



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202236591 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：110144675

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 30 日

(51)Int. Cl.：

*H01L25/075 (2006.01)**H01L27/15 (2006.01)**H01L33/58 (2010.01)**H01L33/60 (2010.01)*

(30)優先權：2020/12/01

英國

2018920.5

(71)申請人：英商普利希半導體有限公司 (英國) PLESSEY SEMICONDUCTORS LTD (GB)
英國(72)發明人：邁茲沃瑞 薩米爾 MEZOUARI, SAMIR (GB)；布雷克斯皮爾 羅伯特萊斯利
BREAKSPEAR, ROBERT LESLIE (GB)；埃夫斯塔夫 科林 EVESTAFF, COLIN
(GB)

(74)代理人：林佑俞

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：22 共 42 頁

(54)名稱

微型發光二極體的光束準直

(57)摘要

一種發光二極體陣列的製造方法，所述發光二極體陣列包括具有多個發光二極體的第一層，並且這些發光二極體被佈置以從第一層的發光表面發光。所述方法包括：在第一層的發光表面上沈積介電材料層；形成延伸穿過介電材料層的多個孔，各個孔具有至少部分反光的內表面，其中所述多個孔中的至少一個孔以第一層的所述多個發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使發光二極體的發光在穿過所述至少一個孔時被準直。

A method of manufacturing a light emitting diode array comprising a first layer having a plurality of light emitting diodes arranged to emit light from a light emitting surface of the first layer, the method comprising: depositing a layer of dielectric material over the light emitting surface of the first layer; forming a plurality of apertures extending through the layer of dielectric material, each aperture having an internal surface that is at least partially reflective, wherein at least one aperture of the plurality of apertures is centered on and aligned with a light emitting diode of the plurality of light emitting diodes of the first layer, such that light emitted from light emitting diode is collimated as it passes through the at least one aperture.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10:LED 晶圓

11、12、13:LED

20:介電層

25:孔

30:硬掩模材料

40:反光材料

100:單片 LED 陣列

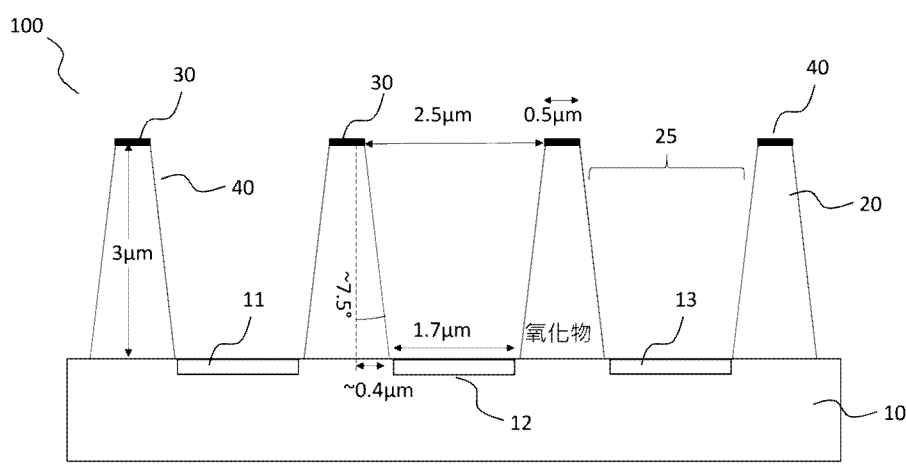


圖1

【發明摘要】

【中文發明名稱】

微型發光二極體的光束準直

【英文發明名稱】

MICRO LED BEAM COLLIMATION

【中文】

一種發光二極體陣列的製造方法，所述發光二極體陣列包括具有多個發光二極體的第一層，並且這些發光二極體被佈置以從第一層的發光表面發光。所述方法包括：在第一層的發光表面上沈積介電材料層；形成延伸穿過介電材料層的多個孔，各個孔具有至少部分反光的內表面，其中所述多個孔中的至少一個孔以第一層的所述多個發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使發光二極體的發光在穿過所述至少一個孔時被準直。

【英文】

A method of manufacturing a light emitting diode array comprising a first layer having a plurality of light emitting diodes arranged to emit light from a light emitting surface of the first layer, the method comprising: depositing a layer of dielectric material over the light emitting surface of the first layer; forming a plurality of apertures extending through the layer of dielectric material, each

aperture having an internal surface that is at least partially reflective, wherein at least one aperture of the plurality of apertures is centered on and aligned with a light emitting diode of the plurality of light emitting diodes of the first layer, such that light emitted from light emitting diode is collimated as it passes through the at least one aperture.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

10：LED晶圓；

11、12、13：LED；

20：介電層；

25：孔；

30：硬掩模材料；

40：反光材料；

100：單片LED陣列。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

微型發光二極體的光束準直

【英文發明名稱】

MICRO LED BEAM COLLIMATION

【技術領域】

【0001】 本揭露是有關於一種發光二極體陣列、包括單片發光二極體陣列的發光二極體裝置及其製造方法。特別是，本揭露提供一種具有改良的光發射的發光二極體陣列。

【先前技術】

【0002】 微型發光二極體（Light Emitting Diode，LED）陣列可以定義為尺寸為 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 或更小的 LED 陣列。微型 LED 陣列正被開發用於許多商業和軍事應用，例如自發光微型顯示器和投影機，它們可以併入各種設備中，例如可穿戴顯示器、抬頭顯示器、攝錄機、取景器、多點激發源和微型投影儀。

【0003】 基於 III 族氮化物的微型 LED 是在主動發光區域中含有 GaN 及其 InN 和 AlN 合金的無機半導體 LED。基於 III 族氮化物的微型 LED 很普及，因為相較於傳統大面積 LED，尤其是發光層為有機化合物的有機發光二極體（Organic Light Emitting Diode，OLED），基於 III 族氮化物的微型 LED 可以在顯著更高的電流密

度下驅動並有更高光功率密度的發射。因此，更高的輝度（亮度）（定義為光源在指定方向上每單位面積的發光量，也以每平方公尺燭光（ cd/m^2 ），通常稱為尼特（nt），為單位來衡量），使微型 LED 適用於需要或受益於高亮度的應用，例如在高亮度環境中的顯示或投影。

【0004】此外，III 族氮化物微型 LED 以每瓦流明（ lm/W ）表示的高發光效率，與其他光源相比允許更低的功耗，並使微型 LED 特別適用於可攜式裝置。此外，由於 III 族氮化物的固有材料特性，微型 LED 可以在諸如高溫、低溫和潮濕等極端條件下運作，從而在可穿戴和戶外應用中提供性能和可靠性優勢。

【0005】此外，已知發光二極體裝置在廣泛的應用中提供有效的光源。LED 光產生和提取效率的提高、更小 LED（具有更小的發光表面積）的生產以及將不同波長的 LED 發射器整合到陣列中，可提供具有多種應用的高品質彩色陣列，在尤其是顯示技術。

【0006】多種顯示技術被考慮並被用於微型 LED 顯示器，以用於各種應用中，包括擴增實境、混合實境、虛擬實境和直視（direct view）顯示器，例如智慧型手錶和行動裝置。數位微鏡裝置（Digital Micro Mirror Device, DMD）和矽基液晶（Liquid Crystal on Silicon, LCoS）等技術是基於反射技術，其中外部光源用於以時序模式產生紅色、綠色和藍色光子，像素將光線從光學元件轉移（DMD）或吸收光（LCoS），以調整像素的亮度來形成影像。液晶顯示器（Liquid Crystal Displays, LCD）通常使用背光、可尋址背板上的

LCD 面板和濾色器來產生影像，其需要一個背板來打開和關閉單個像素，以及為影像的每個幀調整單個像素的亮度。有越來越多的發光顯示技術，例如有機發光二極體（Organic Light Emitting Diode，OLED）或主動式矩陣（Active Matrix）OLED（AMOLED），以及最近的微型 LED。微型 LED 為不受束縛的微型顯示應用提供更低的功耗和更高的影像對比度。特別是，相較於微型 OLED 和 AMOLED 顯示器，微型 LED 提供了更高的效率和更好的可靠性。

【0007】標準微型 LED 以接近朗伯發射的角度分佈（半高全寬為 120 度）發射光。當將微型 LED 發射顯示器耦合到投影和/或中繼透鏡時，僅有在透鏡的受光角內的光會被使用。例如，典型的 F/3 鏡頭的受光角約為 ± 9.5 度。朗伯微型 LED 發出的光只有 2.7%在 ± 9.5 度範圍內，其餘 97.3%的光全部丟失。

