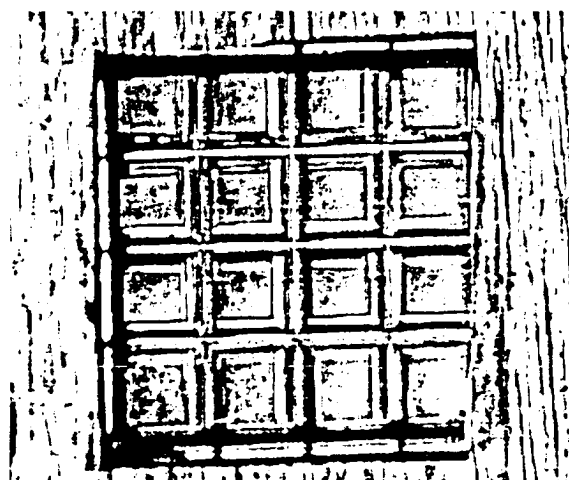


圖 14

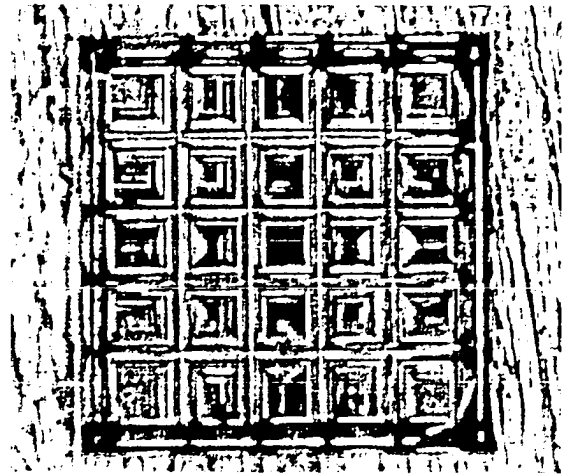


圖 15

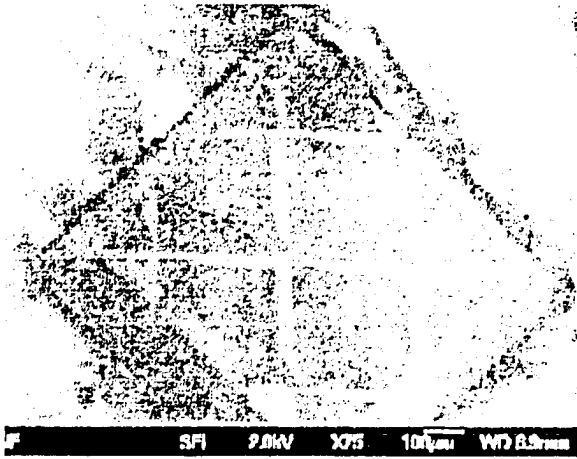


圖 16

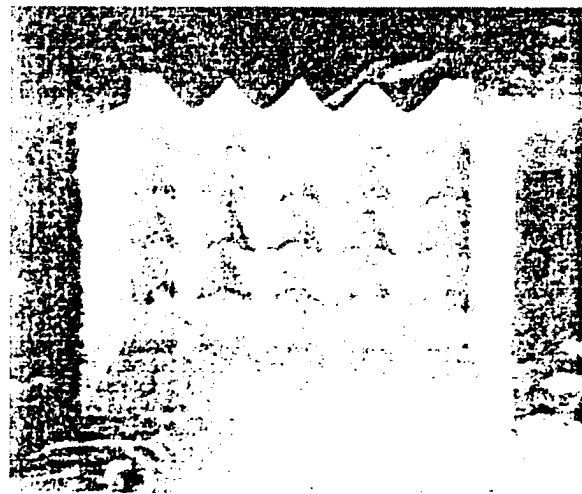


圖 17

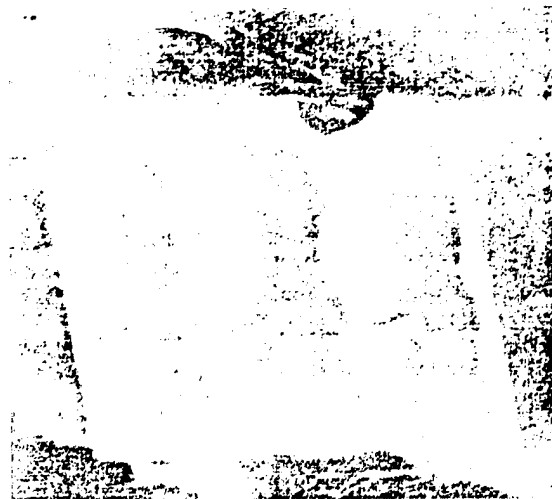


圖 18

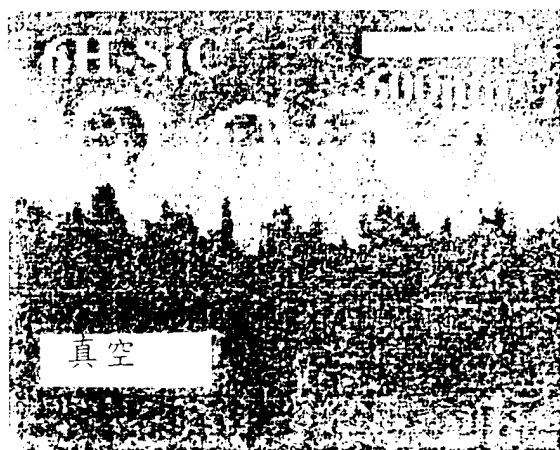


圖 23

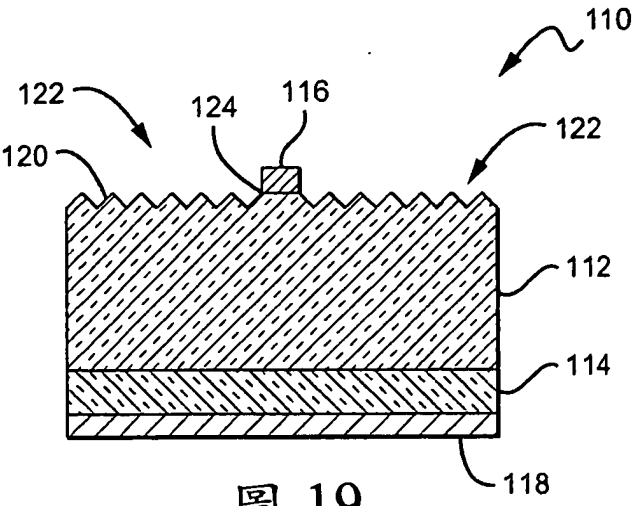


圖 19

