



(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 201030809 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：098104168

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 10 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/20 (2006.01)*

(71)申請人：國立清華大學(中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY (TW)

新竹市光復路 2 段 101 號

(72)發明人：趙煦 CHAO, SHIUH (TW)；黃承揚 HUANG, CHEN YANG (TW)；顧浩民 KU, HAO MIN (TW)

(74)代理人：蔡朝安；鄭淑芬

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：9 共 21 頁

(54)名稱

光子晶體結構之製法

FABRICATION METHOD OF A PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE

(57)摘要

一種光子晶體結構之製法可用來製作大面積穴狀光子晶體或是柱狀光子晶體週期性結構。本發明藉由異質介面無法磊晶的特性，於磊晶基板上設置圖案化薄膜層，於圖案化薄膜層以外的區域進行垂直磊晶成長，自我形成孔洞或是柱狀光子晶體結構。本發明可進一步設計圖案化薄膜層之圖形，如此可磊晶成長具有缺陷態(defect mode)形式的光子晶體結構，並可應用於波導(waveguide)、共振腔(resonator)、分光光路(beam splitter)等光學元件。

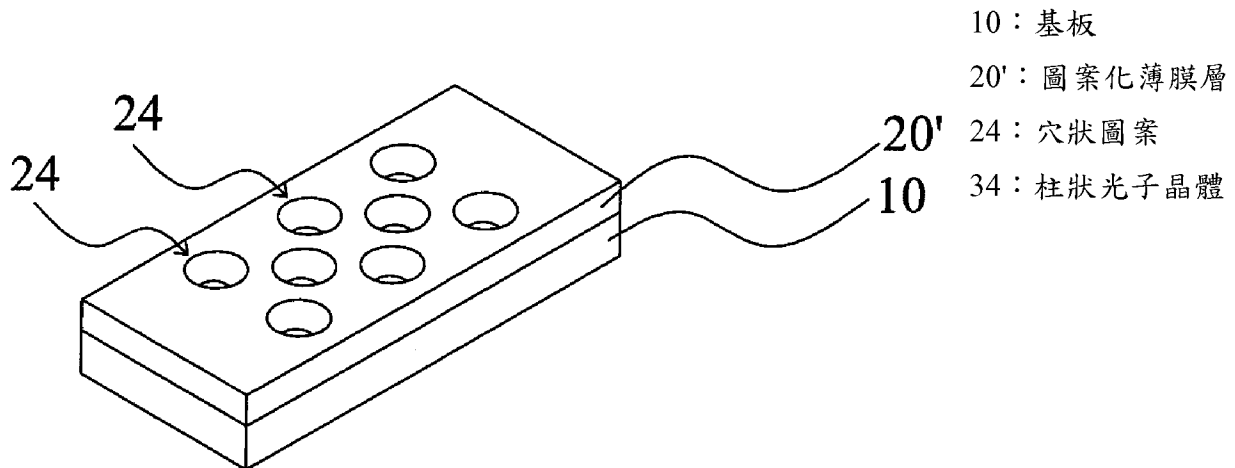


圖 3A

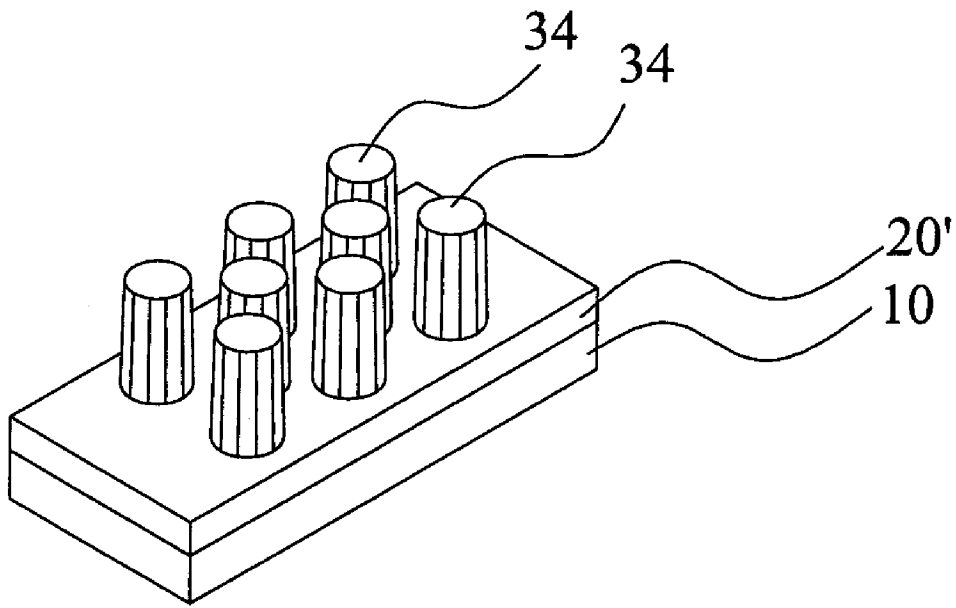


圖 3B

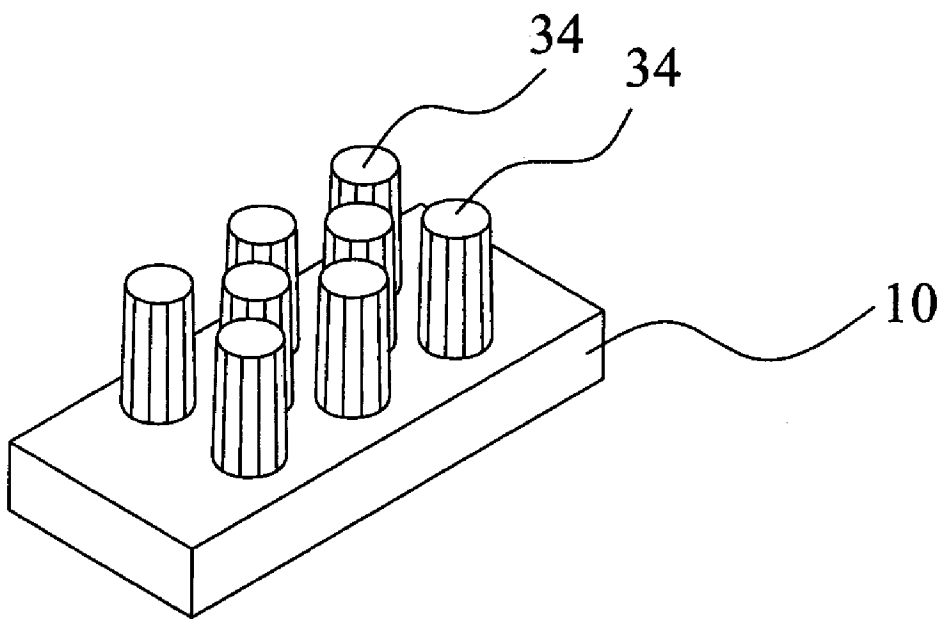


圖 3C

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種光學元件製作技術，特別是提供一種光子晶體結構之製法。

【先前技術】

自 1987 年 Yabnolovitch 與 John 提出光子晶體此一概念，至今已有相當多的應用與製程方法被蓬勃發展出來。光子晶體結構可應用於製作全方位反射鏡、超稜鏡、共振濾波器、波導等光學元件。然而，要將光子晶體提升到可見光波段之應用時，需克服製造上的難題。由於，結構尺度須達到次波長(sub-wavelength)的要求，方能使能帶特性落於可見光區域，這對於商業化、大面積、低成本製造之考量實為一挑戰。

【發明內容】

為了解決上述問題，本發明目的之一係提供一種光子晶體結構之製法，係藉由異質結構無法磊晶的特性，於磊晶基板上設置圖案化薄膜層，於圖案化薄膜層以外的區域進行垂直磊晶成長，自我形成孔洞或是柱狀光子晶體結構。