【0008】現有的解決方案主要依賴於使用額外的光學元件來完成準直。這些光學元件通常包含在微型透鏡陣列上，其中每個微型透鏡與個別微型 LED 對齊以準直其所發射的光。微型 LED 裝置和光學元件之間的機械對準需要高精度（對於 3 微米的像素間距，精度在 0.25 微米以內）以保持以光軸為中心的準直光束分佈（垂直於微型 LED 發射面）。

【發明內容】

【0009】為了減少至少部分的上述問題，本發明的第一方面提出一種發光二極體陣列的製造方法，所述發光二極體陣列包括具有

多個發光二極體的第一層，並且這些發光二極體被佈置以從第一層的發光表面發光。所述方法包括：在第一層的發光表面上沈積介電材料層；形成延伸穿過介電材料層的多個孔，各個孔具有至少部分反光的內表面，其中所述多個孔中的至少一個孔以第一層的所述多個發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使發光二極體的發光在穿過所述至少一個孔時被準直。

【0010】 有利地，此方法非常適用於大規模地製造具有高光學效率的 LED 裝置，並且提供了一種通過準直實現窄光束發射分佈的單一微型 LED 裝置，其中準直是由晶圓上蝕刻的微小的孔實現，因此不需要額外的光學元件也能實現窄發射分佈。沒有額外的光學元件不僅減少了裝置的組件數量，而且由於不需要將所述光學元件與下方的 LED 對準的步驟而進一步簡化了製造。此外，在每個單獨的 LED 周圍提供反射孔提供了增強的光學隔離，並有助於防止相鄰晶粒之間的串擾，且在這樣的 LED 陣列耦合到光學系統時顯著減少雜散光。再者，下面列出的製程適用於小間距 LED 晶圓，提供必要的高保真度，並且可以進一步在低溫下進行，以確保 LED 不會因高溫處理而損壞或損害。

【0011】 較佳地，介電層具有在第一層的發光表面上延伸的第一表面，以及相對的第二表面，並且其中所述多個孔被形成以使各個孔在介電層的第一表面中包括第一開口，以及在介電層的第二表面中包括第二開口，其中第二開口比第一開口大以使這些孔為平截頭（frustum）形。

- 【0012】 較佳地，第一開孔對應於下方的發光二極體的範圍。
- 【0013】 較佳地，所述多個孔是截頭圓錐形（frustoconical）。
- 【0014】 較佳地，孔的內表面相對於與介電層正交的平面傾斜 7.5 度的角度。
- 【0015】 較佳地，介電層沈積至 1 到 5 微米的厚度。
- 【0016】 較佳地，所述多個孔的內表面被塗佈上反光金屬。
- 【0017】 提供這樣的內反射孔在下方的 LED 上可以縮小截止角並提高 LED 裝置與投影透鏡的耦合效率。
- 【0018】 較佳地，反光金屬是鋁，其可以輕易使用習知技術進行沈積，並且隨後進行機械或化學拋光。
- 【0019】 較佳地，反光金屬是使用高靶材利用率濺鍍（High-Target-Utilization Sputtering，HiTUS）製程來沈積。有益地，這使均勻薄膜可在低溫之下沈積於孔中。
- 【0020】 較佳地，第一層的所述多個發光二極體間隔 3 微米。
- 【0021】 較佳地，介電層是由二氧化矽或聚合物的其中之一形成。
- 【0022】 較佳地，在介電層中所述多個孔的形成是藉由在介電層的第二表面上沈積硬掩模材料以及圖案化硬掩模材料來實現，以暴露出介電層中限定所述多個孔的最大寬度的區域。所述最大寬度比下方對應的發光二極體的尺寸大。
- 【0023】 較佳地，硬掩模材料是鎢。
- 【0024】 較佳地，介電層中暴露的區域被蝕刻以產生孔，所述孔具有從介電層的第二表面中由硬掩模材料限定的開口延伸到介電層

的第一表面中的開口的傾斜內表面，其中第一表面中的開口對應於下方的發光二極體的範圍。這個製程以及在實施方式中概述的製程允許對孔的位置和輪廓進行高解析度控制，從而允許將申請專利範圍中的方法應用於小間距 LED 晶圓。

【0025】 較佳地，發光二極體陣列是單片發光二極體陣列。

【0026】 本發明的第二方面提出了一種發光二極體陣列，包括：第一層，具有經佈置以從第一層的發光表面發光的多個發光二極體；以及介電層，在第一層的發光表面上延伸，介電層包括：多個孔，延伸穿過介電層，各個孔具有至少部分反光的內表面，其中這些孔中的至少一個孔以第一層的所述多個發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使這個發光二極體的發光在穿過所述至少一個孔時被準直。

【0027】 本發明的其他方面可見於實施方式與所附申請專利範圍。

【圖式簡單說明】

【0028】

圖 1 是根據本發明一實施例所繪示的單片 LED 陣列的一部分的剖面圖。

圖 2 到圖 8 是根據本發明一實施例所繪示的 LED 陣列的單片製造流程的多個階段。

圖 9 到圖 15 是根據本發明另一實施例所繪示的 LED 陣列的製造流程的多個階段。

圖 16 是根據本發明一實施例所繪示的單片 LED 陣列的斜視圖。

圖 17 顯示透過電子顯微鏡拍攝的單片 LED 陣列的一部分的剖面圖。

圖 18 是孔高度與側壁角度的關係表。

圖 19 顯示間距為 3 微米、不同反射孔高度（H=1 微米、2 微米、3.5 微米以及 5 微米）發光分佈。

圖 20 顯示多個圖表，繪製 3 微米間距的微型 LED 裝置中，反射孔高度與半高全寬（full-width half maximum, FWHM）角度、光學效率以及多種透鏡的耦合效率之間的關係。

圖 21 和圖 22 是根據本發明一實施例所繪示的用於形成單片 LED 陣列的典型掩模佈局。

【實施方式】

【0029】在圖 1 中顯示了單片微型 LED 陣列 100 的剖面圖。此陣列由具有 LED 11、12 和 13 的 LED 晶圓 10 形成，LED 11、12 和 13 被佈置為從 LED 晶圓 10 的最頂部表面（稱為 LED 晶圓 10 的發光表面）發射光。各個 LED 11、12、13 具有關聯的發光表面。雖然沒有顯示出電性連接，但應理解每個 LED 是可單獨尋址，從而控制來自與 LED 11、12、13 關聯的發光表面定義的像素的光。LED 晶片 10 是通過已知技術來提供。在一個實施例中，LED 11、12 和 13 由通過金屬有機化學氣相沈積（metalorganic chemical

vapour deposition, MOCVD) 生長的 GaN 基磊晶多量子阱 (multiple quantum well, MQW) 結構提供, 具有 n 型區域和 p 型區域夾著包含一個或多個量子阱的主動或發光區域。這樣的裝置以習知方式運作, 並且所屬領域具備通常知識者應理解到, 只要它們以下述方式運作, 可加入一個或多個附加層的替代結構, 或實際上是任何其他合適的裝置。有利地, 具有均勻結構和高內部量子效率的單片 LED 陣列與精良地形成的準直結構相結合, 提供了與已知技術相比是改良的光輸出分佈、具有精確控制的發射角、更少的組件和更少的製程步驟。

【0030】 雖然 LED 晶圓 10 是單片微型 LED 陣列, 但其他例子中, LED 晶圓 10 以任何適當的方式形成以提供具有多個發光二極體的層, 這些發光二極體佈置成從多個發光表面發射光。例如, LED 晶圓 10 是由通過拾放 (pick and place) 技術形成的一層發光二極體提供。

【0031】 LED 11、12、13 經配置以發射具有不同主峰值波長的光。在一個例子中, 一個 LED 11 發射具有對應於紅光 (大約 620 奈米) 的主峰值波長的光, 一個 LED 12 發射具有對應於綠光 (大約 520 奈米) 的主峰值波長的光, 並且一個 LED 13 發射具有對應於藍光 (約 450 奈米) 的主峰值波長的光。在其他例子中, LED 11、12、13 經配置以發射具有相同主峰值波長的光和/或包括顏色轉換區域以提供具有所需波長的光。儘管圖 1 中顯示了三個 LED 11、12、13, 但在其他例子中, 任何適當數量和配置的 LED 都可用於

