

(21)申請案號：099118777

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 09 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/22 (2010.01)**

(30)優先權：2009/06/09 美國 61/185,476

(71)申請人：辛麥特有限公司 (美國) SINMAT, INC. (US)

美國

美國佛羅里達大學研究基金會公司 (美國) UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH FOUNDATION INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：庫瑪 普魯夏坦 KUMAR, PURUSHOTTAM (IN)；辛吉 迪派卡 SINGH, DEEPIKA (US)；辛吉 雷傑 SINGH, RAJIV (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：14 共 57 頁

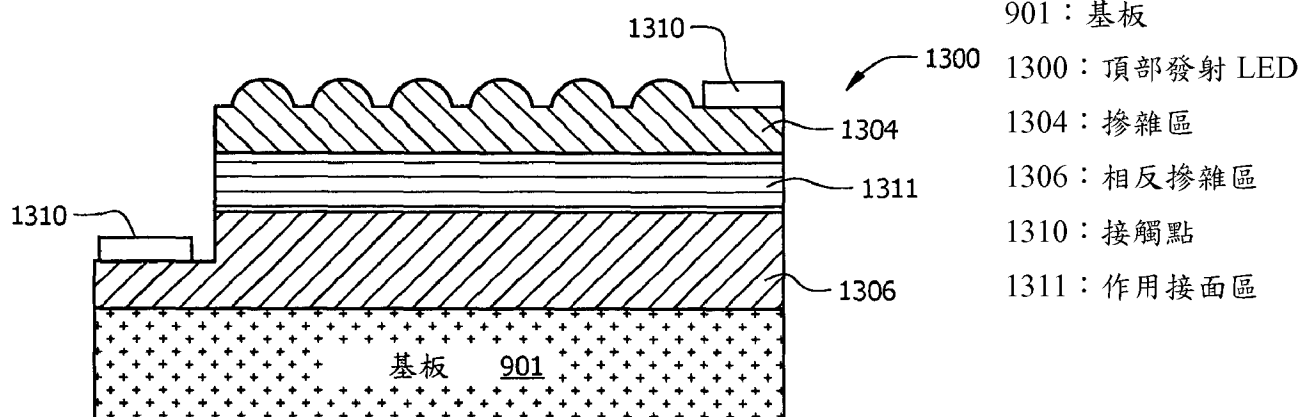
(54)名稱

高光獲取效率固態光源

HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY SOLID STATE LIGHT SOURCES

(57)摘要

一種固態光源包括具有一頂表面及一底表面之一基板，及該基板之該頂表面上的至少一光學作用層。該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發射表面中之至少一者包括一圖案化表面，該圖案化表面包括複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)之一高高度部及一低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)。該複數個傾斜表面特徵提供具有自 3 度至 85 度之一表面傾斜角的至少一表面部分。該圖案化表面具有<10 奈米均方根(rms)之一表面粗糙度，且 $h/r \geq 0.05$ 。



(21)申請案號：099118777

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 09 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/22 (2010.01)**

(30)優先權：2009/06/09 美國 61/185,476

(71)申請人：辛麥特有限公司 (美國) SINMAT, INC. (US)

美國

美國佛羅里達大學研究基金會公司 (美國) UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH FOUNDATION INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：庫瑪 普魯夏坦 KUMAR, PURUSHOTTAM (IN)；辛吉 迪派卡 SINGH, DEEPIKA (US)；辛吉 雷傑 SINGH, RAJIV (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：14 共 57 頁

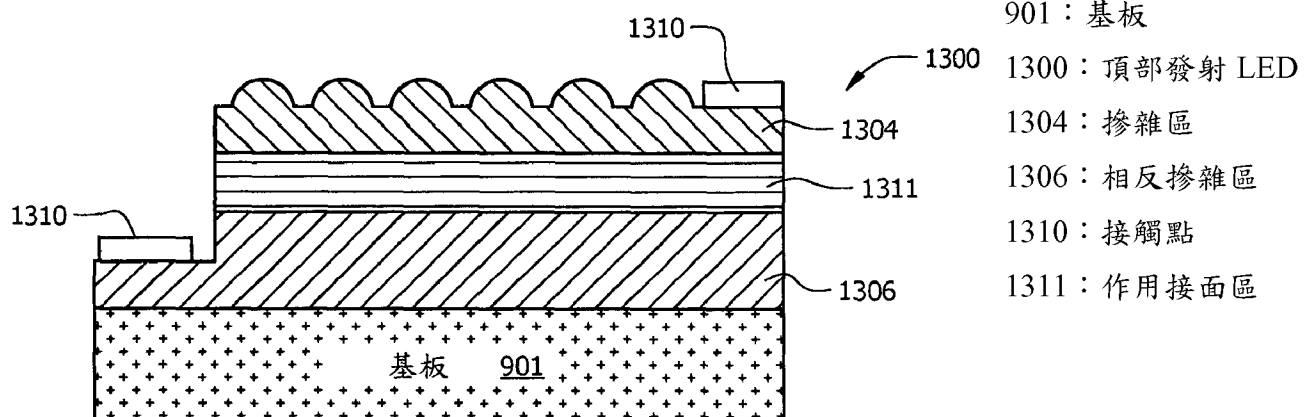
(54)名稱

高光獲取效率固態光源

HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY SOLID STATE LIGHT SOURCES

(57)摘要

一種固態光源包括具有一頂表面及一底表面之一基板，及該基板之該頂表面上的至少一光學作用層。該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發射表面中之至少一者包括一圖案化表面，該圖案化表面包括複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)之一高高度部及一低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)。該複數個傾斜表面特徵提供具有自 3 度至 85 度之一表面傾斜角的至少一表面部分。該圖案化表面具有<10 奈米均方根(rms)之一表面粗糙度，且 $h/r \geq 0.05$ 。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

所揭示之諸實施例係關於用於形成具有傾斜特徵之圖案化表面之化學機械拋光(CMP)/機械拋光製程之一變體，及由該製程形成之固態發光器件。

本申請案主張2009年6月9日申請之題為「HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY SOLID STATE LIGHT SOURCES」之臨時申請案第61/185,476號的權利，該案其全文以引用的方式併入本文中。

【先前技術】

如在此項技術中所知，諸如發光二極體(LED)、有機LED(OLED)、固態鐳射及其他固態發光器件之發光固態器件的光獲取效率很大程度上受萃取(out-coupling)效率或獲取效率限制。基板及光產生作用層之高折射率(相對於空氣)引起全內反射(而非發射)，且結果引起產生於作用層中之光之顯著部分的波導。如在此項技術中所知，對於待自器件獲取之光而言，光必須在逃逸錐體內，該逃逸錐體藉由界面(例如，基板至空氣之界面)處之全內反射的臨界角來界定。逃逸錐體外部之光子經歷重複之內反射，且歸因於吸收而最終被耗光。界面處之折射率之失配愈高，逃逸錐體愈小。此情形為實現實用固態發光器件的已知主要挑戰。

不同層對光子進行的限定引起發光器件中之不同模式。在作用層堆疊中捕獲之光子引起作用層模式，由基板限定

之光子引起基板模式，且自器件獲取之光子引起經萃取之模式。

已藉由以下步驟改良萃取效率：藉由使用厚之透明基板針對每一方向(橫向方向及垂直方向)打開逃逸錐體，使晶片(例如，LED晶片)塑形，或經由修改器件之各種界面來減小波導。界面修改誘發改變每一入射處之入射角的光子隨機化，藉此為光子提供多個逃逸機會。藉由簡單之界面粗糙化來達成光子隨機化，諸如，藉由化學蝕刻、光化學蝕刻、電化學蝕刻，或藉由使在各種界面處具有規則之圖案化結構(諸如，布拉格(Bragg)柵格、微環、光子晶體、微透鏡及微角錐)來達成。此等技術可增大表面粗糙度，引起次表面損害，或將外來材料污染物引入至近表面層中。此外，此等做法可複雜，可僅適用於特定(亦即，離散)波長，及/或可能不易於整合至製造程序中。

【發明內容】

所揭示實施例包括高光獲取效率固態光源，該等高光獲取效率固態光源包含具有一頂表面及一底表面之一基板，及該基板之該頂表面上的至少一光學作用層。該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發光表面中之至少一者包括一圖案化表面，該圖案化表面包括複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)之一高高度部及一低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)。該複數個傾斜表面特徵提供具有自3度至85度之一表面傾斜角的至少一表面部分。該

圖案化表面具有 <10 奈米均方根之一表面粗糙度，且一 $h/r \geq 0.05$ 。一圖案化表面經提供以用於該光源之至少一界面，諸如，減小在該基板中傳播之基板模式之一強度的該基板與周圍環境之間的一第一界面，及減小在該光學作用層中傳播之作用層模式之一強度的該基板與該光學作用層之間的一第二界面。

所揭示實施例亦包括用於形成固態光源之方法，其中該(等)圖案化表面係使用化學機械製造(CMF)處理來形成。CMF為化學機械拋光(CMP)之一變體，該變體形成傾斜表面特徵而非表面平坦化，且因此基本上形成由CMP提供之無特徵表面。該固態光源可包含一光源，該光源包括一發光二極體(LED)、一有機LED、垂直腔表面發射雷射(VCSEL)、一基於量子點之器件、一磷光體，或一電致發光器件。

【實施方式】

所揭示實施例係參考附屬諸圖予以描述，其中貫穿諸圖使用相同參考數字以指派類似或均等元件。諸圖未按比例繪製，且其僅為說明所揭示實施例而提供。下文中若干態樣係參考用於說明之實例應用而描述。應理解，闡述眾多具體細節、關係及方法以提供所揭示實施例之完全理解。然而，一般熟習此項技術者將容易認識到，可在無該等具體細節之一者或多者下或使用其他方法實踐所揭示實施例。在其他個例中，熟知結構或操作未詳細展示以避免使所揭示實施例混淆。所揭示實施例並不受動作或事件之說

明順序限制，此係因為一些動作可以不同順序發生及/或與其他動作或事件同時發生。此外，並非所有所說明的動作或事件皆需要用來實施根據所揭示實施例之一方法。

儘管闡述本發明之廣泛範圍的數值範圍及參數為近似值，但儘可能精確地報告在具體實例中闡述之數值。然而，任何數值固有地含有由在各別測試量測結果中發現之標準偏差必然引起之某些誤差。此外，本文中所揭示之所有範圍應理解為涵蓋包含於其中的任何及所有子範圍。舉例而言，「小於10」之範圍可包括在最小值零與最大值10之間(且包括最小值零及最大值10)的任何及所有子範圍，亦即，具有等於零或大於零之最小值及等於或小於10之最大值的任何或所有子範圍(例如，1至5)。

所揭示實施例描述用於形成具有圖案化表面之固態光源的CMF方法，該圖案化表面包含至少一(且通常複數個)傾斜表面特徵。亦揭示由CMF形成之固態光源。

如上文所述，CMF為一種化學拋光製程，其係CMP之變體。如上文所述，CMF係CMP之一變體。在習知CMP中，形成的該等表面大體上係實質上全部平面且因此基本上係無特徵表面。如本文所定義，一實質上平面表面(諸如由一習知CMP製程所提供)特徵在於不存在表面特徵或具有2度之一最大傾斜角之表面特徵，及特徵之 ≤ 0.005 之一 h/r 比率，其中「 h 」指代該等特徵之高度/垂直距離，且「 r 」指代在其中 h 變化(即非平面)之配置中之特徵之最小橫向距離。相比之下，由根據本發明之諸實施例之CMF方法提供

的圖案化表面包括具有至少一表面部分之至少一傾斜表面特徵，表面部分提供自3度至85度之範圍內(具有自10度至80度之一典型範圍)之一傾斜角，及該等特徵 >0.05 之一 h/r 比率。

藉由作用於圖案化表面上之CMF提供的特徵形狀可係對稱形狀或非對稱(不對稱/複合)形狀。當一所揭示特徵係對稱的時，特徵具有一單一最小橫向尺寸「 r 」。當一所揭示特徵係不對稱的並具有複數個「 r 」尺寸時，如本文所使用，最小橫向尺寸「 r 」係 r_1 、 r_2 、...值之最小值。

若特徵係對稱的，諸如為呈2個尺寸之一三角形之角錐，則 h 在「 $2r$ 」之一總橫向距離上變化。若對稱特徵包括一平面頂部，則平面頂部橫越的橫向距離並不促進(contribute to) r 值，因為 h 在等特徵之頂部處恆定。若特徵形狀係一不對稱/複合形狀，則該等特徵之總尺寸係兩個或兩個以上不同 r 值之和，諸如 r_1+r_2 、 $r_1+r_2+r_3$ 。應注意，「 h 」亦可係不同值(雖然僅展示 h_1 具有一值)。對於一結構中之不同「 h 」值，考慮「 h 」之最大值。