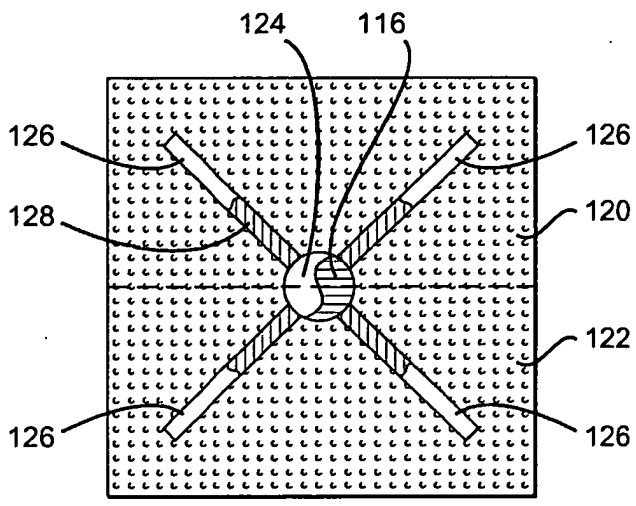


圖 20

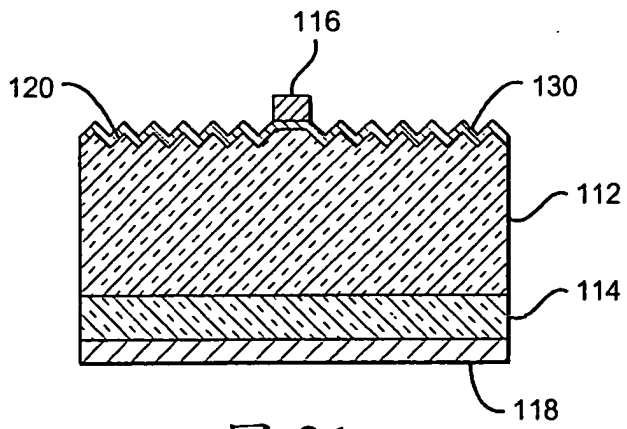


圖 21

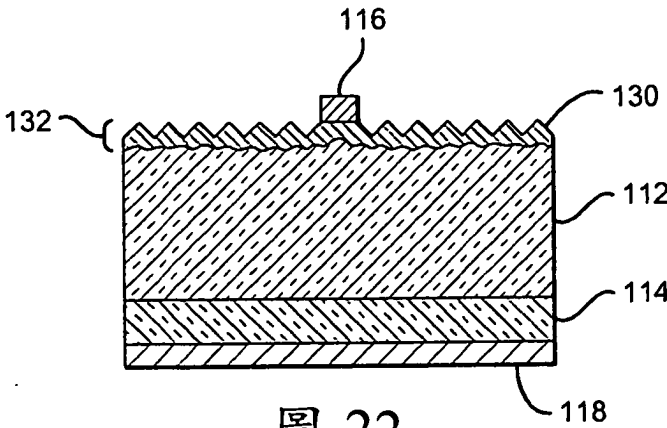


圖 22

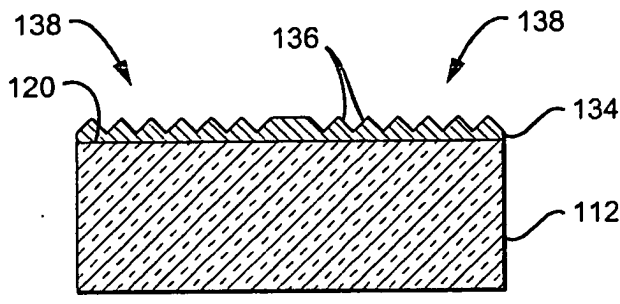


圖 24

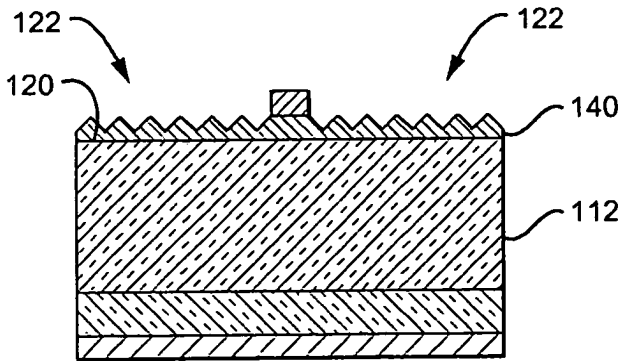


圖 25

七、指定代表圖：

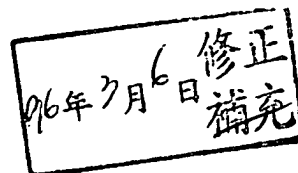
(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

70	LED封裝件
72	LED
74	基底
76	發光區域
78a	金屬層
78b	金屬層
80	接點
82	接點
84	環氧樹脂
86	發光表面
88	蝕刻特徵
90	斜切口
92	側壁切口
94	垂直側壁表面
96	角形側壁表面
98	斜切表面
100	未切表割面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)



三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 麥克斯 貝瑞司
BATRES, MAX
2. 詹姆士 伊貝森
IBBETSON, JAMES
3. 鄺挺
LI, TING

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 英國 U.K.
3. 中國大陸 P.R.C.