提供本文所述的準直發光的功能。

【0032】 佈置在 LED 晶圓 10 頂部並分佈在所述發光表面上的是具有孔/通孔/空腔 25 的介電層 20，其中每個孔與下方 LED 晶圓 10 的 LED 居中對齊。孔 25 具有傾斜側壁使得每個孔的寬度隨著與下方 LED 的距離而增加。在較佳實施例中，孔 25 具有截頭圓錐形輪廓，高度（或深度）為 3 微米，並且在與 LED 晶圓 10 的界面處具有 1.7 微米的開口，延伸至相對表面處則為 2.5 微米，側壁在 0.4 微米的寬度上傾斜 7.5°的角度。在替代實施例中，孔 25 具有拋物線輪廓，其用於進一步準直從 LED 發射的光。然而所屬領域具備通常知識者應理解孔 25 確切的三維形狀可以隨著下方的 LED 的形狀和以及從其發射的光的角分佈而變化。在一個實施例中，介電層 20 由二氧化矽形成。

【0033】 介電層的最上表面（即，相對於介電層 20 的與 LED 晶圓 10 的發光表面接觸的表面）被塗佈硬掩模層 30。雖然圖中顯示介電層 20 的表面與 LED 晶圓 10 接觸，在其他的例子中，這個結構在 LED 晶圓 10 和介電層 20 之間包括一個或多個中間層。在一個實施例中，硬掩模層 30 由鎢形成。

【0034】 反光材料 40 的外層提供於暴露的孔 25 的內表面和硬掩模層 30 上，使 LED 11、12 和 13 的發光表面暴露出來。在一個實施例中，反光材料 40 是鋁。圖 16 中顯示了單片 LED 陣列的斜視圖，其中 LED 排列為紅-綠-藍（RGB）的多個行，並且提供了箭頭以說明從 LED 11、12 和 13 發出並通過孔 25 的光的方向。

【0035】 在使用中，從 LED 11、12 和 13 中的每一個發射的光會經過反光材料 40 的內反射，所述反光材料 40 塗佈於覆蓋於 LED 11、12 和 13 上的孔的內表面/側壁。這具有對從單片 LED 陣列 100 的每個單獨的 LED 發射的光進行準直的效果，使得與任何後續光學器件（例如到投影或中繼透鏡）的光學耦合以及設備整體的光學效率一起得到改善。來自陣列 100 中相鄰 LED 的串擾也被最小化。

【0036】 圖 2 至 8 繪示根據本發明一實施例的圖 1 的單片 LED 陣列 100 的製造階段。

【0037】 圖 2 顯示在 LED 晶圓 10 上沈積一層介電材料 20 的步驟。為了防止損壞晶圓上的微型 LED 裝置，低溫沈積方法是較佳的，用於沈積大約 3 微米或更厚的低應力二氧化矽層，而這個層可以隨著更小和更緊密封裝的 LED 而更薄。

【0038】 在圖 3 顯示的階段中，介電層 20 的頂表面被圖案化，準備好使用掩模進行蝕刻，此掩模包含以 LED 晶圓 10 中的 LED 11、12 和 13 為中心且大於 LED 11、12 和 13 的開口。調整掩模開口的尺寸以允許蝕刻的側壁角度可以使得蝕刻的孔 25 的底部尺寸與 LED 11、12 和 13 的發光表面的尺寸相似。在較佳實施例中，材料 30（例如鎢）的薄層是沈積在介電層 20 的頂部，作為介電質蝕刻的硬掩模。這個硬掩模 30 在蝕刻介電層之前被圖案化。這允許將相對較小的幾何形狀蝕刻到相對厚的介電層中，而不需要厚的光阻劑覆蓋層，從而提供了用於生產微型 LED 陣列的改良製程。硬掩模可以使用(i)乾式蝕刻或(ii)剝離製程來進行圖案化。

【0039】 在(i)的情況下，硬掩模材料 30 的薄層被沈積到介電層上，並且使用所屬領域具備通常知識者所習知的標準光刻（photolithography）技術在下方的 LED 11、12 和 13 的位置上圖案化窗口開口。接著，使用習知的乾式蝕刻技術蝕刻硬掩模材料 30 並且去除來自光刻的任何光阻劑（photoresist）。

【0040】 在(ii)的情況下，沈積一層光阻劑並將開口的反向圖案印到光阻劑中。接著，將硬掩模材料 30 沈積在光阻劑上，並使用標準剝離技術去除覆蓋在 LED 11、12 和 13 上的硬掩模材料，以產生圖 3 顯示的結構。

【0041】 在圖 4 顯示的階段中，通過習知製程來蝕刻介電材料，以在硬掩模材料 30 的島之間形成孔 25，一直到 LED 晶圓 10，每個孔 25 以 LED 11、12 和 13 為中心。孔側壁（孔 25 的內表面）的角度由氧化層的厚度和蝕刻化學物質兩者決定。

【0042】 在圖 5 和圖 6 中，蝕刻的晶圓被塗佈一層光阻劑 50，這個光阻劑被選擇性地顯影或進行選擇性剝離，以便從孔 25 的內表面清除光阻劑 50，使孔 25 的側壁暴露在外同時在 LED 晶圓 10 的 LED 上方的蝕刻孔 25 的底部保留一層光阻劑 50。在較佳實施例中，這是使用掩模對準（mask alignment）製程印刷的。在替代實施例中，此步驟使用阻劑回蝕（resist-etch-back）技術完成，以使用於隨後沈積反光材料 40 的掩模窗口可以與用於圖案化介電材料 20 的掩模中的窗口自對齊。

【0043】 圖 7 顯示將保形反光材料 40 的薄層沈積到結構的暴露表

面上。在一個實施例中，此材料是鋁並且被沈積到 50 奈米的厚度。沈積較佳是使用高靶材利用率濺射（HiTUS）方法實現。濺射是通過是遠程產生的高密度電漿來完成。電漿在通向主處理腔室的側室中產生，主處理腔室包含靶材和待鍍的基板。由於電漿是遠程產生的而不是來自靶材本身（如傳統的磁控濺射），因此流向靶材的離子流與施加在靶材上的電壓無關。電漿密度和沈積速率的最佳平衡被設置以向沈積過程提供低能量「電漿輔助（plasma assist）」，而無需施以基板偏壓。這有益地影響薄膜塗層特性並增強反應性沈積製程，從而導致能夠將高速沈積速率、高密度膜塗佈到溫度敏感的聚合物基板上，並允許在低溫下均勻地將薄膜沈積於孔側壁上。

【0044】 接著，如圖 8 所示，通過在標準剝離程序中溶解下方的光阻劑來從孔 25 的底部去除反光材料，使 LED 11、12 和 13 的發光表面暴露出來並且被由孔側壁提供的反光內表面圍繞。因此，從 LED 發出的任何光在離開其各自的孔 25 之前會被準直。

【0045】 在一個替代實施例中，包含孔的介電層是其中印刷有孔的可光成像聚合物層（photoimageable polymer layer）。根據本實施例的單片 LED 陣列 100 的關鍵製造步驟如圖 9 和圖 10 所示，其替代了上述圖 2 至圖 4 所示的步驟。圖 9 繪示了用聚合物層 21 塗佈 LED 晶圓 10 的步驟。聚合物層的厚度在由 LED 晶圓 10 的 LED 的寬度和間距以及所需的錐形孔 25 的側壁角的限制下被選為可能的最大值。

【0046】 圖 10 顯示在聚合物層 21 中孔 25 的形成。這些孔是通過對聚合物層進行具有所需圖案的光成像，然後進行壓印或蝕刻製程而形成的。圖中顯示的尺寸是針對 3 微米間距的 LED 晶圓 10。孔 25 也可以通過賦形（moulding）或壓印（imprinting）方法在聚合物層中產生。孔 25 的側壁隨後被塗佈反射層，如以上圖 5 至圖 8，或以下圖 11 至圖 15 所描述。

【0047】 在替代實施例中，反光材料 40 被沈積並在沈積後使用光掩模、蝕刻和剝離製程來圖案化。這個製程由圖 11 至圖 15 來說明，以取代圖 5 至圖 8 中說明的製程。

【0048】 圖 11 顯示塗有反光材料 40 的介電層 20，使得孔的側壁被保形地塗佈。

【0049】 接著，反光材料 40 塗有抗蝕刻材料 41，抗蝕刻材料 41 也施於孔側壁上方的區域，如圖 12 所示。

【0050】 圖 13 繪示在抗蝕刻材料 41 中形成的一連串孔 600。在一個實施例中，這是通過掩蔽的曝光和顯影製程來執行。在替代實施例中，這個步驟通過自對準間隔（spacer）製程來執行。