如上文所述，所揭示實施例之特徵之 h/r 比率大體上 ≥ 0.05 。因此，由根據本發明之諸實施例之CMF處理提供的傾斜表面特徵開發包括一表面塑形製程及由表面塑形製程獲得的器件及物品之新應用。

圖案化基板及表面可包含廣泛之多種材料。圖案化表面之例示性材料可包含玻璃、SiC、GaN、碳化物、氮化物、藍寶石、氧化物、光學透明導電氧化物及磷光體。由

如本文所述之CMF、如使用CMP形成的特徵並未改變在形成的特徵之外表面上之表面組合物。因此，在本文中係定義為在特徵之外表面下方開始1奈米處的外表面及次表面之組合物皆具有相同組合物。相比之下，已知由反應離子蝕刻(RIE)形成的特徵具有一外表面，其歸因於RIE製程期間之化學反應而形成具有不同於次表面組合物之一外表面組合物之特徵。

由CMF形成的特徵亦未建立微結構損傷，諸如刮痕、斷層、表面非晶化、表面凹坑、化學蝕刻缺陷輪廓。因此，表面之微結構品質與次表面區相同或更佳。諸如RIE之技術可導致凹坑及缺陷，例如表面內之非晶化，因此自塊體變更表面及次表面微結構。CMF形成的表面可在諸如(但不限於)GaN、藍寶石、AlN之單晶材料中顯現自動梯形化表面。此等特徵未由RIE方法觀察到。

形成的傾斜表面部分可係具有一傾斜之一平面表面或非平面(彎曲)表面。對於一平面表面，相對於基板表面之傾斜角係恆定的(例如見圖2C)，而對於一彎曲表面(例如，參見圖2E)，傾斜角係一變數並如由彎曲表面至基板之投影所界定可自零度至90度變化，在一半球情況下基板將係一平基板表面。在一彎曲表面之情況下，彎曲表面特徵之曲率半徑大體上係10奈米至5,000微米。在另一實施例中，形成的結構可係自3度至85度之一固定傾斜角部分，及自零度至90度之一可變傾斜角部分之一組合。

在習知CMP期間之材料移除速率視包括施加的壓力、線

性速率、拋光媒介(墊及漿液)之特性，及晶圓材料之製程參數而定。在此等參數中，施加的壓力及墊之屬性係在CMP期間大體上顯著影響接觸壓力之唯一參數。在晶圓上之任何位置處之材料移除大體上係與接觸壓力成正比。

發明者已認識到，儘管對於一無特徵平晶圓而言接觸壓力係均勻的，但對於具有高高度特徵及低高度特徵之一晶圓而言，接觸壓力可沿著晶圓之區域顯著變化。發明者已認識到，使具有適當勁度特性之拋光墊及在一施加的壓力下達適當接觸時間之一晶圓集中在一起引起墊沿著在晶圓上之特徵之變形。本發明之一第一實施例使用接觸壓力及因此移除速率之此變動以使CMF可形成具有各種特徵形狀之物品。如下文所述，拋光接觸時間係在處理時間之邊界外側，在處理時間中一經拋光表面可被認為係一平面表面。

形成具有傾斜表面特徵之物品之CMF方法可包含提供一基板，其具有包含至少一突出特徵或凹部特徵之一圖案化表面。突出特徵或凹部特徵包含一第一組合物，並具有一CMF前高部及一CMF前低部，其中CMF前高部與CMF前低部之間之一垂直距離(高度) ≥ 10 奈米，且CMF前高部(例如，特徵之頂部)包括一中心部及一邊緣部。

突出/凹部特徵之CMF前高部之中心部及邊緣部與具有中心部與邊緣部之間之一漿液組合物之一拋光墊接觸。在中心部處之接觸壓力低於邊緣部。漿液組合物相對於突出/凹部特徵移動，其中邊緣部以相較於中心部之一拋光速率

較快之一拋光速率拋光以形成至少一傾斜表面特徵。傾斜表面特徵包含具有自3度至85度之一表面傾斜角及 <5 奈米均方根之一表面粗糙度之至少一表面部分。表面粗糙度可 <2 奈米均方根，諸如 <1 奈米均方根。一例示性傾斜表面特徵形狀係一微透鏡(見圖2L)。

根據本發明之一實施例建立傾斜表面特徵之時間可由達到平坦化之時間估算。圖1A展示根據本發明之一實施例之依據處理時間的特徵之高與低(或峰至谷)高度(R_{pv})的曲線圖，該曲線圖界定隨著時間進行相對於CMP連同所得結構處理之橫截面描繪的兩個(2個)CMF區(虛線)。使用CMF拋光的特徵可係單層結構或多層結構(例如，一嵌刻介電層上方之銅)。

圖1A證明CMF之拋光時間(t)可係 $t < t_0$ 或 $t > t_1$ 。 $t < t_0$ 係在平坦化之前並對於一CMP製程稱為「低度拋光」；且 $t > t_1$ 係在平坦化之後，其對於一CMP製程表示「過度拋光」。如上文所述，一平坦化表面係定義為 $h/r < 0.01$ 。可見 R_{pv} 在兩個CMF時間方案中大於10奈米，且對於習知CMP處理 <10 奈米。在低度拋光方案中， R_{pv} 自基於隨CMF製程行進形成的特徵高度提供的 R_{pv} 初始值降低。在過度拋光方案中，發生凹陷以呈現自CMP時間方案獲得的實質上平坦化結構隨拋光時間進行歸因於當兩種或兩種以上表面組合物(特徵材料不同於基板材料)被同時拋光時發生之增加的凹陷而具有一漸增 R_{max} 。然而，若表面包含一單一表面組合物(特徵材料與基板材料相同)，在過度拋光期間表面大體上

保持平面且因此大體上不可用於形成傾斜表面特徵。

在此實施例之另一變體中，在拋光之後特徵之高部及低部之間之高度差異可能未達到平坦化區值(定義為特徵之高部及低部之間之高度差異小於10奈米)。圖1B展示在其中該等最小 R_{pv} 值未達到低於10奈米之實施例中特徵之依據拋光時間的高-低部分之一曲線圖，該曲線圖定義相對於CMP之CMF區。在此情況下，當表面具有 $R_{min}+2$ 奈米之一高度時，CMP區係由拋光時間界定，其中本文中 R_{min} 界定為在拋光製程期間達到的高部與低部之間的最小高度差異。進入平坦化區(由CMP指示)之時間再次定義為 t_0 。若表面未包括兩種相異拋光表面組合物，(對於基板及特徵為單一組合物表面)，則可期待物品保持在CMP區中歷時拋光製程之持續時間。若拋光表面係由具有不同拋光速率之兩種或兩種以上不同組合物之相異材料組成，則期待新構形因為此效應而建立。在此情況下，特徵之高部與低部之間的高度差異大體上再次超過10奈米並期待材料變得不平坦化。

材料離開CMP區之時間在圖1B中展示為 t_1 。在此方案中物品由此實施例之製造因 $t > t_1$ 而發生。通常，物品之製造利用小於 t_0-1 秒或大於 t_1+1 秒之拋光時間。拋光時間可小於 t_0-3 秒或大於 t_1+3 秒。在另一實施例中，拋光時間小於 t_0-6 秒或大於 t_1+6 秒。在其他實施例中，拋光時間係在零與 $t_0-1.5$ 秒之間，或在 t_1+6 秒與 t_1+250 分鐘之間。在一些應用中，需要具有一低表面粗糙度及減小的次表面損傷。用

於建立彎曲表面或傾斜表面之已知方法包括穿過一蝕刻遮罩之反應離子蝕刻(RIE)、使用適當化學用品穿過一蝕刻遮罩之化學蝕刻或使用一雷射或使用諸如線鋸之一機械鋸部分切割之蝕刻。其他已知方法包括穿過一遮罩之離子束蝕刻、聚焦離子束圖案化。此等技術適於提供具有發展傾斜表面之受限能力之垂直狀表面特徵。此等技術對單晶材料、多晶材料及非晶材料均通常建立 >3 奈米均方根之較高表面粗糙度。RIE、機械鋸切或雷射切割亦建立可在表面下方延伸至少10奈米或更多之顯著次表面損傷。次表面損傷定義為原子自其原始位置由於外部處理以圖案化基板之移位。表面損傷之量及表面粗糙度通常隨處理時間延長而增大。相比之下，該等實施例之諸實施例並未建立任何可量測次表面損傷(最大在5奈米內)，並通常移除由其他製程導致的損傷。次表面損傷可由諸如入射角X射線繞射及陰極發光(CL)技術之技術來量測。

在一實施例中，RIE連同一微影術印刷圖案用以形成圖案化CMF前之表面。藉由蝕刻深度大於若干微米之接近垂直壁溝道，已知RIE能夠形成垂直壁(相對於基板表面接近90度)突出特徵，其中高部對應於未蝕刻區且低部係蝕刻溝道或通孔區。此等垂直或接近垂直壁可由除如上文所述之RIE之外的若干技術建立。特徵之高度大體上可自50奈米至1,000微米變化，而特徵之橫向尺寸大體上可自50奈米至2,000微米變化。

圖案化表面可包含金屬、陶瓷、絕緣體、半導體、聚合

物或包含生物學材料。具體實例包括金屬材料(例如，鉬)及諸如鋼之金屬合金、透明傳導氧化物(諸如，銦錫氧化物(ITO)、其他氧化物)、硫化物、碲化物、其他絕緣體或半導體，諸如III-V族材料(諸如，GaAs、GaN、AlN)、IV族半導體(諸如，Si、SiC、Ge、SiGe)、II-VI族材料(諸如ZnS、ZnSe、ZnTe)、鉍、GaN、SiN_x、SiO_x、SiO_xN_y、藍寶石、氧化鋁、TiO₂、ZnS、Ta₂O₅、玻璃、鋼、鉬、ZnO、氧化錫、CdTe、CdS、矽、銅銦鎳硒(CIGS)，由氧化物、尖晶石、鎵酸鹽及硫化物組成的磷光體，聚合物(諸如PMMA、聚苯乙烯、聚己內酯多元醇、聚乳酸/遠志酸)。材料系統可係組合物或混合物並亦可具有類似於矽基器件中銅互連之形成之凹部或嵌刻結構。材料系統可具有在表面層下方之不同組合物層。上文描述的材料僅表示少數固體且本發明之諸實施例之範圍不限於上文描述的材料。

在CMF製程中使用的壓力大體上可自0.1 psi至50 psi變化。更通常地，CMF期間之壓力可自1 psi至20 psi，諸如2 psi至15 psi變化。CMF期間之線性速率大體上可自0.001 m/s至50 m/s，諸如0.01 m/s至5 m/s、通常係0.1 m/s至2 m/s變化。使用的墊可自軟墊至硬墊變化。墊之實例包括：由Rohm and Haas Company製造之Politex與Suba IV、IC 1000墊；由伊利諾斯州Cabot Microelectronics製造的Delaware D100墊。其他實例包括天然材料及人造材料(諸如羊毛、布料)製成的墊。通常較高曲率可由一較軟墊達

成，其中同樣地較小曲率可由一較硬墊獲得。CMF之溫度大體上可自0℃至150℃變化，諸如大約在室溫(25℃)。在相較於室溫較高之溫度下，拋光速率可較高，此對於製造製程可能為需要的。再者，在較高溫度下，機械拋光墊變得較軟，此可引起較高曲率結構。

用於根據本發明之諸實施例之CMF之拋光速率可自0.1奈米/分鐘至20微米/分鐘而變化，諸如自1奈米/分鐘至1微米/分鐘而變化。拋光速率可受控於漿液之化學及拋光工具之拋光參數(速率、墊、壓力)。CMF製程之漿液化學可包含若干化學用品及/或研磨劑。化學用品可包括氧化劑、表面活性劑、鹽、殺微生物劑、pH緩衝劑及螯合劑。顆粒可包括研磨劑，諸如矽石、二氧化鈾、二氧化鈦、鑽石、氧化鋁、氮化矽、鑽石、氧化鋯、氧化釷，及不可溶氧化物及過渡金屬化合物。大體上可使用塗覆顆粒及未塗覆顆粒。顆粒之濃度大體上可自0.001重量百分比至50重量百分比變化。顆粒之大小大體上可自0.5奈米至1毫米變化。在一實施例中，顆粒大小自20奈米至50微米變動。

上文提到的顆粒僅表示例示性顆粒且本發明之諸實施例之範圍不限於本文揭示的顆粒。使用的表面活性劑可係陽離子、陰離子或非離子物質。分散於漿液中之顆粒及化學用品可係有機物或水液體或其之混合物。