本發明目的之一係提供一種光子晶體結構之製法，可藉由設計圖案化薄膜層之圖形，磊晶成長具有缺陷態(defect mode)形式的光子晶體結構，並可應用於波導(waveguide)、共振腔(resonator)、分光光路(beam splitter)等光學元件。

為了達到上述目的，本發明一實施例之一種光子晶體結構之製法，包括下列步驟：提供一基板；形成一圖案化薄膜層於基板上，其中圖案化薄膜層包括複數個圖案週期性排列於基板上；以及利用一磊

晶程序形成一光子晶體層於基板上，其中光子晶體層係暴露出每一圖案。

以下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明揭露一種光子晶體結構之製法，可用於製造大面積光子晶體結構的方法。本發明係將圖案化薄膜設置於基板上，利用異質界面(即晶格常數差異太大的材料)無法磊晶的特性，使同質材料於圖案化薄膜外的區域，於基板 10 上自我垂直成長出柱狀光子晶體結構 102 或是穴狀光子晶體結構 101，如圖 1A 與圖 1B 所示。當然，本發明並不侷限於此，本發明亦可製作同時具有穴狀光子晶體、柱狀光子晶體結構或其他非光子晶體區域之組合式結構。

本發明光子晶體結構之製法主要包括下列步驟。首先提供一基板。接著，於基板上形成一圖案化薄膜層。此圖案化薄膜層包括複數個圖案週期性排列於基板上。之後，利用一磊晶程序形成一光子晶體層於基板上。此光子晶體層具有複數個光子晶體週期性排列於基板上。其中，光子晶體層會暴露出每一圖案。

圖 2A、圖 2B、圖 2C 與圖 2D 所示為根據本發明光子晶體結構之製法一實施例之流程示意圖。於本實施例中，圖案化薄膜層(圖上未標)可先形成一薄膜 20 於基板 10 上再移除部份薄膜層 20 並暴露出基板 10 以形成圖案化薄膜層，如圖 2A 與圖 2B 所示。其中，圖案化薄膜層 20 可利用微影方式、奈米印壓，或微接觸式印刷等方式達成。其中，微影方式可使用如黃光微影技術、干涉式微影技術等。於本實施例中，圖案化薄膜層包括複數個島狀圖案(island pattern) 22 週期性排列。於不同實施例中，圖案化薄膜層亦可包括複數個穴狀圖案(cavity pattern)。之後，如圖 2C 所示，經過磊晶程序後，於未覆

蓋島狀圖案 22 的區域長出具有複數個穴狀光子晶體 32 週期性排列之光子晶體層 30。接著，視需要移除島狀圖案 22 完成穴狀光子晶體結構之製作，如圖 2D 所示。其中，移除圖案化薄膜層之步驟可利用蝕刻程序達成，包含乾式蝕刻與濕式蝕刻。

接續上述說明，基板 10 的材質可選自下列群組：藍寶石(Sapphire)、碳化矽(SiC)、矽(Si)、砷化鎵(GaAs)、鋁酸鋰(LiAlO₂)、鎵酸鋰(LiGaO₂)與氮化鋁(AlN)。薄膜層 20 的材質可選自下列：氧化鈦、氧化鋇、氧化鈮、氧化鈾、氧化鋅與氧化矽。光子晶體層 30 之材料係選自下列群組：III-V 族(三五族)半導體材料，如氮化鎵(GaN)、砷化鎵(GaAs)與氮化銦鎵(GaInN)。其中，薄膜層 20 係利用濺鍍(如離子束濺鍍或磁控濺鍍)、蒸鍍、化學氣相沉積、化學液相沉積、化學氣相磊晶或化學液相磊晶等方式所製成。其中，磊晶程序係使用分子束磊晶(Molecular Beam Epitaxy, MBE)、金屬有機化學氣相沉積(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)或液相磊晶(Liquid Phase Epitaxy, LPE)等技術。