【0051】 在圖 14 顯示的階段中，反光材料 40 被蝕刻以在未被抗蝕刻材料 41 覆蓋的區域中產生孔。隨後去除抗蝕刻材料以產生圖 15 的結構。

【0052】 用於限定孔 25 和圖案化反光材料 40 的替代製程（分別以圖 9 和圖 10 以及圖 11 至圖 15 描述）並不是互斥的，因此採用其中一個、兩者或兩者都不採用都能用於提供單片陣列 100。

【0053】 圖 17 顯示使用電子顯微鏡拍攝的單片 LED 陣列 100 的剖面圖，其顯示相鄰孔的底部開口（即，在介電層 20 和 LED 晶圓 10 之間的界面）之間的距離為 1.3 微米，相鄰孔的頂部開口（介電層的相對表面）之間的距離為 0.5 微米。

【0054】 圖 18 顯示一個表格，說明傾斜的孔內壁相對於介電層的相對表面形成的平面的垂直方向的角度 θ ，與穿過介電層 20 的反射孔 25 的高度的對應。

【0055】 圖 19 顯示對於 3 微米間距的反射孔 25 的不同高度（ $A=1$ 微米、 $B=2$ 微米、 $C=3.5$ 微米和 $D=5$ 微米）的光發射分佈，其中間距是 LED 晶圓 10 的 LED 間間距。由此可以看出，截止角從沒有反射孔 25 的情況下的典型朗伯分佈的 90° ，下降到孔高度為 5 微米的情況下的 48° 。

【0056】 如圖 20A 的模擬結果所示（其假設了反光材料的鏡面拋光表面和從 LED 發出的光的朗伯分佈），發出的光的半高全寬從 120° 減少到孔高度大於 1 微米的低於 80° 。

【0057】 圖 20C 到圖 20E 顯示與 $F/3$ 、 $F/2$ 和 $F/1$ 透鏡的光學耦合隨著孔高度增加的結果，因此從孔 25 射出的準直光有更高的比例在透鏡的受光角內。

【0058】 圖 21 顯示一個掩模的例子，其可用於對介電層 20 進行圖案化，使在 3 微米厚的介電層 20 具有 3 微米間距、1.7 微米寬的 LED 陣列。窗口的確切形狀（在圖 20A 中為正方形並且在圖 20B 中為圓形）自然地取決於構成陣列的 LED。

【0059】 圖 22 顯示用於圖案化介電層 20 的第一掩模 200，與反光材料 40 的剝離製程中使用的第二掩模 300 對齊。

【0060】 因此，提供了根據本發明的單片 LED 陣列 100。

【符號說明】

【0061】

10：LED 晶圓

11、12、13：LED

20：介電層

21：聚合物層

25、600：孔

30：硬掩模材料

40：反光材料

41：抗蝕刻材料

50：光阻劑

100：陣列

200：第一掩模

300：第二掩模

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種發光二極體陣列的製造方法，所述發光二極體陣列包括具有多個發光二極體的第一層，並且該些發光二極體被佈置以從該第一層的發光表面發光，所述方法包括：

在該第一層的該發光表面上沈積介電材料層；

形成延伸穿過該介電材料層的多個孔，各該孔具有至少部分反光的內表面，

其中該些孔中的至少一個孔以該第一層的該些發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使該發光二極體的發光在穿過該至少一個孔時被準直。

【請求項2】 如請求項1所述的方法，其中該介電層具有在該第一層的該發光表面上延伸的第一表面，以及相對的第二表面，並且其中該些孔被形成以使各該孔在該介電層的該第一表面中包括第一開口，以及在該介電層的該第二表面中包括第二開口，其中該第二開口比該第一開口大以使該些孔為平截頭（frustum）形。

【請求項3】 如請求項2所述的方法，其中該第一開口對應於下方的該發光二極體的範圍。

【請求項4】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中該些孔是截頭圓錐形（frustoconical）。

【請求項5】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中該些孔被形成為使該孔的該內表面相對於與該介電層正交的平面傾斜7.5度的角度。

【請求項6】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中該介電層沈積至1到5微米的厚度。

【請求項7】 如前述請求項中任一項所述的方法，更包括將反光金屬塗佈於該些孔的該內表面的步驟。

【請求項8】 如請求項7所述的方法，其中該反光金屬是鋁。

【請求項9】 如請求項7所述的方法，其中該反光金屬是使用高靶材利用率濺鍍（High-Target-Utilization Sputtering，HiTUS）製程來沈積。

【請求項10】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中該第一層的該些發光二極體間隔3微米。

【請求項11】 如請求項10所述的方法，其中該介電層是由二氧化矽或聚合物的其中之一形成。

【請求項12】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中在該介電層中形成該些孔包括在該介電層的該第二表面上沈積硬掩模材料以及圖案化該硬掩模材料，以暴露出該介電層中限定該些孔的最大寬度的區域。

【請求項13】 如請求項12所述的方法，其中該硬掩模材料是鎢。

【請求項14】 如請求項12所述的方法，更包括蝕刻該介電層中暴露的該區域以產生孔的步驟，所述孔具有從介電層的該第二表面中由該硬掩模材料限定的開口延伸到該介電層的該第一表面中的開口的傾斜內表面，其中該第一表面中的該開口對應於下方的該發光二極體的範圍。