拋光組合物大體上包含氧化劑，其可適於待拋光之基板之一種或多種材料。氧化劑可選自以下各者：硝酸銻銨、過硫酸鉀、高錳酸鉀、鹵素、H₂O₂、氧化物、碘酸鹽、氯

酸鹽、溴酸鹽、高碘酸鹽、高氯酸鹽、過硫酸鹽、磷酸鹽及其之混合物，諸如硫酸鹽、磷酸鹽、過硫酸鹽、高碘酸鹽、過硫酸鹽、高碘酸鹽、高氯酸鹽、鉻酸鹽、錳酸鹽、氰化物、碳酸鹽、醋酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、檸檬酸鈉、鉀、鈣、鎂。在拋光組合物中出現之氧化劑大體上可係 ≥ 0.001 重量百分比。

拋光組合物之pH值大體上可自0.5至13.5變化。拋光組合物之實際pH值大體上將部分視混合物類型及拋光的特徵材料類型而定。組合物之pH值可由pH值調整器、緩衝劑或其之組合而達成。pH值大體上可使用任何有機酸或無機酸及有機鹼或無機鹼來予以調整。

拋光組合物可包含螯合劑或錯合劑，諸如醛、酮、羧酸、酯、醯胺、烯酮、醯基鹵、酸酐、尿素、胺基甲酸鹽、醯基氯之衍生物、氯甲酸酯、光氣、碳酸酯、硫酯、內酯、內醯胺、羧酸鹽、異氰酸鹽、乙醇、乙醇酸鹽、乳酸鹽。錯合劑係可移除金屬污染物並增強拋光速率之任何合適化學添加劑。螯合劑可係丙烯酸聚合物抗壞血酸、BAYPURE® CX 100(亞胺基二琥珀酸四鈉)、檸檬酸、二羧甲基麩胺酸、乙二胺二琥珀酸(EDDS)、乙二胺四乙酸(EDTA)、二乙烯三胺五甲叉膦酸七鈉(亞甲基膦酸)(DTPMP·Na₇)、蘋果酸、胺基三乙酸(NTA)、非極性胺基酸，諸如甲硫胺酸、草酸、磷酸、極性胺基酸，包括精胺酸、天冬醯胺、天冬胺酸、穀胺酸、穀胺酸鹽、賴胺酸及鳥胺酸、鐵質運載體諸如去鐵胺B、琥珀酸、苯并三

唑、(BTA)、酒石酸鹽、琥珀酸鹽、檸檬酸鹽、鄰苯二甲酸鹽、羧酸鹽、胺、乙醇、蘋果酸鹽、依地酸鹽、其他。

漿液組合物可包含可由有機酸與鹼或無機酸與鹼形成之鹽。鹽可包含陽離子，諸如銨 NH_4^+ 、鈣 Ca^{2+} 、鐵 Fe^{2+} 及鐵 Fe^{3+} 、鎂 Mg^{2+} 、鉀 K^+ 、吡啶鎘 $\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+$ 、季銨 NR_4^+ 、鈉 Na^+ 、銅，及陰離子，諸如醋酸鹽 CH_3COO^- 、碳酸鹽 CO_3^{2-} 、氯 Cl^- 、氯酸鹽、高氯酸鹽、溴化物、碘化物、氟化物、高碘酸鹽、檸檬酸 $\text{HOC}(\text{COO}^-)(\text{CH}_2\text{COO}^-)_2$ 、氰化物 $\text{C}\equiv\text{N}^-$ 、氫氧化物 OH^- 、硝酸鹽 NO_3^- 、亞硝酸 NO_2^- 、氧化物 O^{2-} （水）、磷酸鹽 PO_4^{3-} 、硫酸鹽 SO_4^{2-} ，及鄰苯二甲酸鹽。

在顆粒或不可溶材料之另一實施例中，漿液組合物之含量小於0.01重量百分比。除了上文描述的氧化劑、表面活性劑、鹽、殺微生物劑、pH值緩衝劑、螯合劑之外，漿液組合物可包含在如此項技術已知之研磨劑基漿液中使用的其他化學試劑。CMF表面可經進一步處理以清除表面之顆粒、化學用品等等。化學用品亦可用以進一步化學地蝕刻表面。

非平面或傾斜表面特徵大體上具有大於0.05，諸如大於0.1或大於0.20之h/r比率。非平面或傾斜表面特徵之最小橫向尺寸r大於50奈米或大於500奈米，諸如大於5微米。亦可製造具有正曲率與負曲率及混合曲率兩者之表面。由根據本發明之諸實施例之製程形成的結構之形狀可係很多一般性形狀，其包括微透鏡、半球形、截角錐及錐體或全形錐及錐體。非平面或傾斜表面特徵之間的特徵至特徵之

距離大體上可自100奈米至1,500微米(1.5毫米)變化。

如圖2A至圖2P中所示，形成的非平面或傾斜表面特徵可由其 h/r 比率界定。圖2A至圖2P分別展示可由根據本發明之諸實施例之CMF方法製造之傾斜表面特徵之諸實例，其包括對稱表面(A至E)、不對稱表面(F至J)、正曲率表面(K)、負曲率表面(L)，及混合曲率表面(M)，及混合結構(N至P)。在每一情況下，表面之至少一者具有 >10 奈米之高度(h)、 h/r 比率，其中 r 係自0.05至1.0變化之橫向尺寸或3度與85度之間的一曲率傾斜角。圖2A至圖2P中展示的形狀表示少數可能形狀且本發明之諸實施例之範疇不限於展示的形狀。

圖2K係識別為具有展示為複數個凹部表面特徵215的傾斜表面特徵之一物品210。物品包含一基板205及包含複數個凹部表面特徵215之一圖案化表面，複數個凹部表面特徵215具有界定展示為 h_2 的一垂直距離之高高度部217及低高度部218，並具有一橫向尺寸(展示為 r_2)，其中 h_2/r_2 比率 ≥ 0.01 且(i) $h \geq 100$ 奈米且(ii)一曲率傾斜角在3度與85度之間的至少一者。凹部表面特徵215具有 <10 奈米均方根(諸如 <3 奈米均方根)之一表面粗糙度。

圖2L係識別為具有展示為包含微透鏡235之突出表面特徵的傾斜表面特徵之一物品230。物品230包含基板205及包含複數個微透鏡235之一圖案化表面，複數個微透鏡235具有界定一垂直距離(h_2)之高高度部238及低高度部237，並具有一橫向尺寸(展示為 r_2)，其中一 h_2/r_2 比率 ≥ 0.01 且(i)

$h_2 \geq 100$ 奈米且(ii)一曲率傾斜角在3度與85度之間中的至少一者。微透鏡235具有 <10 奈米均方根(諸如 <3 奈米均方根)之一表面粗糙度。

圖3A至圖3C展示根據本發明之一實施例之使用CMF之低度拋光方案可獲得之一些例示性特徵形狀。低度拋光對應於如圖1A及圖1B中所示之 $t < t_0$ 。實線展示按需提供之結構，而虛線展示隨著CMF時間(虛線)進行之所得結構。

在本發明之另一實施例中，具有不同傾斜角之複數個表面可藉由改變圖案化結構之間的距離而形成。舉例而言，若特徵之間之距離在一方向上為10微米且在另一方向上為20微米，則可形成不同 h/r 比率之特徵。由此方法獲得的特徵在本文中被稱為不對稱結構，此係因為 h/r 比率及 R_{pv} 相對於表面上之不同方向而改變。如上文所述，在圖2F至圖2J中展示不對稱特徵形狀之實例。

在本發明之一實施例中，拋光期間之壓力變化可包含在拋光之前形成包含在突出特徵之高度部之一部分上之一第二組合物之一拋光止擋層，其中第二組合物在CMF期間具有 $\leq$ 第一組合物之一CMF移除速率之0.8的一移除速率。第一組合物及第二組合物(止擋層)之移除(拋光)速率之比率係定義為拋光製程之選擇性。選擇性可自1.25至大於3,000，諸如自2至1,000或自10至500而變化。止擋層之拋光速率大體上可自0.001奈米/分鐘至1,000奈米/分鐘變化。基板組合物之拋光速率大體上可自0.001奈米/分鐘至20微米/分鐘變化。拋光製程之選擇性可藉由控制拋光漿液之

化學組合物及機械組合物而達成。為獲得高選擇性，化學組合物及顆粒組合物可經調整使得止擋層之移除速率遠小於基板層之移除速率。

圖4展示根據本發明之一實施例之在其中一拋光止擋層410係經定位接近於特徵405之高度頂部之中心部之實施例中一初始特徵曲線(實線)及CMF之後的一特徵曲線(虛線)。此拋光止擋層410可使用在習知IC製造中使用的熟知沈積及微影術技術而形成於特徵上。拋光止擋層410之移除速率通常小於包含特徵405之材料之移除速率。通常，止擋層410之拋光移除速率 $\leq$ 包含特徵405之材料之一拋光移除速率之0.5。在此情況下，拋光止擋層410之使用引起未呈微透鏡之形狀之傾斜表面的建立。可由一止擋層410之使用而獲得之一些特徵形狀係(例如)一截微透鏡、圓錐結構，及截錐體。

當拋光選擇性增加至高於1.0(例如，在自2至5,000之範圍內)之一值且止擋層410係經圖案化以具有小於突出特徵405之尺寸時，CMF方法可用以增加所得結構之h/r比率。結構之h/r比率可藉由改變及控制止擋層410之尺寸、止擋層之厚度及止擋層相對於特徵405中之材料之選擇性而自0.01增加高達1.0。此實施例亦可用於增大結構之傾斜角。視止擋層相對於特徵405之材料之尺寸、厚度及拋光選擇性而定，傾斜角可自3度增加至85度。

此外，此實施例可將特徵之形狀自微透鏡形狀改變為一截錐體狀結構。此通常發生於當止擋層之尺寸自突出特徵

405之頂部之面積之95%至0.001%變化時。為達成傾斜角之增大及一較高 h/r 比率，選擇性之增大大體上為需要的。若在CMF製程期間，拋光止擋層410之邊緣被拋光，則可形成正曲率結構及負曲率結構兩者。

根據本發明之另一實施例達成選擇性拋光之另一相關方法係沈積顆粒基不連續塗層於基板之表面上。顆粒充當CMF製程之選擇性遮罩層。在此情況下，大體上無需微影術圖案。顆粒之大小大體上可自1奈米至100微米變化，而顆粒之表面覆蓋率可自0.01%至60%變化。顆粒可藉由加熱使得可發生反應結合而黏附至表面。顆粒可包含金屬、陶瓷、聚合物或合成材料及其合金，或其混合物。

圖5展示根據本發明之一實施例之依據拋光時間之峰至谷高度(R_{pv})的一曲線圖，該曲線圖界定相對於用於包含實施例之拋光止擋層之CMP的CMF區。當拋光止擋層已經緩慢拋除時，獲得在CMP期間 R_{pv} 之陡降，此引起整個特徵之拋光，從而引起 R_{max} 值之一急劇降低。

在本發明之一實施例中，拋光止擋層係經定位接近於特徵之頂上之一邊緣部。圖6A及圖6B展示根據本發明之一實施例之在其中拋光止擋層係經定位接近於特徵之頂部之一邊緣部之實施例中一初始特徵曲線(實線)及各種時間之CMF之後的一特徵曲線(虛線)。如圖所示，此實施例建立不對稱特徵。

本發明之另一實施例包含用於形成具有基於拋光選擇性之彎曲特徵及傾斜特徵之物品之一種CMF方法。若表面包

括在其表面上具有不同拋光速率之兩種(或兩種以上)不同材料，諸如在表面之一部分上之第一材料及在表面之另一部分上之一第二材料，則可藉由具有材料中之一者(例如第一材料)相對於另一材料(例如第二材料)之一相對高拋光選擇性來設計拋光漿液(例如，使用合適化學用品)。因此，將快於第二材料拋光第一材料。在一實施例中，一蝕刻遮罩可經形成以提供較低拋光速率以達成非平面拋光。

第一所揭示固態光源實施例包含一種用於形成固態光源之方法，該方法包含提供具有圖案化表面之一基板，該圖案化表面包含複數個CMF前突出特徵或凹部特徵。CMF前突出特徵或凹部特徵包含具有CMF前高部及CMF前低部之一第一組合物。CMF前高部與CMF前低部之間的垂直距離(高度) ≥ 10 奈米。CMF前高部包括一中心部及一邊緣部。

CMF前高部與具有之間之一漿液組合物之拋光墊接觸。漿液組合物相對於突出特徵或凹部特徵移動以拋光中心部及邊緣部，其中邊緣部以相較於中心部之一拋光速率較快之一拋光速率拋光以形成複數個傾斜表面特徵。所形成之傾斜表面特徵包含具有自3度至85度之一表面傾斜角及 < 10 奈米均方根(諸如， < 3 奈米均方根)之一表面粗糙度之至少一表面部分。傾斜表面特徵亦具有界定高度(h)之CMF後高高度部及CMF後低高度部，其中傾斜表面特徵界定最小橫向尺寸(r)，且特徵之 $h/r \geq 0.05$ 。