圖 3A、圖 3B 與圖 3C 所示為根據本發明光子晶體結構之製法一實施例之流程示意圖。於本實施例中，具有複數個穴狀圖案 24 之圖案化薄膜層 20' 可直接設置於基板 10 上，如圖 3A 所示。圖案化薄膜層 20' 之製作可利用微影方式、奈米印壓，或微接觸式印刷等方式達成。其中，微影方式可使用如黃光微影技術、干涉式微影技術等。接著經過磊晶程序後，如圖 3B 所示，於穴狀圖案 24 的區域長出具有複數個柱狀(pillar type)光子晶體 34 週期性排列之光子磊晶層(圖上未標)。接著，視需要移圖案化薄膜層 20' 完成柱狀光子晶體結構之製作，如圖 3C 所示。

於本發明中，只要改變圖案化薄膜層上之穴狀圖案 24 或島狀圖案 22 之形狀，如三角形、圓形、方形或多邊形，如圖 6A 至圖 6F 與圖 7A 至圖 7F 所示。如此，本發明製作的柱狀光子晶體或穴狀

光子晶體之外形則可為三角形、圓形、方形或多邊形。另外，穴狀圖案 24 或島狀圖案 22 可呈三角形、四方形或多角形週期排列。因此，完成後之柱狀光子晶體或穴狀光子晶體則可呈三角形、四方形或多角形週期排列。

於一實施例中，可直接於基板 10 上設置圖案化薄膜 20' 並製作複數個柱形光子晶體 34 於其上，如圖 4A 所示。於另一實施例中，請參照圖 4B，可設置一晶種層 12 於基板 10 上，於晶種層 12 上設置具有穴狀圖案之圖案化薄膜 20' 並製作複數個柱狀光子晶體 34 於其上。接著，可移除基板 10 並保留晶種層 12 於其上結構。如此，可將晶種層 12 設置於一次基板（圖上未示）上。基板 10 則可回收再次使用有效降低成本。次基板則可依需要選用成本低之材料。其中，晶種層 12 可選擇具有氮化鎵材質之晶種層。

圖 5A 與圖 5B 所示為根據本發明製法而成之光子晶體結構之顯微照片的剖視與上視之示意圖。由圖可知，本發明光子晶體結構之製法確實可製作出品質相當優良的光子晶體結構。

請參照圖 8A、圖 8B 與圖 8C，本發明更可藉由圖案化薄膜 20' 之設計，結合島狀圖案、穴狀圖案 24 或非圖案區域之配置，可用於磊晶成長製造具有共振腔（圖 8A）、合分光路波導波導（圖 8B）、環型共振腔（圖 8C）之具有缺陷態(defect mode)形式的光子晶體結構排列。

本發明係藉由異質結構無法磊晶的特性，於磊晶基板上設置圖案化薄膜層，於圖案化薄膜層以外的區域進行垂直磊晶成長，自我形成孔洞或是柱狀光子晶體結構。由於晶體材料的磊晶成長均依照晶體結構規律複製，故本發明可以成長大面積的光子晶體結構。請參照圖 9，本發明可藉由控制圖案的周期 a （周期 a 為圖案結構之中心到中心的間距）與圖案結構尺寸 d ，可控制光子晶體的穴狀光子晶體或是柱狀光子晶體 34 尺寸，並藉由磊晶速率控制光子晶體的高度 H 。

綜合上述，由於異質結構無法磊晶的特性，本發明可於基板上藉由薄膜鍍製技術或是利用轉印技術製作圖案化薄膜。圖案化薄膜係作為硬光罩(pattern mask)，可選用介電材料、金屬或其他適當材料。藉由磊晶技術於未遮蔽區域往上垂直成長磊晶結構。由於圖案化薄膜的位置不會有磊晶現象發生，磊晶材料只會其外區域成長。進一步配合控制磊晶成長的參數，使垂直成長速度遠大於橫向成長的速度，則可於未遮蔽區域形成光子晶體結構。此種圖案化基板與控制磊晶成長的方式可以製作大面積光子晶體，並藉由計算磊晶成長方向與圖案化薄膜的圖案分布，將可製作柱狀光子晶體、穴洞狀光子晶體或其他特殊光子晶體結構。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1A 與圖 1B 所示為根據本發明不同實施例之示意圖。