Electronics上之2002年3月/4月，第8卷第2期，第248-255頁之 **Light Extraction Mechanisms in High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes**；Streubel等人在IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics上之2002年3月/4月，第8卷第2期，之 **High Brightness AlGaInP Light Emitting Diodes**。

頒予Cree公司之美國專利第6,410,942號揭示一種包括一形成於第一擴散層與第二擴散層之間的電力互連微LED陣列之LED結構。當在該擴散件上施加一偏壓時，該等微LED發光。自每一微LED之光在僅行進一小段距離後即到達一表面，藉此降低TIR。

亦頒予Cree公司之美國專利第6,657,236號揭示了用於經由使用形成於一陣列中之內部及外部光學元件而增強LED中汲光的結構。該等光學元件具有諸如半球形及角錐形之多種不同形狀，且亦可位於LED之各個層之表面上或位於各個層內。該等元件提供光自其折射或散射之表面。

【發明內容】

簡單概括，本發明針對藉由允許產生提供增強之汲光之表面的製程而產生之發光二極體(LED)，以及製造具有此等表面之LED之方法。在若干態樣中之一者中，本發明係關於一種製造一包括一具有一發光表面之基底之LED的方法。該方法包括將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用於發光表面之至少一部分，持續一段足以改變該表面之形態的時間。

參看圖 24，在另一實施例中，變形部分 122(圖 19)係藉由利用一薄的、非連續材料或粒子層 134 塗覆發光表面 120 而形成。本文中所用之一"非連續層"意謂一可由一或多個子層形成之層，該層具有使得該層具有一厚度不均勻之微型橫截面之頂部表面元素 136。在一實施例中，層 134 中之元素的密度及該等元素之尺寸經選擇以使得該層之頂部表面具有一週期性、輪廓及深度與藉由 RIE 蝕刻所達成之蛾眼表面之形態相似的形態。接著，非連續層 134 之表面形態 138 係藉由部分地或完全地移除非連續層而至少部分性地轉印基底 112。此情形中所使用之"轉印"意謂在部分地或完全地移除非連續層 134 之後，基底 112 之表面具有與完全地移除或部分地移除製程之前非連續層所具有之表面形態大體相似之表面形態。

非連續層 134 較佳使用一乾式蝕刻製程來移除。作為一節約成本之舉措，乾式蝕刻製程較佳不是 RIE 製程，而可為(例如)涉及利用含氟氣體之蝕刻，該等氣體可諸如三氟化碳、三氟化銨、六氟化硫、四氟化碳或其混合物。美國專利第 4,865,685 號及第 4,981,551 號中闡述了用於乾式蝕刻碳化矽之例示性技術，該等專利以引入用的方式併入本文中。在此實施例中，非連續層 134 由一或多種材料以與基底 112 之速率大約相同的速率蝕刻而製成。此蝕刻速率確保非連續層 134 之表面形態 138 至少部分轉印至基底 112。

在其它實施例中，非連續層 134 之表面形態 138 可不與基

十、申請專利範圍：

1. 一種製造一發光二極體(LED)之方法，該發光二極體(LED)包括一具有一發光表面之基底，該方法包含：

在該基底上與該發光表面相對之一表面上成長一磊晶發光區域，其中該發光區包含經組態以產生光之一活性層；

將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用至該基底之該發光表面之至少一部分，持續一段足以改變該基底之該發光表面之形態的時間；及

在應用該RIE製程之前形成與該發光表面相關之複數個蝕刻特徵。

2. 如請求項1之方法，其中該RIE製程為一電感耦合電漿反應式離子蝕刻(ICP-RIE)製程。
3. 如請求項1之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區域之前應用。
4. 如請求項1之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區域之後應用。
5. 如請求項1之方法，其中該等蝕刻特徵係藉由在該發光表面中切割複數個斜角而形成。
6. 如請求項5之方法，其中該切割係使用一角形鋸條來完成。
7. 如請求項5之方法，其中該切割係使用一遮罩蝕刻技術來完成。
8. 如請求項1之方法，其進一步包含在應用該RIE製程之前