第二所揭示固態光源實施例包含一種用於使用CMF製程在平面或至少實質上平面表面上形成固態光源的方法。實

質上平面表面特徵在於 <10 奈米之CMF前高部至CMF前低部。該表面具有包含一第一組合物之第一區，及包含一不同於第一組合物之第二組合物的第二區，其中第二組合物具有 $\leq$ 第一組合物之拋光移除速率之0.5的拋光移除速率。基板上之圖案化之拋光止擋層可用以提供有差異之拋光速率。與上文所描述之第一固態光源方法實施例一樣，在CMF之後，所形成之傾斜表面特徵包含至少一表面部分、提供 ≥ 0.05 之特徵 h/r 的CMF後高高度部及CMF後低高度部，該至少一表面部分具有自3度至85度之一表面傾斜角及 <10 奈米均方根(諸如， <3 奈米均方根)的一表面粗糙度。

CMF產生之特徵具有通常自10奈米至1毫米變化之 h 尺寸，及自10奈米至1毫米變化之 r 尺寸，及自0.05至1.0變化的 h/r 比率。由根據本發明之實施例之CMF處理提供之傾斜表面特徵因此開啟包括用於形成具有傾斜表面特徵之界面之表面塑形製程的新應用，及由該等新應用形成的固態發光器件及物品。

根據所揭示實施例之CMF製造之固態發光器件相較於如上文所描述之在界面中之一或多者處具有圖案化結構的習知固態發光器件為結構上截然不同的。如在此項技術中所知，表面粗糙度及形態可藉由包括化學蝕刻、光化學蝕刻及電化學蝕刻之許多不同方法來建立。在表面粗糙度之伴隨增大的情況下，諸如選擇性雷射切除、RIE及其他汽相技術之其他技術可建立諸如孔洞之表面形態。

由所揭示實施例製造之結構可經特徵化，且藉由本文中所呈現之兩種不同量化表面形態量測來與習知結構進行區分，一表面形態量測量化短程粗糙度，且另一表面形態測量量化長程有序(long range order)。根據所揭示實施例之CMF因CMF方法之應用減小短程粗糙度，而已知蝕刻方法因該方法之應用增大短程粗糙度。CMF方法亦賦予長程有序。

對於本文中所揭示之第一方法實施例而言，長程有序可藉由以圖案化之突出特徵或凹部特徵(諸如，藉由微影方法來製備的特徵)開始來提供。對於包含選擇性拋光之本文中所揭示之第二方法實施例而言，可藉由提供用於CMF處理之圖案化結構(諸如，圖案化(例如，週期性)拋光止擋層圖案)來產生週期性結構，其中止擋層提供相對於基板之移除速率不同的移除速率。根據本發明之實施例之獲得週期性表面之其他方法包括(但不限於)雷射鑽孔、絲網印刷、微米及奈米壓印方法。相較之下，已知特徵形成方法並不提供特徵之長程有序。舉例而言，諸如化學蝕刻、光電化學蝕刻之典型粗糙度建立方法通常並不提供所形成特徵之長程有序或短程有序。

在本文中藉由由 ≥ 200 奈米之長波長 λ 特徵化之LRQP參數來量化本文中所描述之長程有序，且藉由具有 ≤ 200 奈米之波長 λ_{SR} 的SRM形態參數來量化短程粗糙度。SRM形態通常對應於沿特徵之表面的表面之習知界定之表面粗糙度。

可藉由本文中被稱為準週期性特性之複數個大體上週期性特徵的特徵參數之分佈來量化LRQP，該等特徵參數係基於上文所描述之包含 h 、 λ (其自 r 導出)或特徵之縱橫比(h/r)的參數。如下文所描述，可依據準週期性特性(例如， h 值、 λ 值或 h/λ 值)來繪製特徵之分佈頻率(數目)。此等結構之關於其特徵平均值之分散特徵可在於關於每一具體準週期性特性之平均(m)值(h_{1m} 、 h_{2m} 、 h_{3m} 、 λ_{1m} 、 λ_{2m} 、 λ_{3m} 、 h_{1m}/λ_{1m})的標準偏差(σ)，其中 σ 為標準偏差。標準偏差與其特徵參數平均值(例如， h_{1m} 、 h_{2m} 、 h_{3m} 、 λ_{1m} 、 λ_{2m} 、 λ_{3m} 、 h_{1m}/λ_{1m})之比率定義為LRQP分佈比率，其可用以特徵化包含本文中所揭示之複數個傾斜表面特徵之結構的長程有序(週期性)。

包括具有一特徵分佈(其中至少一LRQP分佈比率小於0.5(σ 與特性值之平均值(m)之比率))之一圖案化表面的結構可特徵化為根據所揭示實施例之固態發光物品的LRQP。若比率小於0.25，則可將其分類為高LRQP，且若值小於0.1，則可將其分類為極高LRQP。此等量測針對特徵/結構之面積之至少10倍的面積大體上有效。對於較小面積而言，週期性結構之總頻率可能並不足以達成任何令人滿意之顯著結論。

在短程中，SRM參數特徵在於隨機之大的峰至谷波長分佈、大的波長分佈($\sigma > 0.5$)及大的 R_z/λ 比率分佈。此外，表面粗糙度特徵可在於均方根值。SRM均方根粗糙度之均方根粗糙度通常小於10奈米，諸如小於5奈米、小於2奈米、

小於1奈米，且在一些情況下小於5埃。

圖 7A 至圖 7E 展示根據所揭示實施例之傾斜表面特徵之例示性特徵形狀，該等傾斜表面特徵具有針對由 CMF 形成之若干例示性結構之 LRQP 參數界定的分量，而圖 7F 展示來自由展示 λ_{SR} 之 CMF 形成之例示性結構的 SRM 之分量。複數個此等特徵用以形成可用於如本文中所描述之工程化界面的圖案化表面，諸如以減小多種固態光源之基板及/或作用層模式的強度。

圖 8A 至圖 8C 展示依據準週期性特性(例如， h 值、 λ 值或 h/λ 值)所繪製之傾斜表面特徵的例示性分佈頻率(數目)。如上文所描述，此等結構之關於其特性平均值之分散特徵可在於關於其圖 8A 中之平均(m)值 h_{1m} 、 h_{2m} 、 h_{3m} ，圖 8B 中之平均(m)值 λ_{1m} 、 λ_{2m} 、 λ_{3m} 及圖 8C 中之平均(m)值 h_{1m}/λ_{1m} 、 h_{2m}/λ_{2m} 、 h_{3m}/λ_{3m} 的標準偏差(σ)，其中 σ 為標準偏差。定義為 LRQP 分佈比率之標準偏差 σ 與其特徵參數平均值(m)的比率可用以特徵化包含根據所揭示實施例之複數個傾斜表面特徵之結構的長程有序(週期性)。

所揭示實施例包括應用 CMF 及其他製程以工程化固態器件中之具有傾斜表面特徵之不同界面，以萃取基板模式及作用層模式其中之一者或兩者。針對界面工程化之基於 CMF 之做法有助於自不同模式獲取光子及改良通常磊晶生長於基板上之作用層之結晶品質。以下所描述之圖 9A 至圖 9F 展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的複數個傾斜表面特

徵。固態光源可包含(例如)發光二極體(LED)、有機LED、垂直腔表面發射雷射(VCSEL)、基於量子點之器件、磷光體，或電致發光(EL)器件。

基板至作用層之界面本文中被称为界面2，而基板至周圍環境(例如，空氣)之界面本文中被称为界面1。界面2之工程化中之具體挑戰出現，此係因為基板之表面通常用於作用層之磊晶生長。用於增強來自固態器件之光獲取之包括表面粗糙化及圖案化的習知方法具有作用層之生長的困難。相較之下，本文中所描述之針對界面工程化之基於CMF的做法幫助自作用層模式獲取光子及改良作用層之品質。如下文所描述，為了改良界面2，在基板表面上包含複數個顛倒之微透鏡、微角錐及其他傾斜表面特徵之圖案化表面可在生長作用層之前予以建立。

舉例而言，圖9A展示根據所揭示實施例之包括工程化界面的結構900之橫截面描繪，該圖案化界面902由包含複數個傾斜表面特徵之圖案化表面902提供且適用於固態光源。結構900包含具有圖案化基板表面902之基板901，該圖案化基板表面902界定如上文所描述可由CMF處理建立之複數個顛倒之微透鏡狀特徵。諸如顛倒之微透鏡之特徵亦可使用蝕刻溶液或使用包括選擇性缺陷蝕刻之製程來建立，但不同於此等製程，CMF並不建立表面粗糙度、污染物或次表面損傷。

圖9B展示根據所揭示實施例之結構910之橫截面描繪，該結構910包含展示於圖9A中之圖案化基板表面902上之緩

衝層或作用層905。緩衝層或光學作用層905展示為直接(亦即，無介入層)地形成於圖案化表面902上。圖9C展示包括結構920之橫截面描繪，該結構920包括包含複數個微透鏡之圖案化基板表面922上之作用層905，該複數個微透鏡可用以形成包括主動雷射之固態器件；而圖9D展示根據所揭示實施例之結構930之橫截面描繪，該結構930包含在包含微角錐狀特徵的圖案化基板表面932上之一作用層905，該等微角錐狀特徵可用以形成固態器件。

圖9E展示結構940的橫截面，該結構940包含圖案化基板表面943上之緩衝層或作用層905。緩衝層/作用層905之厚度小於展示於圖9E中之表面特徵之高度，從而引起非平面緩衝層/作用層905。當緩衝層/作用層905體現為作用層905時，作用層可包含量子井、量子點、pn接面、雷射媒體、磷光體、電致發光材料或陰極發光材料。

圖9F展示結構950的橫截面，該結構950包含圖案化基板表面945上之導電層909(例如，光學透明導電氧化物)，其中作用層905係在導電層909上。導電層909之厚度小於表面特徵之高度「h」，從而引起非平面作用層905。導電層可具有小於 $1\ \Omega/\text{cm}$ 之 25°C 塊體電阻率。如上文所描述，傾斜表面特徵可覆蓋有多種折射率匹配層，其折射率接近作用層905及基板901之折射率。折射率匹配層之材料之選擇通常基於基板901及/或作用層905之折射率(n_{fs})、其對光之吸收係數、對作用層生長之效應，及折射率匹配材料之結晶/非晶結構。折射率匹配材料本文中定義為具有在

待折射率匹配之層的 $n_f \pm 0.7$ 內之折射率的材料。在一實施例中，折射率匹配材料具有在待折射率匹配之層的 $n_f \pm 0.1$ 內之折射率。CMP可用以拋除折射率匹配層材料之過多部分，以在基板901之頂部側上暴露基板901的部分以供磊晶生長作用層905。

圖10A展示包括工程化界面之結構1000的橫截面描繪，該工程化界面包含圖案化表面1002，該圖案化表面1002包括複數個顛倒微透鏡特徵，該複數個顛倒微透鏡特徵包含填充凹部微透鏡特徵部分的相對高 n_f 之材料匹配層906(針對匹配基板901之 n_f)，其中凝核止擋層907形成於相對高 n_f 折射率匹配材料906上方。所展示之作用層905可為在拋除凝核止擋層907之部分以足以暴露在特徵之間的基板901之區中之頂表面902之後形成的磊晶層。圖10B展示包括工程化界面之結構1020的橫截面描繪，該工程化界面包含圖案化表面1022，該圖案化表面1022包括複數個顛倒角錐特徵，該複數個顛倒角錐特徵具有填充凹部特徵部分的相對高 n_f 之材料906(例如，針對匹配基板901之 n_f)，其中凝核止擋層907形成於相對高 n_f 之材料906上方。

基板901至周圍環境(例如，空氣)之界面本文中被稱為界面1。界面1對於基板模式之光子的萃取可為重要的。用於紋理化之已知方法使用表面粗糙化，藉由在各種界面處具有規則之圖案化結構(例如，布拉格柵格、微環、光子晶體、微透鏡及微角錐)來進行。在此等情況中之許多情況下，在相對於基板901之 n_f 具有較低 n_f 之某一聚合材料或

無機材料上製造圖案化結構。所揭示實施例通常使用基板901自身形成圖案化表面，因此不提供nf失配，此舉導致自基板901獲取更多光。

圖11展示包括包含圖案化表面1102之工程化界面之一結構1100的橫截面描繪，該圖案化表面1102包含針對其空氣界面(界面1)之複數個微透鏡。在其他所揭示實施例中，圖案化一個以上界面。舉例而言，界面1及2(基板901與作用或緩衝層905之間)可皆經圖案化。工程化界面1及界面2可分別引起來自固態器件之作用層模式及基板模式的減小，從而導致增強之光獲取。