【請求項15】 一種發光二極體陣列，包括：

第一層，具有經佈置以從該第一層的發光表面發光的多個發光二極體；以及

介電層，在該第一層的該發光表面上延伸，該介電層包括：

多個孔，延伸穿過該介電層，各該孔具有至少部分反光的內表面，

其中該些孔中的至少一個孔以該第一層的該些發光二極體中的一個發光二極體為中心並對齊，以使該發光二極體的發光在穿過該至少一個孔時被準直。

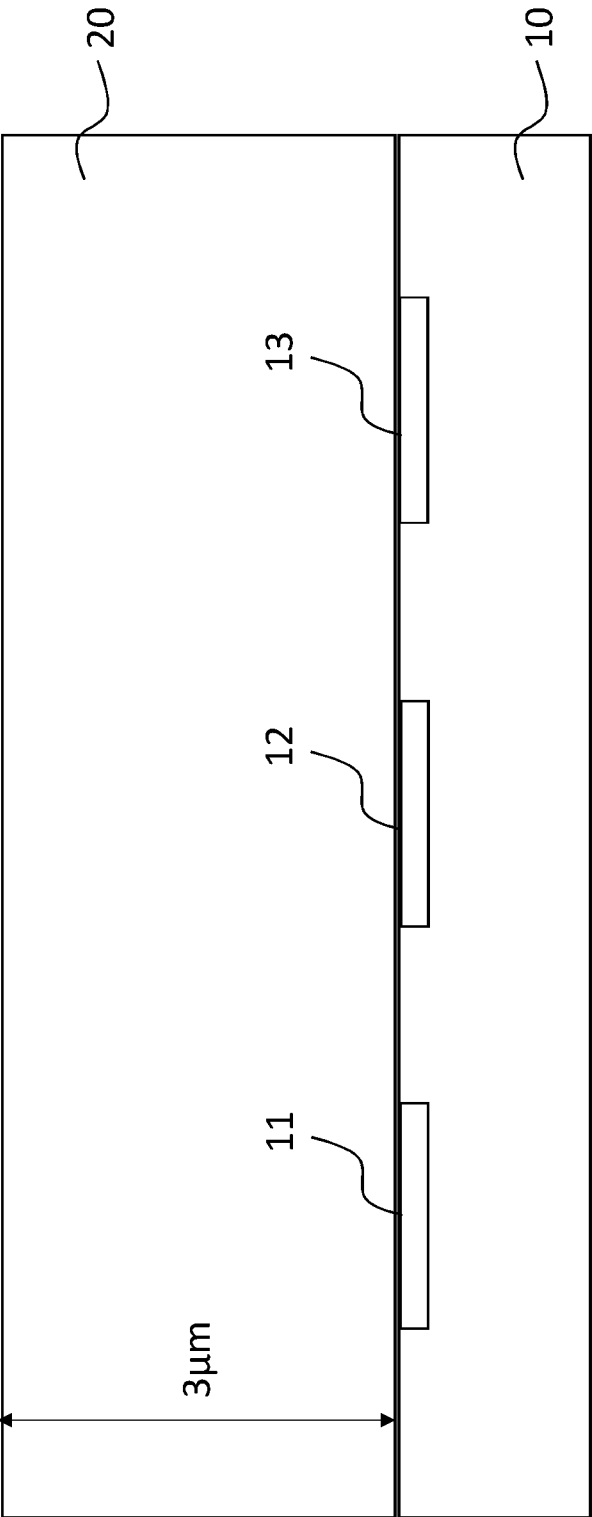


圖2

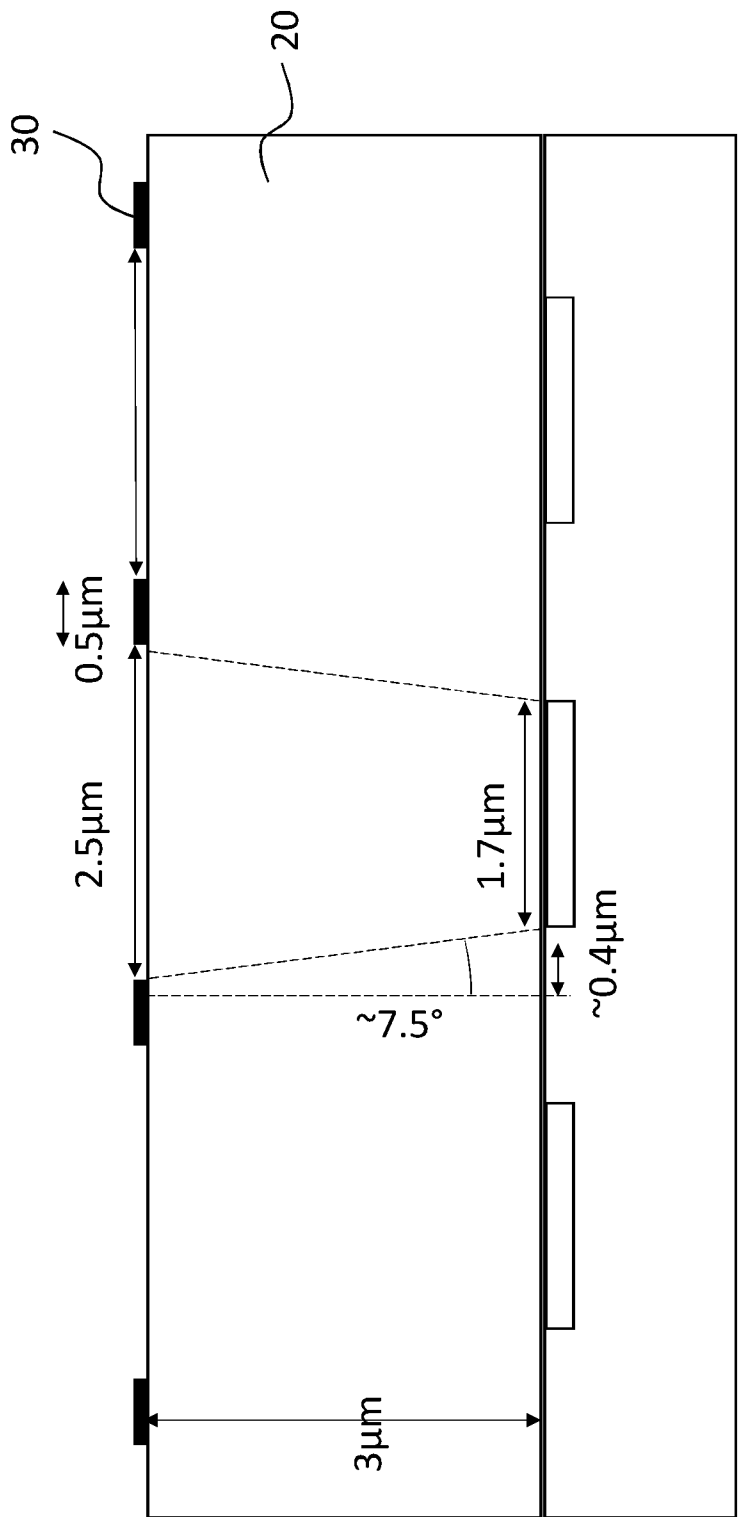


圖3

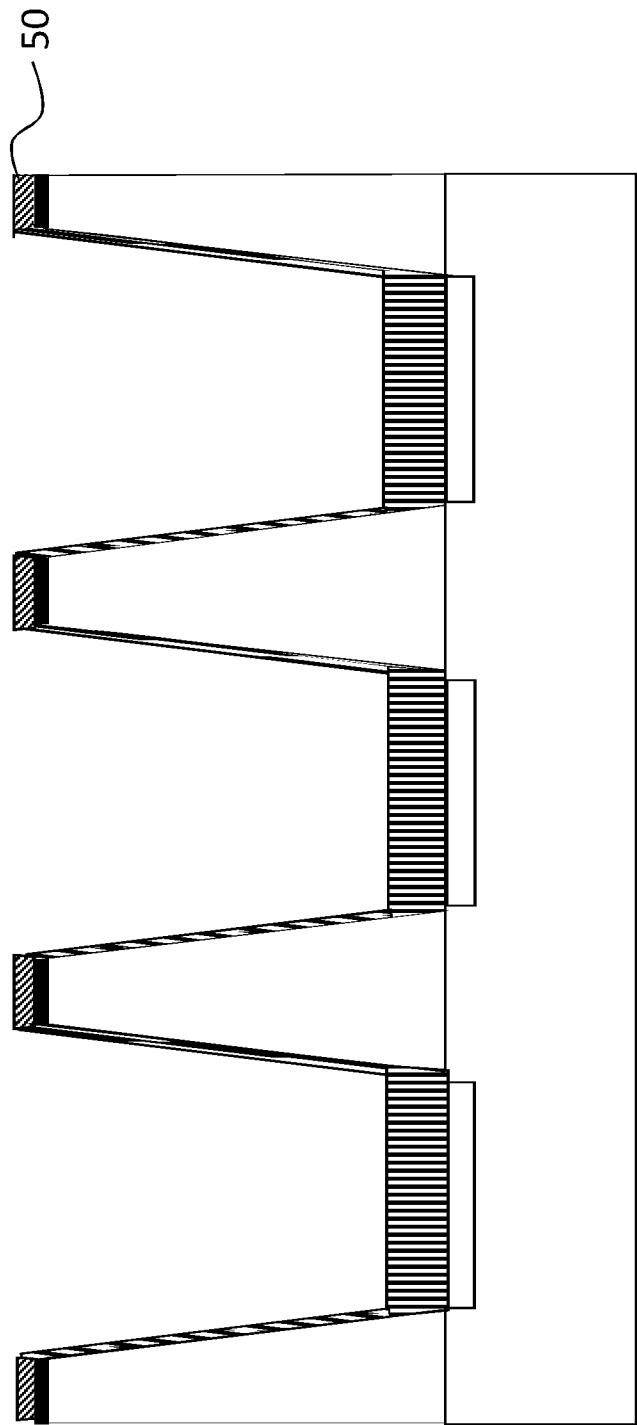


圖 5

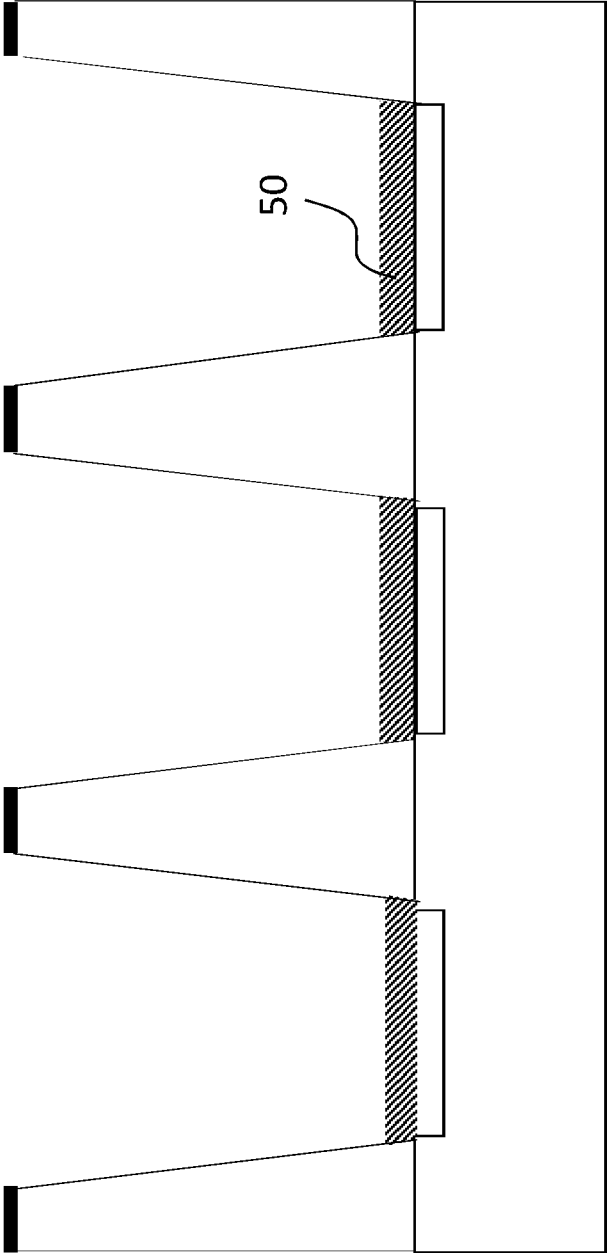
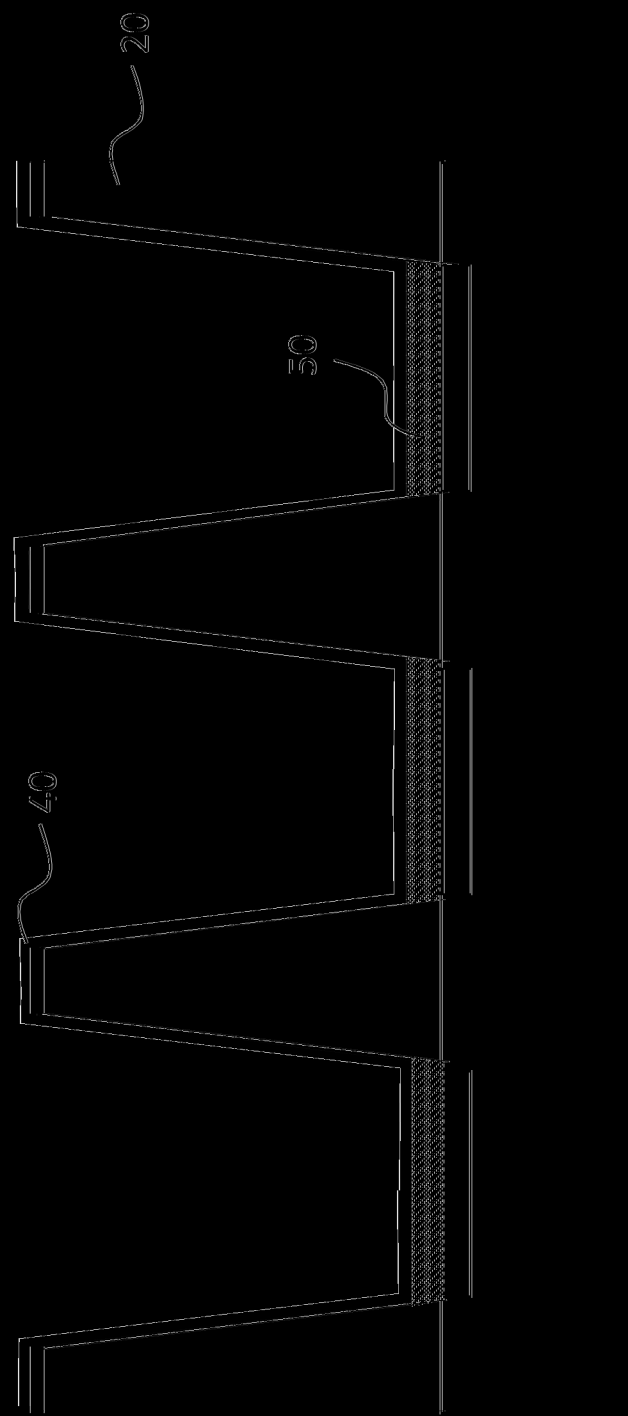