形成與該發光表面相關之複數個側壁切口。

9. 一種製造一發光二極體(LED)之方法，該LED包括一具有一發光表面之基底，該發光表面具有至少一具有一光吸收受損材料層之切割表面，該方法包含：

將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用至該切割表面，持續一段足以移除該受損材料層之至少一部分的時間。

10. 如請求項9之方法，其中該RIE製程為一電感耦合電漿反應式離子蝕刻(ICP-RIE)製程。

11. 一種藉由一包含如下步驟而形成發光二極體(LED)之方法：

在一基底之一第一側面上成長一發光區域，該發光區域包含一p型材料層、一n型材料層及一介於該p型材料層與該n型材料層之間的活性層；

將一削減製程應用於該基底上與該第一側面相對之一第二側面以於該第二側面上產生非平面特徵；及

將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用於該第二側面之至少一部分，持續一段足以結構化(texturizing)該第二側面並移除該非平面特徵之受損部分的時間，經結構化之該第二側面包含一汲光表面。

12. 如請求項11之方法，其中該RIE製程為一電感耦合電漿反應式離子蝕刻(ICP-RIE)製程。

13. 如請求項11之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區域之前應用。

14. 如請求項11之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區

域之後應用。

15. 如請求項11之方法，其中該RIE製程係在約15分鐘至180分鐘之間的時間範圍內持續應用。
16. 如請求項11之方法，其進一步包含在該第二側面切割複數個斜角以形成具有形成該第二側面之至少一部分的相關表面區域的複數個蝕刻特徵。
17. 如請求項16之方法，其中該切割係在應用該RIE製程之前執行。
18. 如請求項11之方法，其進一步包含形成複數個形成側壁表面之側壁切口，該等側壁表面形成該第二側面之至少一部分。
19. 如請求項18之方法，其中該複數個側壁切口之形成係在應用該RIE製程之前執行。
20. 如請求項11之方法，其進一步包含形成一與該第一側面上之該p型材料層相接觸之p接點，及形成一與該第一側面上之該n型材料層相接觸之n接點。
21. 如請求項11之方法，其進一步包含形成一與該第一側面與該第二側面中之一者上的該p型材料層相接觸之p接點，及形成一與該第一側面與該第二側面中之另一者上的該n型材料層相接觸之n接點。
22. 一種藉由一包含如下步驟而形成發光二極體(LED)之方法：

在一基底之一第一側面上成長一發光區域，該發光區域包含一p型材料層、一n型材料層及一介於該p型材料

層與該n型材料層之間的活性層；

在與該第一側面相對之該基底之一第二側面中產生切口以形成至少一具有一光吸收受損材料層之切割表面；及

將一反應式離子蝕刻(RIE)製程應用於該切割表面之至少一部分，持續一段足以移除該受損材料層之至少一部分之時間。

23. 如請求項22之方法，其中該RIE蝕刻製程為一電感耦合電漿反應式離子蝕刻(ICP-RIE)蝕刻製程。

24. 如請求項22之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區域之前應用。

25. 如請求項22之方法，其中該RIE製程係在成長該發光區域之後應用。

26. 一種發光二極體(LED)，其包含：

一包含一發光表面之基底，該發光表面具有一具有一波紋紋理之RIE蝕刻表面；及

一在該基底上相對於該發光表面之一表面上之發光區域，該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層。