圖12A及圖12B展示包括界面1及2處之工程化界面之結構的橫截面描繪。圖12A展示包含一基板901之結構1200之橫截面描繪，該基板901具有用於界面2之第一圖案化表面1202及用於界面1之第二圖案化表面1212。圖12B展示包含一基板901之結構1220之橫截面描繪，該基板901具有用於界面2之第一圖案化表面1222及用於界面1之第二圖案化表面1232。圖12B亦展示填充凹部特徵部分的折射率匹配層906，其中凝核止擋層907在該折射率匹配層906上。

圖13展示根據本發明之所揭示實施例之頂部發射LED 1300之橫截面描繪，該頂部發射LED 1300包括圖案化之頂表面。LED包含p型或n型摻雜區1304及相反摻雜區1306，區1306形成作用接面區1311。區1304與周圍環境(例如，空氣)之界面本文中被稱為界面3。針對兩個區1304及1306提供接觸點1310。至摻雜區1304及1306之接觸層(未圖示)

通常提供用於雷射驅動器模組(未圖示)之低電阻接觸點，從而驅動LED 1300。

如在此項技術中所知，當LED 1300被正向偏壓(接通)時，電子能夠與器件之作用接面區1311內之電洞重新組合，從而釋放呈光子形式之能量，其中稱作電致發光之效應及光之顏色(對應於光子之能量)藉由半導體(例如，AlGaIn或GaIn)之能帶來判定。

若LED 1300之發射層材料係有機化合物，則LED 1300被稱為有機發光二極體(OLED)。為了充當半導體，有機發射材料必須大體上具有共軛派(π)鍵結。發射材料可為呈結晶相之小有機分子或聚合物。聚合材料可為可撓性的，此等LED被稱為PLED或FLED。

圖14為根據所揭示實施例之展示用於工程化基板上之LED製造的若干製程選項之流程圖。步驟1401包含提供一基板。在一實施例中，基板可具有一相較於隨後沈積之作用層(例如，藍寶石基板上之基於GaIn之LED)較低的折射率。步驟1402包含形成一圖案化基板表面，該圖案化基板表面包含複數個傾斜特徵。步驟1403包含圖案化之基板表面上的作用膜生長(例如，磊晶生長)。或者，類似於上文關於圖10A及圖10B所描述之製程，步驟1402可繼之以步驟1404(a)中之高折射率匹配材料之沈積(例如，用於填充凹部微透鏡特徵部分)，繼之以步驟1404(b)中形成於相對高 n_f 之折射率匹配材料上方之凝核止擋層的沈積。步驟1404(c)包含拋除凝核止擋層之部分以足以暴露在特徵之間

的基板之區中之頂表面。步驟1405可包含磊晶作用層膜生長。亦可包括以下兩者：包含用於移除基板材料之雷射剝離製程的可選步驟1406，及包含在頂部發射器件之作用層之頂表面或底部發射器件之底基板表面上形成圖案化層的步驟1407。

本文中所揭示之固態光源之一發明性區別為，圖案化表面之化學組合物相較於其塊體在其表面(頂部10奈米)處可為相同的，或基本上為同一組合物，且因此具有最小之外來原子濃度。舉例而言，外來元素之濃度在表面之頂部10奈米處通常小於1重量%、小於0.5重量%或小於0.2重量%。

外來原子在本文中定義為在蝕刻或拋光處理之前並非為基板之部分且在結構之形成期間被引入的原子。通常，在諸如RIE之習知製程期間在近表面區中引入之外來原子為非氧化或惰性氣體，諸如，氮氣、氫氣、氬氣及氦氣。在RIE期間亦可引入之腐蝕性外來材料包括氣態鹵素及其化合物。

舉例而言，在一實施例中，頂部10奈米處之Ga₂N、SiC、藍寶石、玻璃(例如，SiC中之Si/C、Ga₂N中之Ga/N)之組成比率相較於層之塊體中的組合物小於20%不同、小於10%不同、小於5%不同，或小於2%不同。在典型實施例中，由CMF製程形成之表面並不產生組合物之任何改變。

除引入外來原子外，在習知製程中，鍵結在形成具體結

構中可改變。此通常可在雷射輻射或RIE中發生。用於製造此等結構之CMF方法通常將不建立材料之結構性質的此等改變。具體而言，次表面區(10奈米)中之鍵結改變相較於塊體材料中之鍵結通常小於1%。

組成改變、外來原子之引入及鍵結之改變在光傳播方面可皆為有問題的。此等改變為傾向於吸收發射之輻射之缺陷，且因此對於製程而言為非所要的。諸如RIE、雷射切除、光化學蝕刻及化學蝕刻之所有技術通常建立此等缺陷，且因此為非所要的。相比之下，由本文中所描述之CMF處理形成之固態發光器件因此使組成改變最小化，使外來原子之引入最小化，且使鍵結之改變最小化，其因此改良了光傳播之光獲取效率。

固態光源可藉由各種方式產生光。舉例而言，光源可為固態電致發光膜(例如，基於硫化鋅之薄膜)，紅色、綠色或藍色光，紅外線或紫外線LED、OLED、雷射或磷光層。在此等情況下，固態材料由電激勵來激發。具有高於1.2之 n_f 之基板通常可用於此實施例中。若兩個表面之間的折射率差大於0.2或在另一實施例中大於0.5，則該實施例為尤其有幫助的。材料形式上可為塊體基板或作為薄膜。

此實施例中可應用之其他固態源材料可包括藉由可見光及紫外光或電子束激發的磷光體材料。如在此項技術中所知，磷光體為顯現磷光現象(在暴露至諸如電子或紫外光子之激勵微粒之後持續發光)之物質。磷光體通常為各種類型之過渡金屬化合物或稀土化合物。磷光體通常由合適

主體材料製成，該主體材料被添加活化劑。最佳已知類型為銅活化之硫化鋅及銀活化之硫化鋅(摻雜有銀之硫化鋅)。此等材料之折射率通常大於1.4。材料形式可呈塊體基板或作為薄膜。若兩個表面之間的折射率差大於0.2或更大，且在另一實施例中大於0.5，則此實施例為尤其有幫助的。

在固態源中應用之相關材料亦可應用於其他所揭示實施例中。此等材料之實例包括光學透明之導電氧化物、介電質及絕緣體。此等材料可允許自作用層產生之光透射，且亦幫助電接觸點之形成。此等材料之折射率通常大於1.3。若兩個表面之間的折射率差大於0.2，諸如大於0.5，則此實施例可為尤其有幫助的。可應用至固態源之其他相關材料可包括可用以反射光且亦提供電接觸點之金屬。如本文中所使用，「金屬」指代25°C電阻率低於0.1 ohm·cm的金屬元素、合金、混合物及金屬間化合物。

儘管上文已描述本發明之各種實施例，但應理解，該等實施例僅作為實例且非限制而呈現。可根據本文之揭示內容作出所揭示實施例之各種改變而不偏離所揭示實施例之精神或範圍。因此，本發明之實施例之寬度及範疇不應受任何上文描述的實施例限制。確切而言，本發明之實施例之範疇應根據下列申請專利範圍及其均等物定義。

儘管已相對於一個或多個實施說明及描述了本發明之實施例，但均等替代及修改在閱讀及理解此說明書及附屬圖式之後對於熟習此項技術者將發生。此外，儘管可能已相

對於若干實施之僅一者揭示本文中揭示的一特別特徵，但此特徵當對於任何給定應用或特別應用所需及有利時可與其他實施之一個或多個其他特徵組合。

本文中使用的術語係僅為了描述特別實施例之目的，且並未意欲限制。如本文所使用，單數形式「一」及「該」意欲亦包括複數形式，除非內文明顯另外指示。此外，就術語「包括」、「具有」、「具」或其變體用於詳細描述及/或申請專利範圍中而言，此等用語意欲以類似於術語「包含」之一方式而為包括性的。

除非另外定義，否則本文使用的所有術語(包括技術術語及科學術語)具有與一一般熟習本發明屬於之技術者通常理解之意義相同的意義。應進一步理解，諸如在通用字典中定義的此等術語之術語應被解譯為具有與其在相關技術之內文中之意義一致之意義且不應以一理想化或過度形式化意義解譯，除非本文中明顯如此定義。

【圖式簡單說明】

圖1A展示根據本發明之一實施例之依據拋光時間形成的特徵之高至低(或峰至谷)高度(R_{pv})的曲線圖，該拋光時間界定隨著拋光時間進行的相對於習知化學機械拋光(CMP)連同所得結構之橫截面描繪的化學機械形成(CMF)拋光時間區。

圖1B展示依據拋光時間的 R_{pv} 之曲線圖，對於 R_{pv} 之最小值不低於10奈米之實施例而言，該拋光時間界定相對於CMP之CMF時間區。

圖 2A 至圖 2P 展示可由根據本發明之諸實施例之 CMF 方法製造之傾斜表面特徵之諸實例，該等傾斜表面特徵分別包括對稱表面(A至E)、不對稱表面(F至J)、負曲率表面(K)，其中圖 2K 進一步識別為包含複數個凹部表面特徵及傾斜表面特徵、正曲率表面(L)之一物品，其中圖 2L 進一步識別為包含複數個突出表面特徵及傾斜表面特徵、混合曲率表面(M)及混合結構(N至P)之一物品。

圖 3A 至圖 3C 展示根據本發明之一實施例之使用 CMF 之低度拋光方案可獲得之一些例示性特徵形狀。實線展示按需提供之結構，而虛線展示隨著 CMF 時間增大之所得結構。

圖 4 展示根據本發明之一實施例之在其中一拋光止擋層係經定位接近於特徵之高高度部之中心部之實施例中一初始特徵曲線及 CMF 之後的一特徵曲線(虛線)。

圖 5 展示根據本發明之一實施例之依據處理時間的 R_{pv} 之曲線圖，該處理時間界定相對於用於包含實施例之拋光止擋層之 CMP 的 CMF 區。

圖 6A 及圖 6B 展示根據本發明之一實施例之在其中拋光止擋層係經定位接近於等特徵之頂部之一邊緣部之實施例中一初始特徵曲線(實線)及各種時間之 CMF 之後的一特徵曲線(虛線)。如圖所示，此實施例建立不對稱特徵。

圖 7A 至圖 7E 展示根據所揭示實施例之例示性特徵形狀，該等例示性特徵形狀具有針對由 CMF 形成之若干例示性結構之遠程準週期性形態參數(LRQP)界定的分量，而圖

7F展示來自由CMF形成之例示性結構的短程形態(SRM)之分量。

圖8A至圖8C展示根據所揭示實施例之依據準週期性特性(例如， h 值、 λ 值或 h/λ 值)所繪製之傾斜表面特徵的例示性分佈頻率(數目)。

圖9A至圖9F展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的傾斜表面特徵。

圖10A至圖10B展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的傾斜表面特徵。

圖11展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的傾斜表面特徵。

圖12A至圖12B展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的傾斜表面特徵。

圖13展示根據所揭示實施例之包括工程化界面之結構的橫截面描繪，該等界面包含適用於固態光源的傾斜表面特徵。

圖14為根據所揭示實施例之展示用於工程化基板上之LED製造的若干製程選項之流程圖。

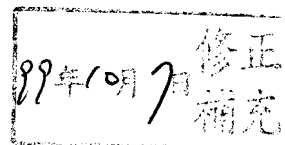
【主要元件符號說明】

205 基板

210	物 品
215	凹 部 表 面 特 徵
217	高 高 度 部
218	低 高 度 部
230	物 品
235	微 透 鏡
237	低 高 度 部
238	高 高 度 部
405	特 徵
410	拋 光 止 擋 層
900	結 構
901	基 板
902	圖 案 化 表 面
905	緩 衝 層 或 作 用 層
906	材 料 匹 配 層
907	凝 核 止 擋 層
909	導 電 層
910	結 構
920	結 構
922	圖 案 化 基 板 表 面
930	結 構
932	圖 案 化 基 板 表 面
940	結 構
943	圖 案 化 基 板 表 面

945	圖案化基板表面
950	結構
1000	結構
1002	圖案化表面
1020	結構
1022	圖案化表面
1100	結構
1102	圖案化表面
1200	結構
1202	第一圖案化表面
1212	第二圖案化表面
1220	結構
1222	第一圖案化表面
1232	第二圖案化表面
1300	頂部發射LED
1304	摻雜區
1306	相反摻雜區
1310	接觸點
1311	作用接面區

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：99118777

※申請日：99.6.9

※IPC 分類：H01L 33/22 (2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

高光獲取效率固態光源

HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY SOLID STATE LIGHT
SOURCES

二、中文發明摘要：

一種固態光源包括具有一頂表面及一底表面之一基板，及該基板之該頂表面上的至少一光學作用層。該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發射表面中之至少一者包括一圖案化表面，該圖案化表面包括複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)之一高高度部及一低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)。該複數個傾斜表面特徵提供具有自3度至85度之一表面傾斜角的至少一表面部分。該圖案化表面具有<10奈米均方根(rms)之一表面粗糙度，且 $h/r \geq 0.05$ 。

三、英文發明摘要：

A solid state light source includes a substrate having a top surface and a bottom surface, and at least one optically active layer on the top surface of the substrate. At least one of the top surface, the bottom surface, the optically active layer or an emission surface on the optically active layer includes a patterned surface that includes a plurality of tilted surface features that have a high elevation portion and a low elevation portion that define a height (h), and wherein the plurality of tilted surface features define a minimum lateral dimension (r). The plurality of tilted surface features provide at least one surface portion that has a surface tilt angle from 3 to 85 degrees. The patterned surface has a surface roughness $< 10 \text{ nm rms}$, and $h/r \geq 0.05$.