圖6



17

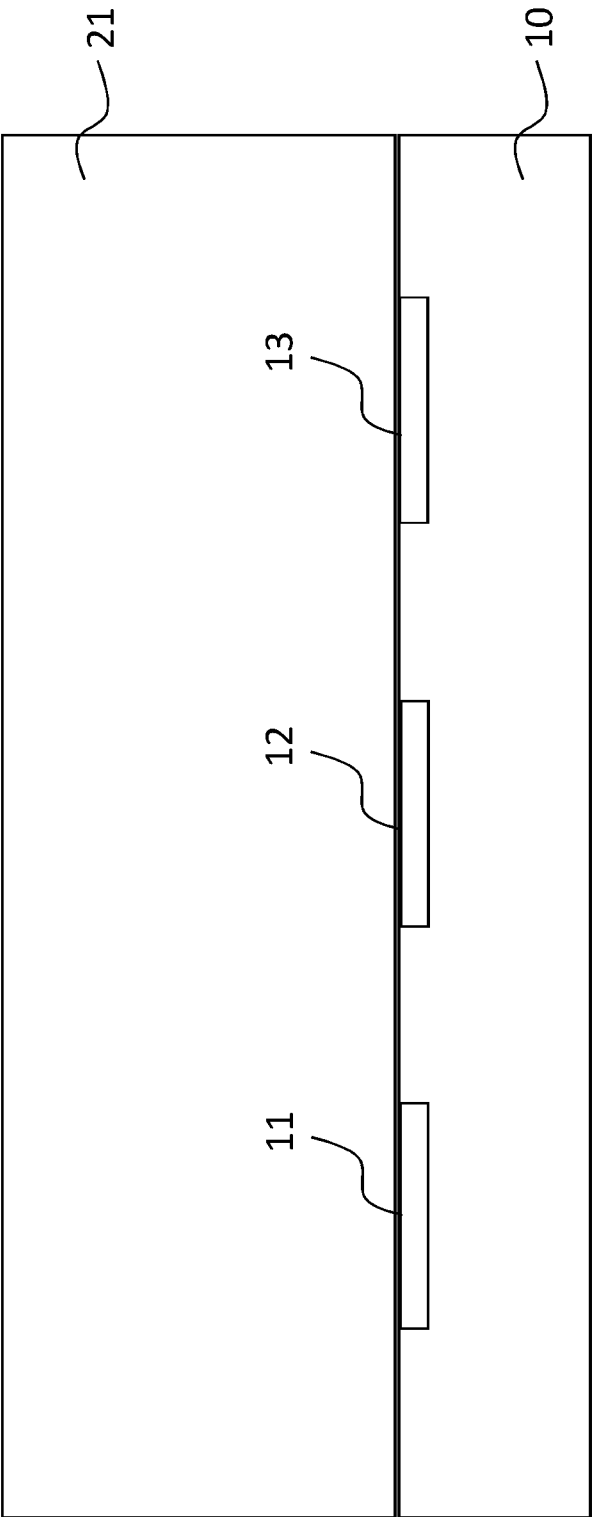


圖9

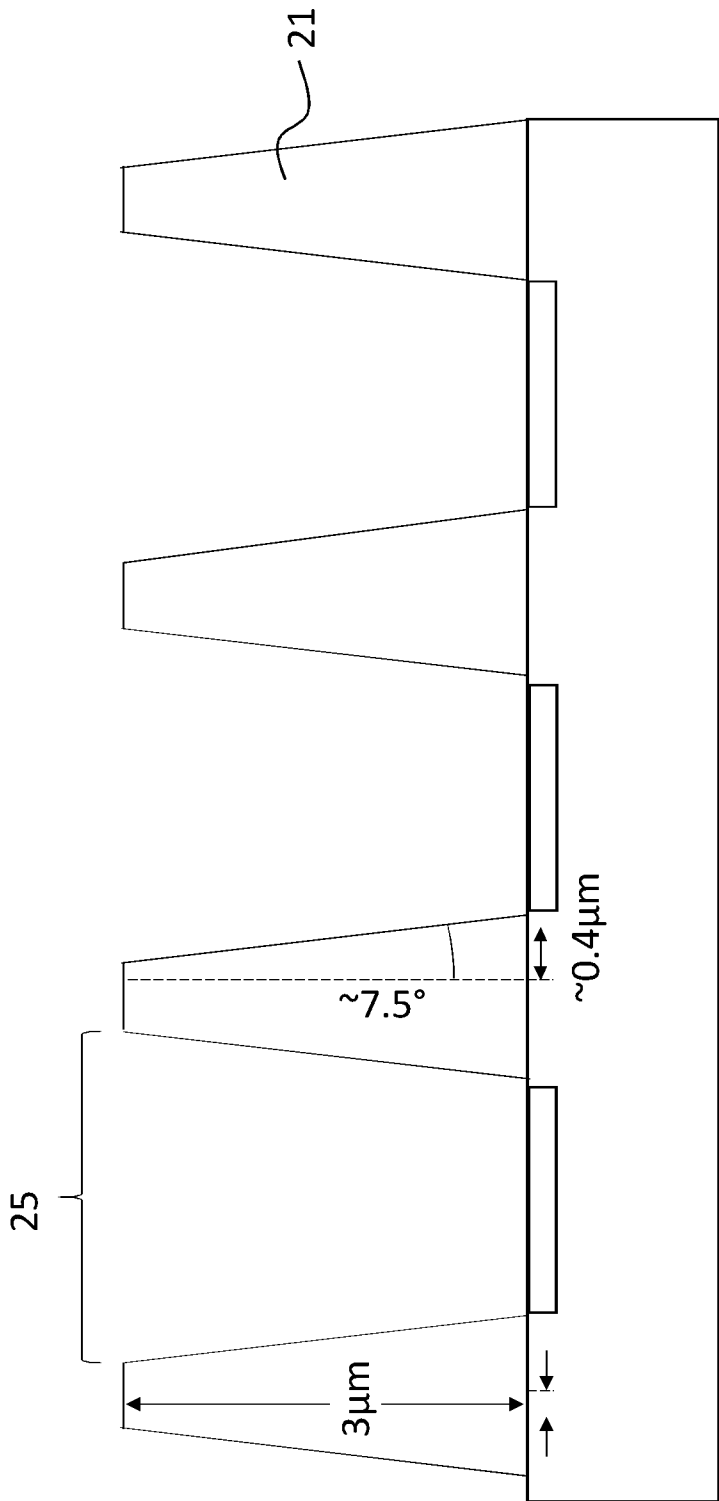
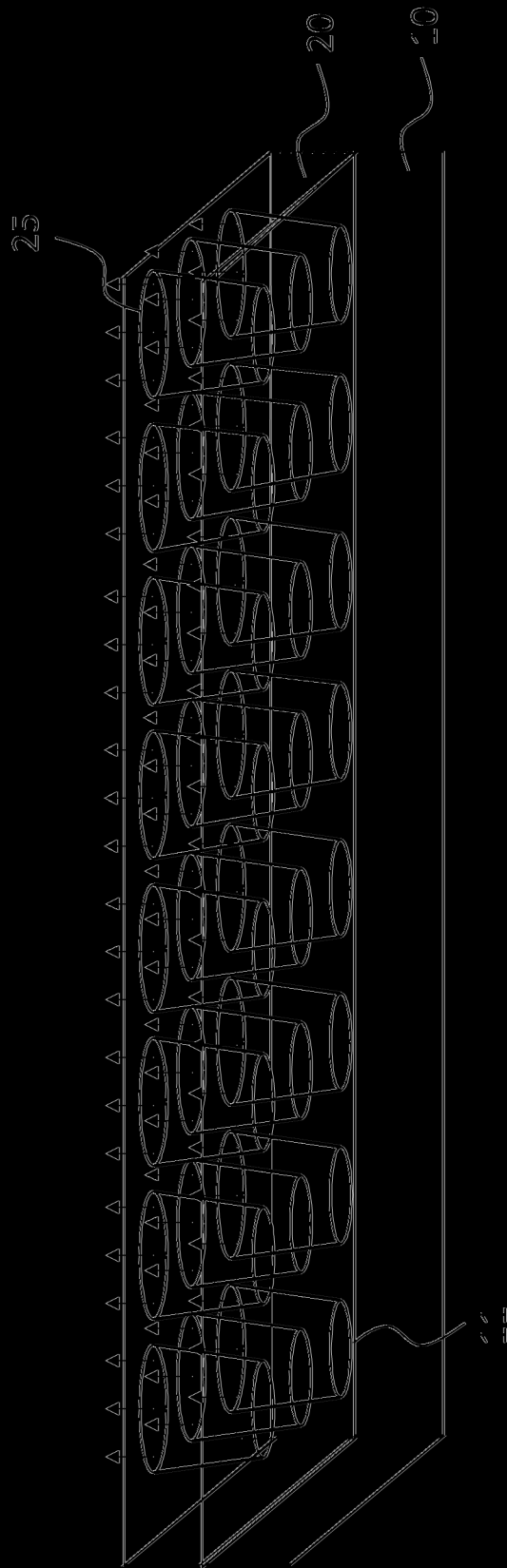
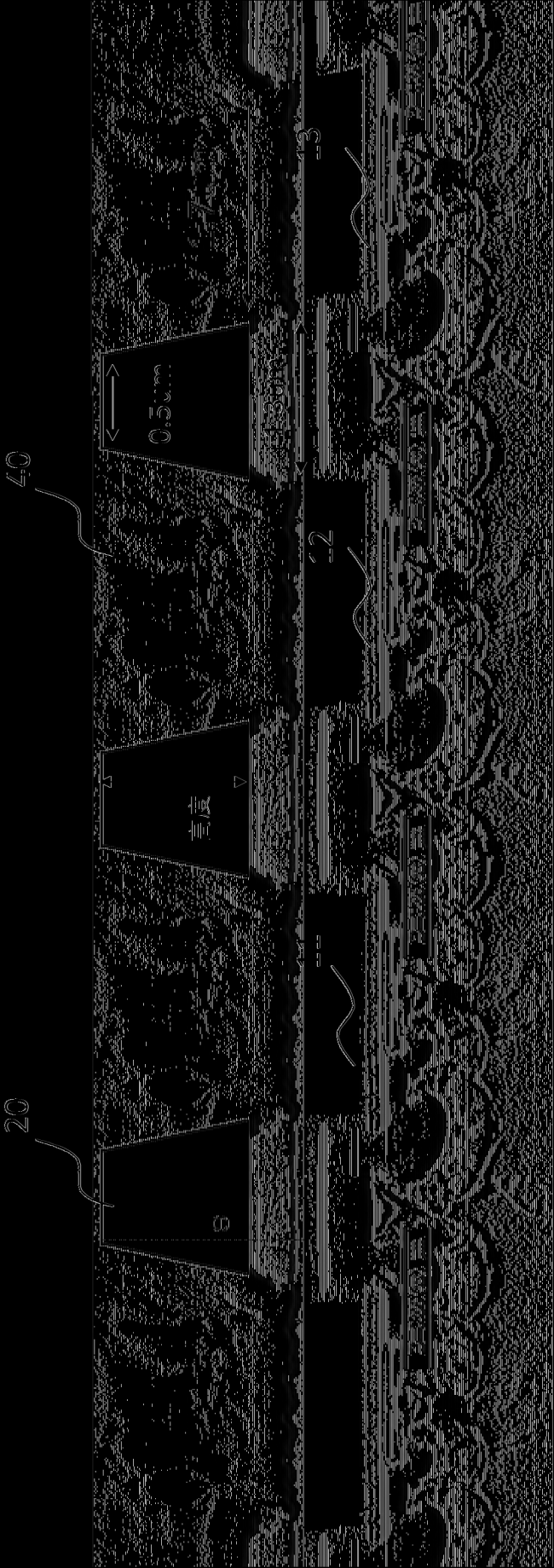