27. 如請求項26之LED，其中該發光表面包含具有至少一切割表面及至少一未切割表面之蝕刻特徵，且該波紋紋理僅呈現於該等未切割表面上。

28. 一種發光二極體(LED)，其包含：

一具有一第一表面及一第二表面之導電基底，該第一

表面之一部分具有一蛾眼形態；

一在該第二表面上之發光區域，該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層；

一在該第一表面上且與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之一者相接觸的第一接點；及

一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接觸的第二接點。

29. 如請求項28之LED，其進一步包含一在該第一表面上之大體上光滑之區域，其中該第一接點在該光滑區域上。

30. 如請求項28之LED，其進一步包含一與該第一接點相接觸之電流擴散結構。

31. 如請求項30之LED，其中該電流擴散結構包含：

至少一在該第一表面上之與該第一接點相接觸之導電元件。

32. 如請求項30之LED，其中該電流擴散結構包含：

一在該第一表面上之大體上光滑之區域；及

一在該光滑區域上且與該第一接點相接觸之導電元件。

33. 如請求項30之LED，其中該電流擴散結構包含一在該第一表面之至少一部分上的透明導電層。

34. 如請求項33之LED，其中該透明導電層為金屬的。

35. 如請求項33之LED，其中該透明導電層為摻雜半導體材料。

36. 如請求項35之LED，其中該摻雜半導體材料為該基底之

一部分。

37. 一種製造一發光二極體(LED)之方法，其包含：

在一基底之一第一表面上成長一發光區域，該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層；

在該基底之一第二表面的至少一部分中產生一蛾眼形態；

在該基底之該第二表面上形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之一者相接觸之第一接點；及

形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接觸之第二接點。

38. 如請求項37之方法，其中該蛾眼形態係藉由反應式離子蝕刻該第二表面來產生。

39. 如請求項37之方法，其中該蛾眼形態係由如下步驟產生：

在該第二表面上形成一具有一表面形態之層；及

蝕刻該層及該下方之第二表面以產生該蛾眼形態。

40. 如請求項39之方法，其中該層係由如下步驟形成：

在該第二表面上沉積一大體上均勻之材料層；及

在該均勻層中形成該表面形態。

41. 如請求項40之方法，其中藉由在一溫度下退火該均勻層，且持續一段足以形成該表面形態之時間來在該均勻層中形成該表面形態。

42. 如請求項40之方法，其中在該均勻層中形成該表面形態係藉由如下步驟完成：

在該均勻層上沉積一遮罩層；及

穿過該遮罩蝕刻該材料層以形成該表面形態。

43. 如請求項40之方法，其中在該均勻層中形成該表面形態係藉由如下步驟完成：

在該均勻層上沉積奈米粒子；及

蝕刻該等粒子及該下方之層以形成該表面形態。

44. 如請求項39之方法，其中該層係藉由在該第二表面上沉積一奈米粒子層而形成。

45. 如請求項39之方法，其中該層及該第二表面係使用一乾式蝕刻製程蝕刻。

46. 如請求項45之方法，其進一步包含在已乾式蝕刻該第二表面之後將一化學蝕刻應用於該第二表面。

47. 如請求項45之方法，其進一步包含在已乾式蝕刻該第二表面之後退火該第二表面。

48. 如請求項37之方法，其中該形態係使用一磨料研磨製程產生。

49. 一種製造一發光二極體(LED)之方法，其包含：

在一基底之一第一表面上成長一發光區域，該發光區域包括一介於第一與第二經相反摻雜之層間的活性層；

在該基底之一第二表面上形成一層，該層具有一與該基底大體相同之折射率及一蛾眼表面形態；

在該層上形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之一者相接觸的第一接點；及

形成一與該第一摻雜層或該第二摻雜層中之另一者相接觸的第二接點。

50. 如請求項49之方法，其中該層係藉由如下步驟形成：

在形成該蛾眼表面形態之成長條件下在該第二表面上沉積材料。

51. 如請求項49之方法，其中該層係藉由如下步驟形成：

在該第二表面上沉積奈米粒子，該等粒子具有形成該蛾眼表面之大小、形狀及密度；及

將該等奈米粒子機械地固定至該第二表面。