七、申請專利範圍：

1. 一種用於形成一固態光源之方法，其包含：

提供具有一頂表面及一底表面之一基板；

在該基板之該頂表面上形成至少一光學作用層，及

向該形成該光學作用層之前的該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發射表面中之至少一者應用化學機械製造(CMF)處理以形成一圖案化表面，該圖案化表面包含複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)之一CMF後高高度部及一CMF後低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)；

其中該複數個傾斜表面特徵包含具有自3度至85度之一表面傾斜角的至少一表面部分，

其中該圖案化表面具有 <10 奈米均方根之一表面粗糙度，且

其中該 $h/r \geq 0.05$ 。

2. 如請求項1之方法，其中該CMF處理應用至該基板之該頂表面以在該形成該光學作用層之前形成該圖案化表面，且該光學作用層形成於該圖案化表面上。
3. 如請求項2之方法，其中該光學作用層形成於該圖案化表面上或一導電層上，該導電層具有一小於 $1 \text{ } \Omega/\text{cm}$ 之 25°C 塊體電阻率。
4. 如請求項2之方法，其進一步包含在形成該光學作用層之前在該圖案化表面上形成一折射率匹配層，該折射率

匹配層具有該光學作用層之一折射率之 ± 0.7 之一折射率。

5. 如請求項4之方法，其進一步包含該折射率匹配層上之一導電層。
6. 如請求項4之方法，其進一步包含將該折射率匹配層平坦化以使在該複數個特徵之間的該基板之部分暴露，其中該在該圖案化表面上形成該光學作用層包含自該基板之該等暴露部分磊晶生長該光學作用層。
7. 如請求項5之方法，其中該平坦化包含化學機械拋光(CMP)。
8. 如請求項1之方法，其中該CMF處理應用至該基板之該底表面以形成該圖案化表面，且其中該固態光源為底部發射固態光源。
9. 如請求項1之方法，其中該CMF處理應用至該光學作用層或該光學作用層上之該發射表面以形成該圖案化表面，且其中該固態光源為頂部發射固態光源。
10. 如請求項1之方法，其中該CMF處理應用至該基板之該頂表面及該底表面兩者以形成該基板之該頂表面上之該等圖案化表面中的一第一者及該基板之該底表面上之該等圖案化表面中的一第二者，且其中該第一圖案化表面與該光學作用層形成一界面。
11. 如請求項1之方法，其中該表面粗糙度小於3奈米均方根。
12. 如請求項1之方法，其中若藉由該CMF處理以形成該圖

案化表面之一表面之一初始表面粗糙度 ≤ 10 埃，則該初始表面粗糙度 <3 埃，且若藉由該CMF處理以形成該圖案化表面之該表面之一初始粗糙度大於10埃，則該表面粗糙度 $\leq$ 該初始表面粗糙度。

13. 如請求項1之方法，其中該圖案化表面提供一小於0.5之LRQP分佈比率。

14. 如請求項1之方法，其中該一光學作用層包含至少一量子井、量子點、一pn接面、一雷射媒體、磷光體、電致發光材料或一陰極發光材料。

15. 一種固態光源，其包含：

具有一頂表面及一底表面之一基板，及

該基板之該頂表面上之至少一光學作用層，

其中該頂表面、該底表面、該光學作用層或該光學作用層上之一發射表面中的至少一者包括一圖案化表面，該圖案化基板表面包含複數個傾斜表面特徵，該複數個傾斜表面特徵具有界定一高度(h)的一高高度部及一低高度部，且其中該複數個傾斜表面特徵界定一最小橫向尺寸(r)；

其中該複數個傾斜表面特徵包含具有自3度至85度之一表面傾斜角的至少一表面部分，

其中該圖案化表面具有 <10 奈米均方根之一表面粗糙度，且

其中該 $h/r \geq 0.05$ 。

16. 如請求項15之固態光源，其中該基板之該頂表面提供該

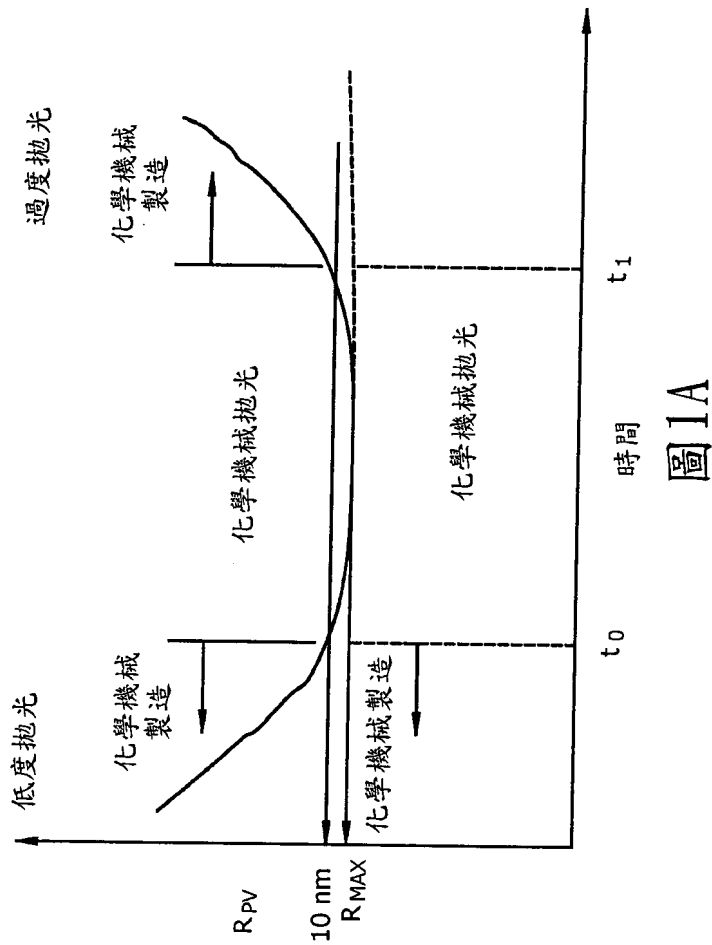
圖案化表面，且該光學作用層形成於該圖案化表面上。

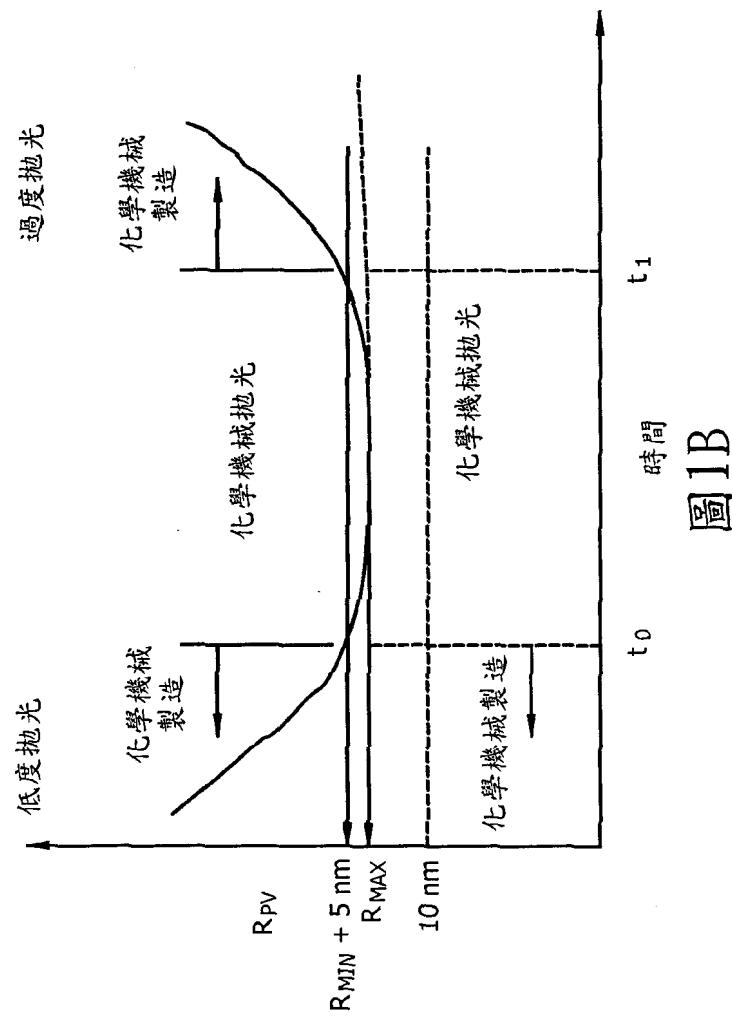
17. 如請求項16之固態光源，其中該光學作用層直接安置於該圖案化表面上。
18. 如請求項15之固態光源，其進一步包含在該圖案化表面與該光學作用層之間形成一折射率匹配層，該折射率匹配層具有該光學作用層之一折射率之 ± 0.7 的一折射率。
19. 如請求項18之固態光源，其中該折射率匹配層為提供在該複數個特徵之間的該基板之暴露部分之一圖案化層，且其中該光學作用層為自該基板之該等暴露部分磊晶生長該光學作用層所得之一磊晶層。
20. 如請求項15之固態光源，其中該基板之該底表面提供該圖案化表面，且其中該固態光源為底部發射固態光源。
21. 如請求項15之固態光源，其中該光學作用層或該光學作用層上之該發射表面提供該圖案化表面，且其中該固態光源為頂部發射固態光源。
22. 如請求項15之固態光源，其中該頂表面提供該圖案化表面中的一第一者且該底表面提供該圖案化表面中的一第二者，且其中該第一圖案化表面與該光學作用層形成一界面。
23. 如請求項15之固態光源，其中該表面粗糙度小於3奈米均方根。
24. 如請求項15之固態光源，其中該圖案化表面提供一小於0.5之LRQP分佈比率。
25. 如請求項15之固態光源，其中該基板之該底表面或其中

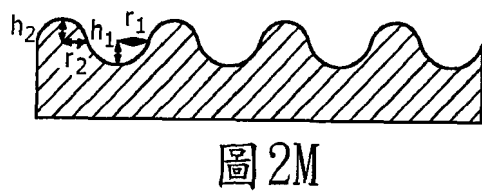
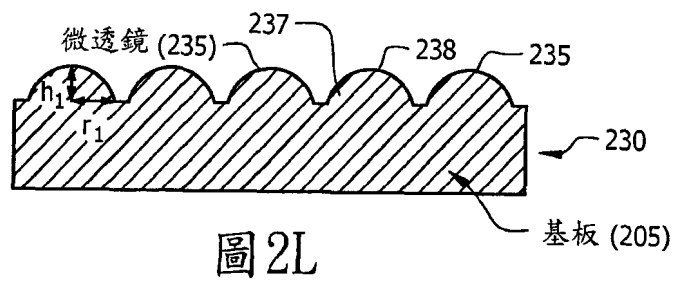
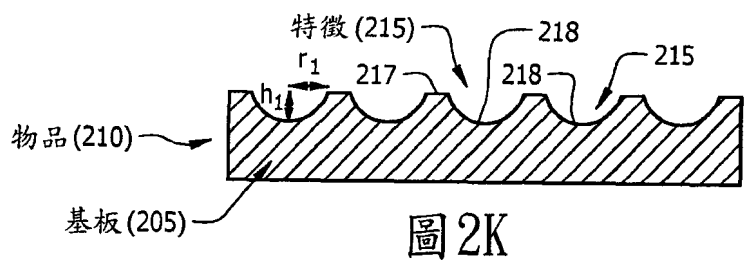
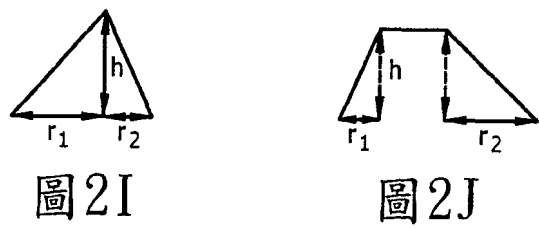
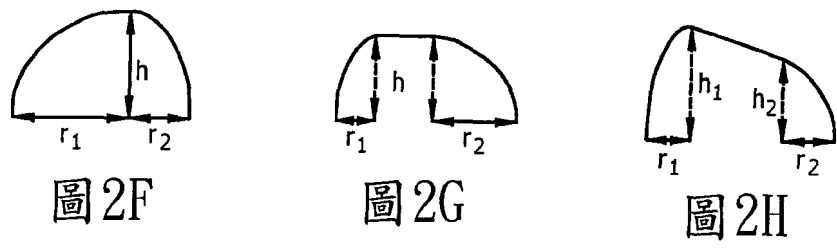
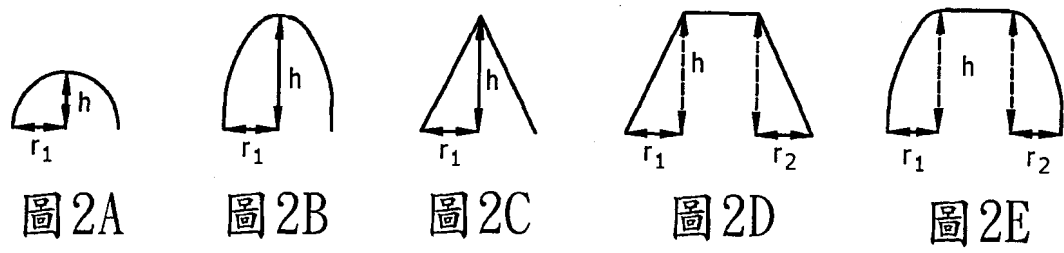
該基板之該頂表面提供該圖案化表面，且其中該複數個圖案化表面之一頂部10奈米處之一組合物與該基板之一塊體中的一組合物匹配。