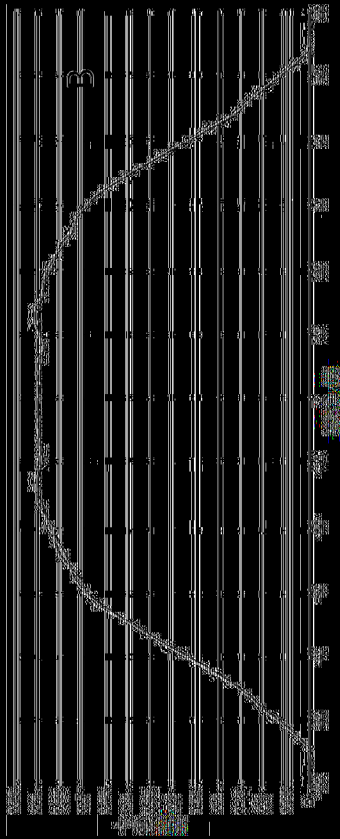
圖10





高度 (um)	角度 θ (度)
1	21.8
2	11.3
3	7.6
4	5.7
5	4.6

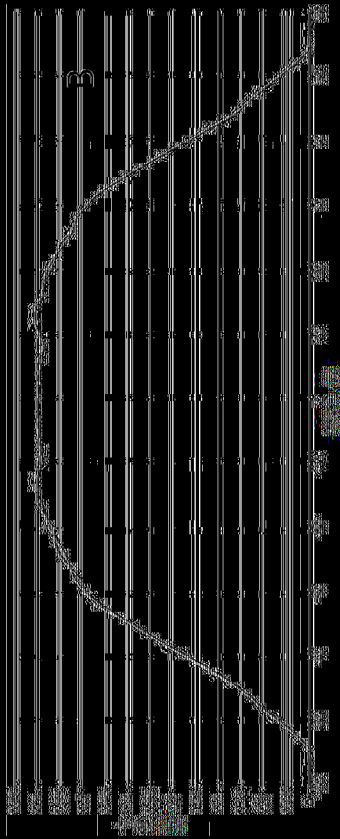
圖18



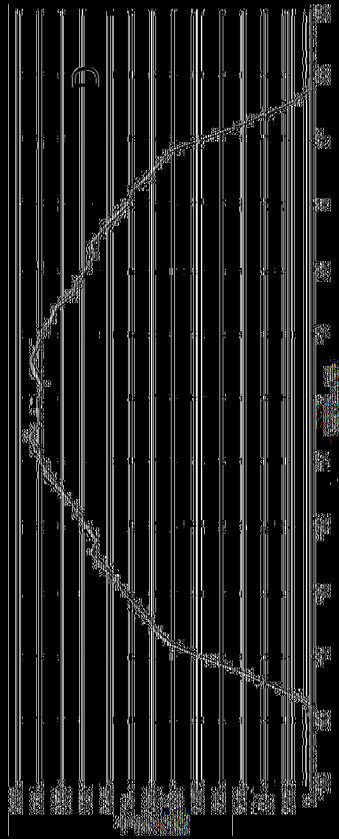
高度 H=2.0m 的光分佈



高度 H=3.5m 的光分佈



高度 H=2.0m 的光分佈



高度 H=3.5m 的光分佈

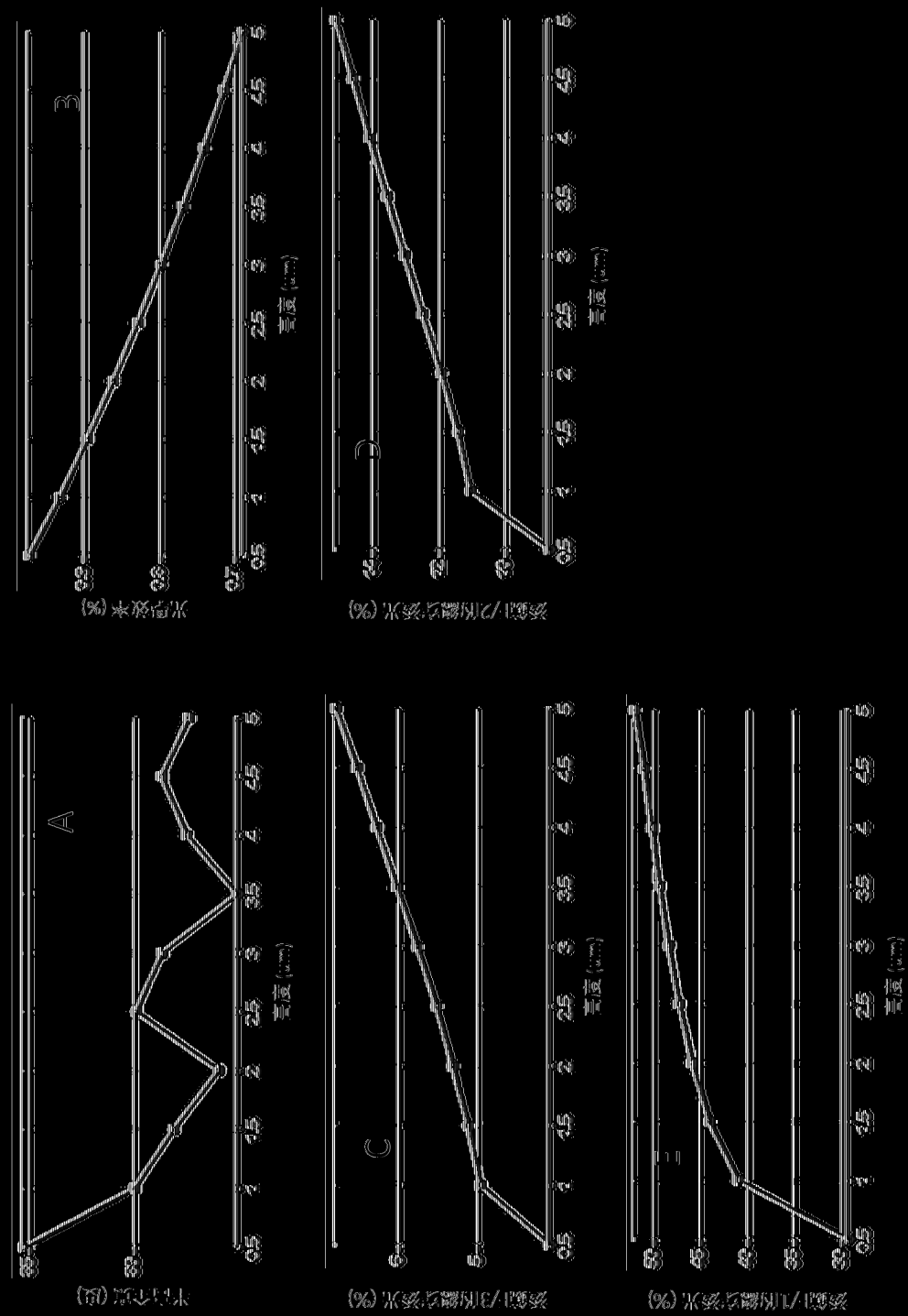


圖 20

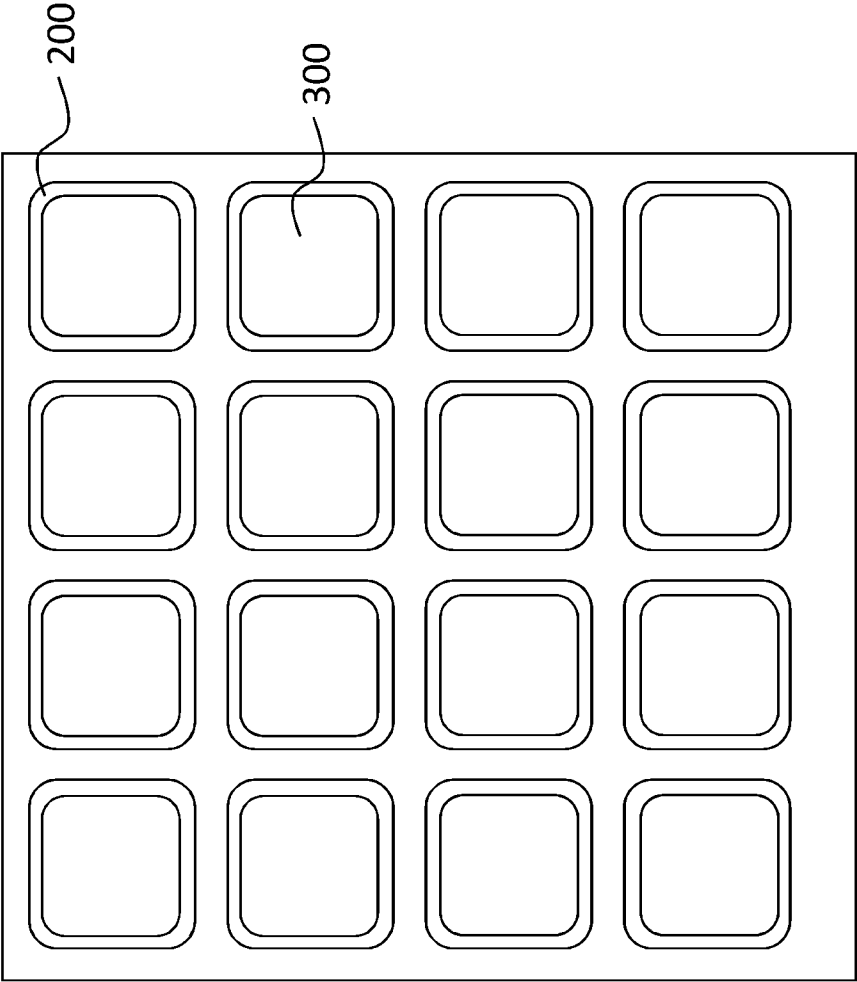


圖22