圖 2A、圖 2B、圖 2C 與圖 2D 所示為根據本發明一實施例之示意圖。

圖 3A、圖 3B 與圖 3C 所示為根據本發明一實施例之示意圖。

圖 4A 與圖 4B 所示為根據本發明一實施例之示意圖。

圖 5A 與圖 5B 所示為根據本發明一實施例之示意圖。

圖 6A、圖 6B、圖 6C、圖 6D、圖 6E 與圖 6F 所示為根據本發明不同實施例之示意圖。

圖 7A、圖 7B、圖 7C、圖 7D、圖 7E 與圖 7F 所示為根據本發明不同實施例之示意圖。

圖 8A、圖 8B 與圖 8C 所示為根據本發明不同實施例之示意圖。

圖 9 所示為根據本發明一實施例之示意圖。

【主要元件符號說明】

- 10 基板
- 12 晶種層
- 20 薄膜層
- 20' 圖案化薄膜層
- 22 島狀圖案
- 24 穴狀圖案
- 32 穴狀光子晶體
- 34 柱狀光子晶體
- 101 穴狀光子晶體結構
- 102 柱狀光子晶體結構

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98104168

※申請日：98.02.10 ※IPC分類：H01L 21/20(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光子晶體結構之製法

FABRICATION METHOD OF A PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE

二、中文發明摘要：

一種光子晶體結構之製法可用來製作大面積穴狀光子晶體或是柱狀光子晶體週期性結構。本發明藉由異質介面無法磊晶的特性，於磊晶基板上設置圖案化薄膜層，於圖案化薄膜層以外的區域進行垂直磊晶成長，自我形成孔洞或是柱狀光子晶體結構。本發明可進一步設計圖案化薄膜層之圖形，如此可磊晶成長具有缺陷態(defect mode)形式的光子晶體結構，並可應用於波導(waveguide)、共振腔(resonator)、分光光路(beam splitter)等光學元件。

三、英文發明摘要：

A fabrication method of a photonic crystal structure is disclosed herein for forming a big area photonic crystal structure of cavity-type or pillar type. The present invention utilizes the incapable epitaxy characteristic of the hetero-interface, so it arranges a patterned film on the epitaxy substrate and to vertically epitaxying at the area except the patterned film so as the present invention can form the cavity-type or pillar type photonic crystal structure. Further, by the pattern design of the patterned film, the present invention can form the defect mode photonic crystal structure applied to the optical device for waveguide, the resonator, beam splitter and etc.

七、申請專利範圍：

1. 一種光子晶體結構之製法，包含下列步驟：

提供一基板；

形成一圖案化薄膜層於該基板上，其中該圖案化薄膜層包含複數個圖案週期性排列於該基板上；以及

利用一磊晶程序形成一光子晶體層於該基板上，其中該光子晶體層係暴露出每一該些圖案。

2. 如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，更包含：

形成一薄膜層於該基板上；以及

移除部份該薄膜層並暴露出該基板以形成該圖案化薄膜層。

3. 如請求項 2 所述之光子晶體結構之製法，其中該薄膜層係利用濺鍍、蒸鍍、化學氣相沉積、化學液相沉積、化學氣相磊晶或化學液相磊晶等方式所製成。

4. 如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該圖案化薄膜層與之材質係選自下列：氧化鈦、氧化鋇、氧化鋯、氧化鈾、氧化鋅與氧化矽。

5. 如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中形成該圖案化薄膜層之步驟係利用黃光微影方式、奈米印壓，或微接觸式印刷等方式進行。