26. 如請求項15之固態光源，其中該固態光源包含一發光二極體(LED)、一有機LED、垂直腔表面發射雷射(VCSEL)、一基於量子點之器件、一磷光體，或一電致發光器件。

八、圖式：







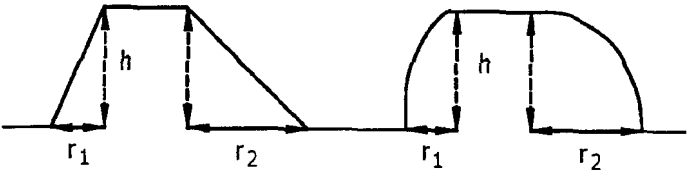


圖 2N

圖 2O

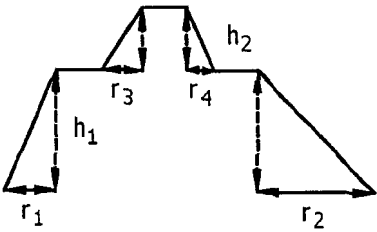


圖 2P



圖 3A



圖 3B



圖 3C

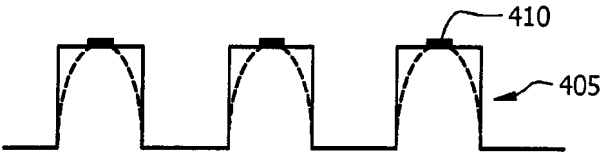


圖4

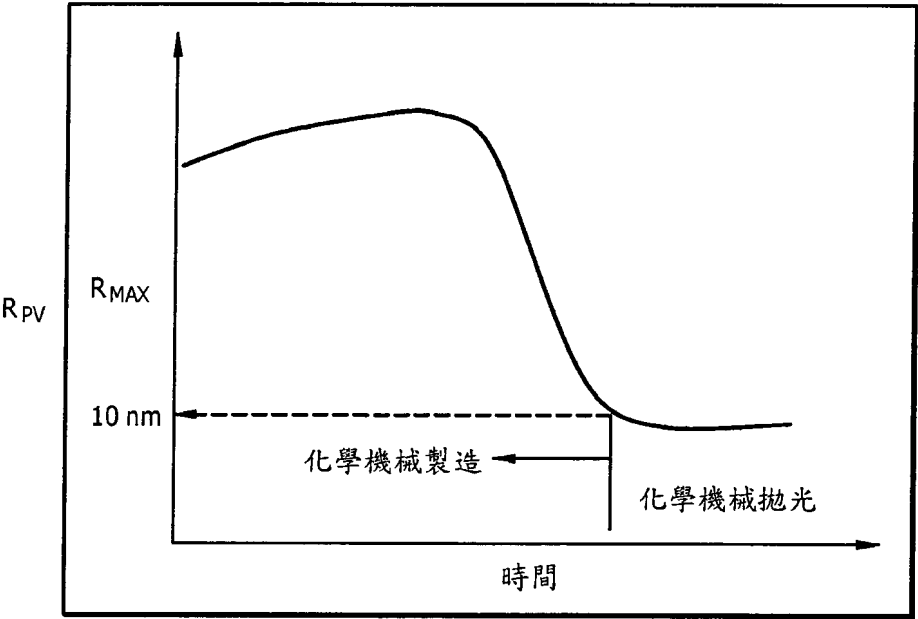


圖5

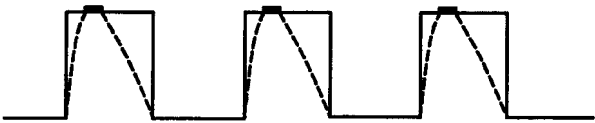


圖6A



圖6B

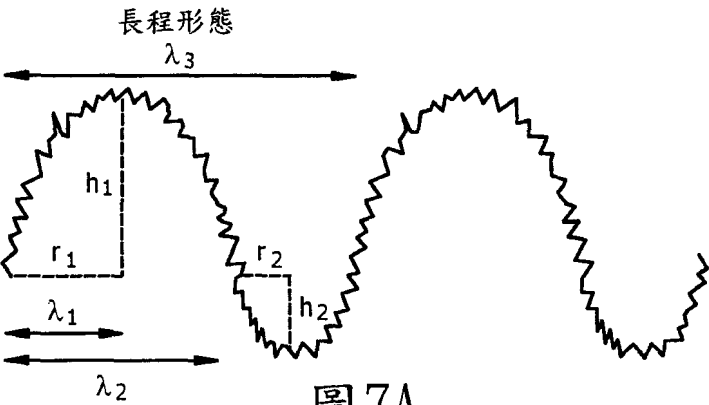


圖 7A

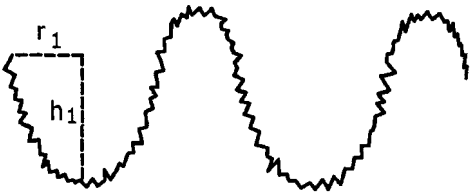


圖 7B

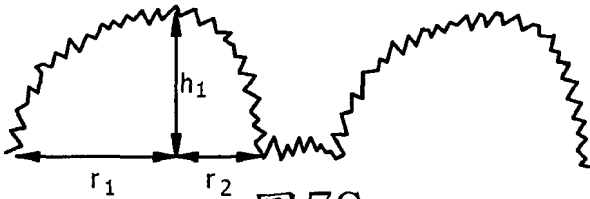


圖 7C

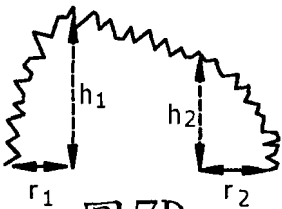


圖 7D

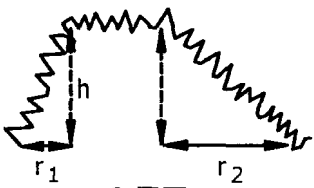


圖 7E

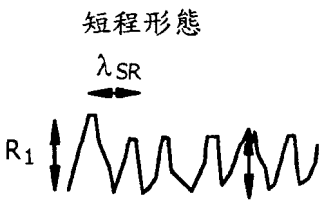


圖 7F

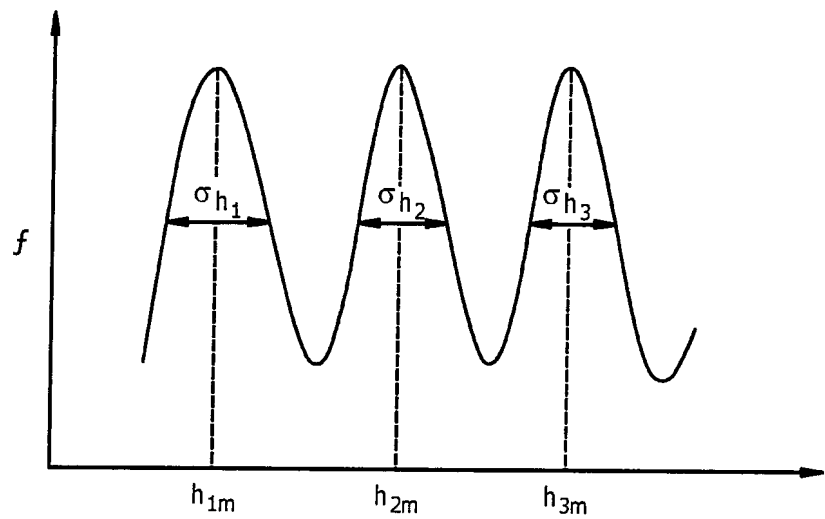


圖 8A

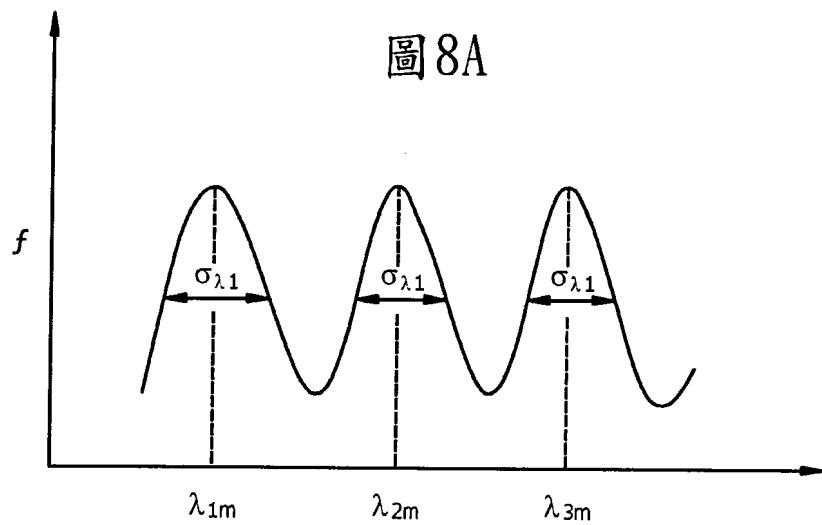
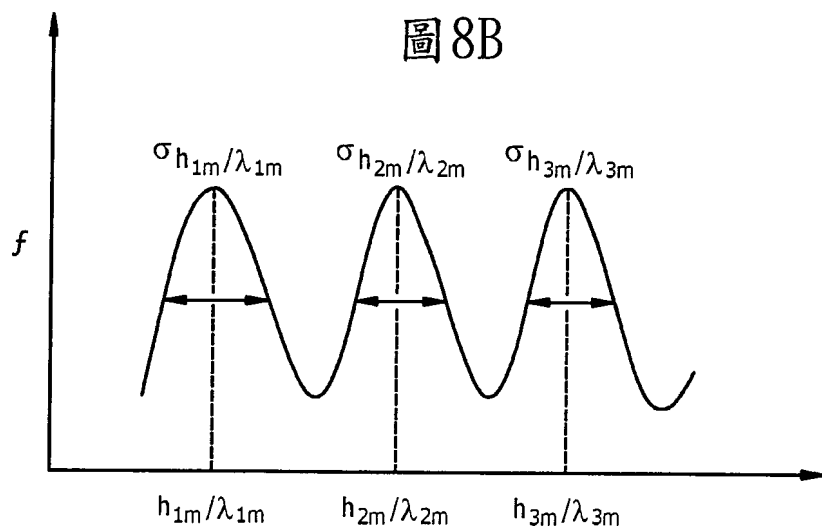
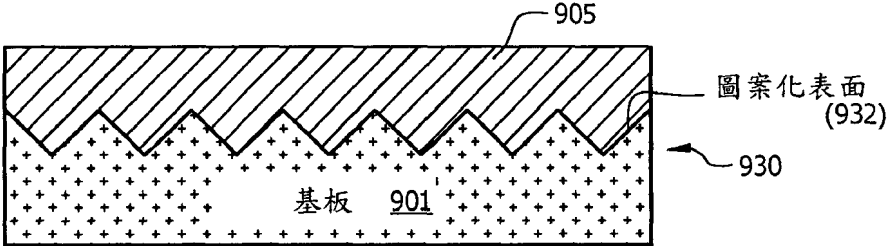
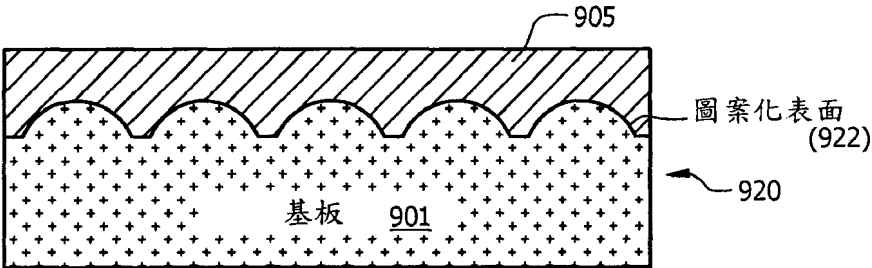
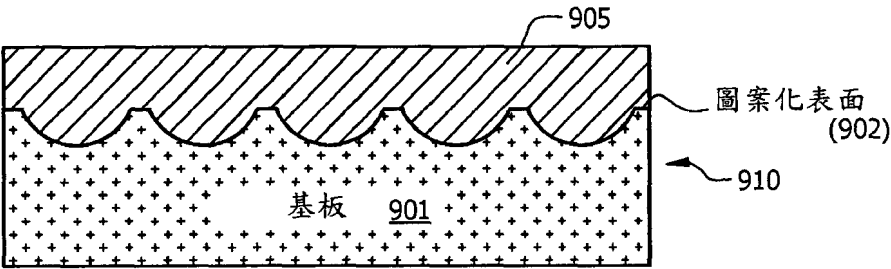
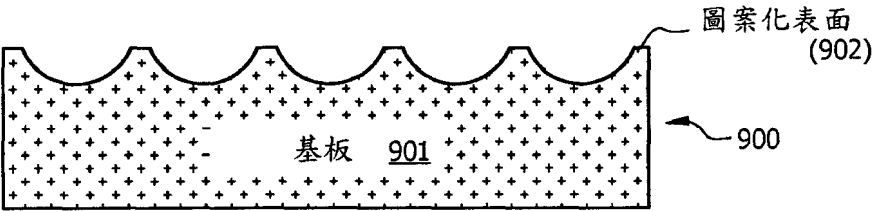


圖 8B



$(h/\lambda)_m$ 比率

圖 8C



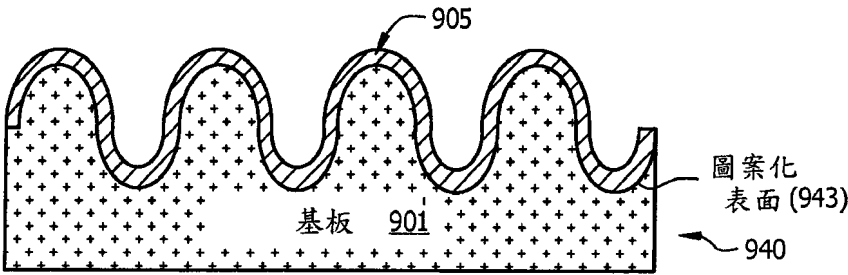


圖 9E

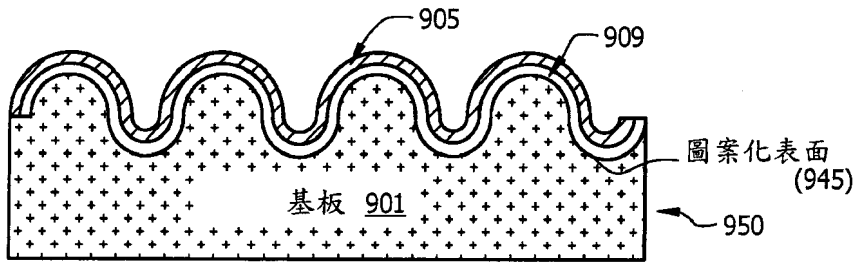


圖 9F

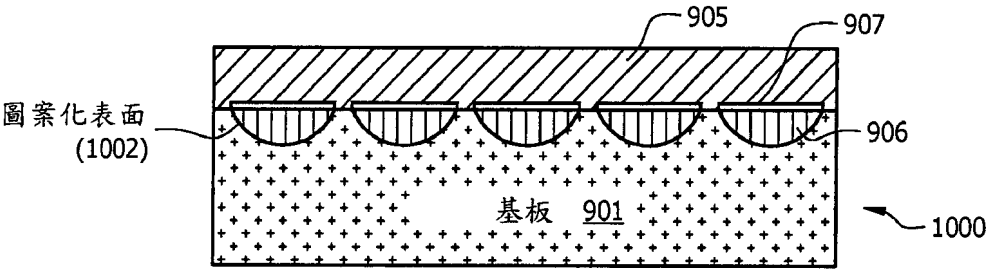


圖 10A

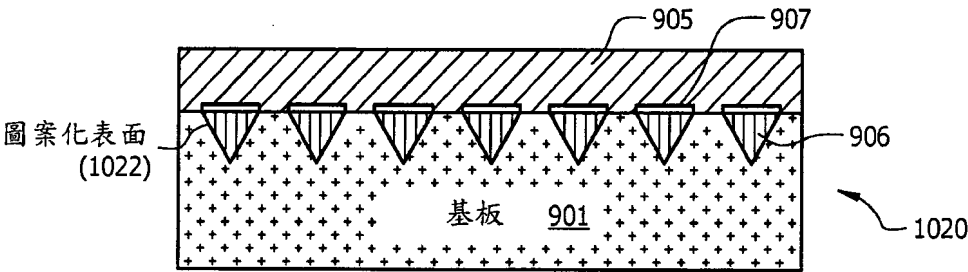


圖 10B

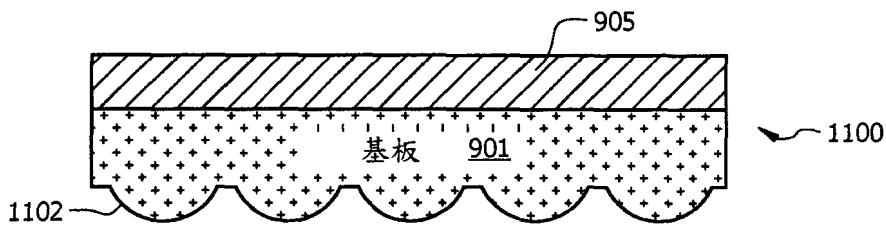


圖 11

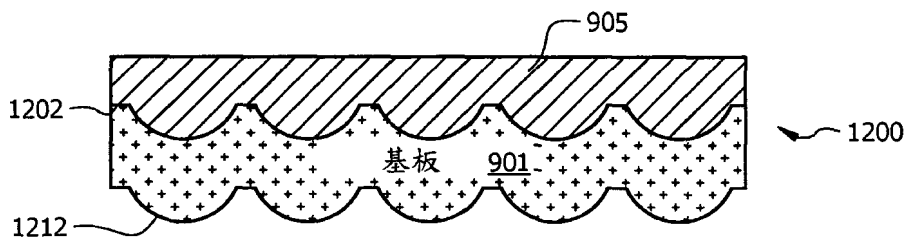


圖 12A

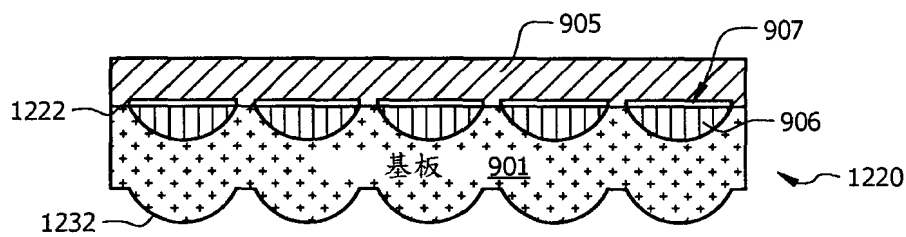


圖 12B

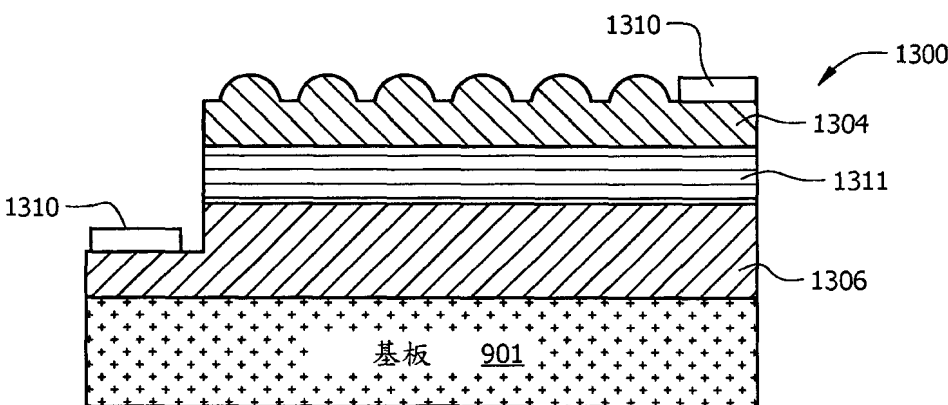


圖 13

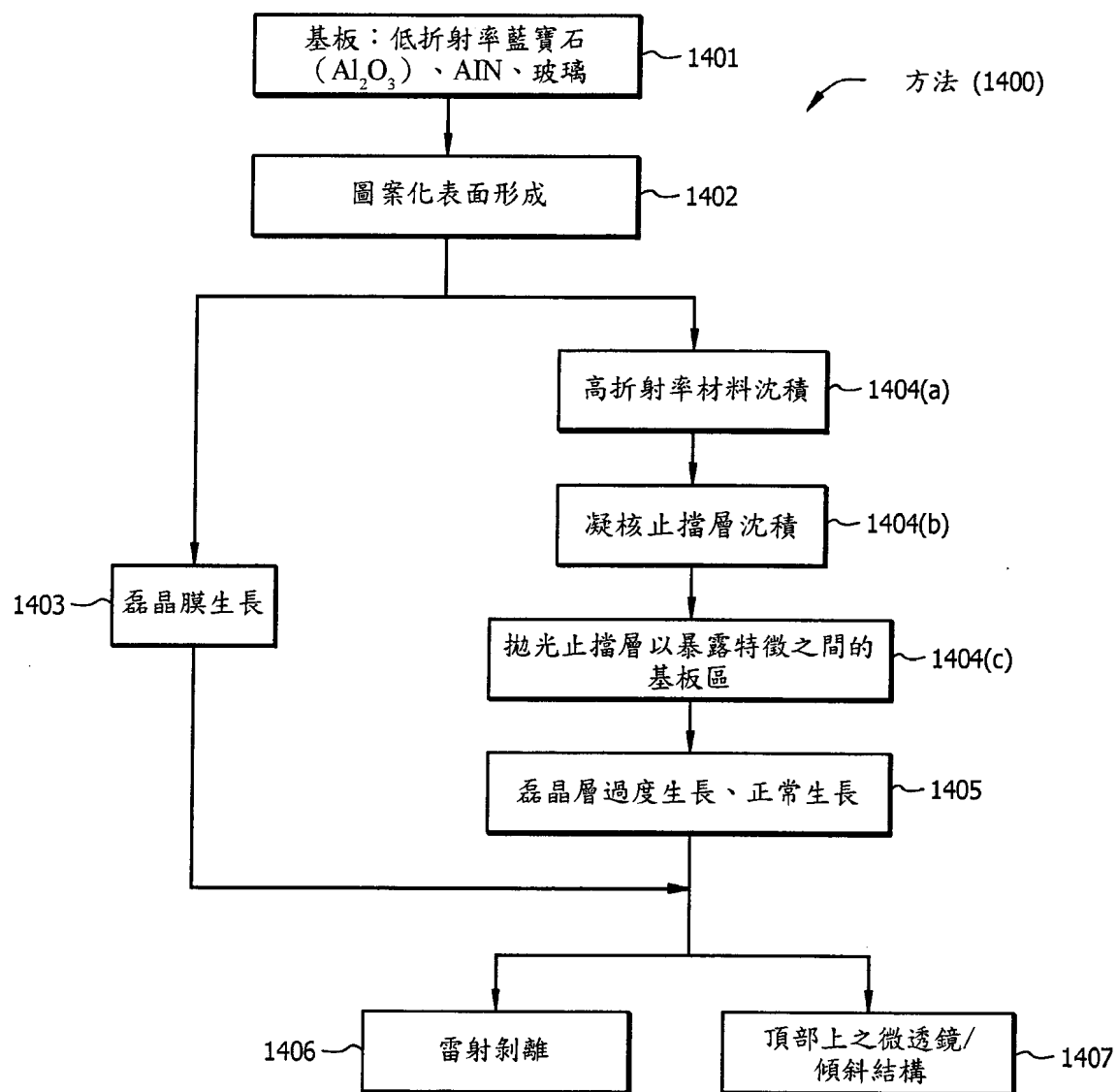


圖14

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (13) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

901	基板
1300	頂部發射LED
1304	摻雜區
1306	相反摻雜區
1310	接觸點
1311	作用接面區

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)