6. 如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該磊晶程序係使用分子束磊晶 (MVE)、金屬有機化學氣相沉積 (MOCVD) 或液相磊晶 (LPE) 技術。

7. 如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該圖案化薄膜層包含複數個島狀圖案 (island pattern) 週期性排列。

8. 如請求項 7 所述之光子晶體結構之製法，其中該光子晶體層包含複數個洞狀圖案 (hole pattern) 之光子晶體週期性排列。

- 9.如請求項 8 所述之光子晶體結構之製法，其中該些洞狀圖案之光子晶體之外形係為三角形、圓形、方形或多邊形。
- 10.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該圖案化薄膜層包含複數個洞狀圖案週期性排列。
- 11.如請求項 10 所述之光子晶體結構之製法，其中該光子晶體層包含複數個柱狀圖案 (pillar pattern) 之光子晶體週期性排列。
- 12.如請求項 11 所述之光子晶體結構之製法，其中該些柱狀圖案之光子晶體之外形係為三角形、圓形、方形或多邊形。
- 13.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該些圖案係呈三角形、四方形或多角形週期排列。
- 14.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該光子晶體層之複數個光子晶體係呈三角形排列、四方形排列或多角形排列。
- 15.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，更包含移除該圖案化薄膜層。
- 16.如請求項 15 所述之光子晶體結構之製法，其中移除該圖案化薄膜層之步驟係利用蝕刻程序達成。
- 17.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該基板的材質係選自下列群組：藍寶石(Sapphire)、碳化矽(SiC)、矽(Si)、砷化鎵(GaAs)、鋁酸鋰(LiAlO₂)、鎵酸鋰(LiGaO₂)與氮化鋁(AlN)。
- 18.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，更包含設置一晶種層 (seed layer) 於該基板上。
- 19.如請求項 1 所述之光子晶體結構之製法，其中該光子晶體層之材料係選自下列群組：III-V 族(三五族)半導體材料。

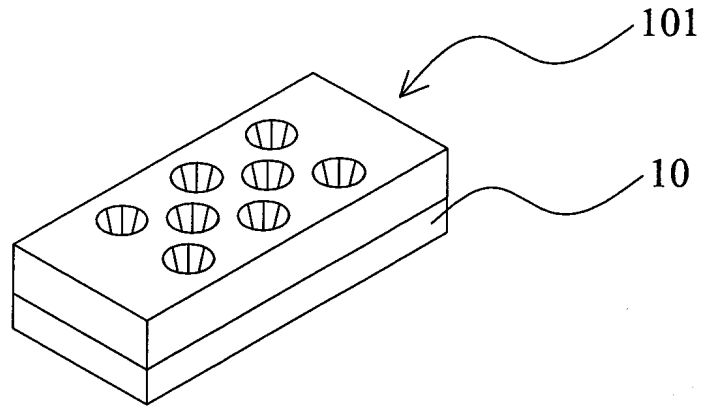


圖1A

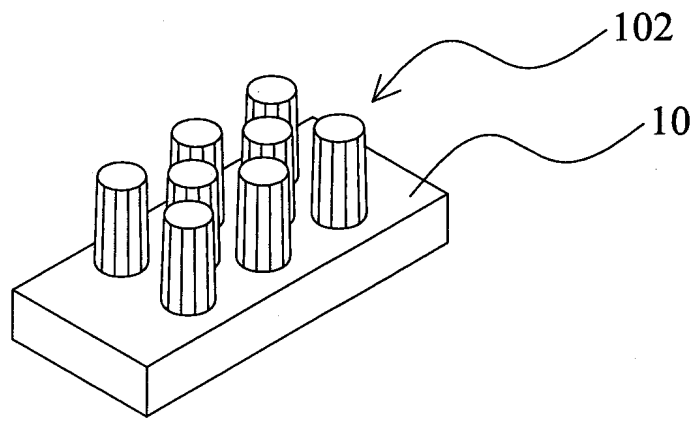


圖1B

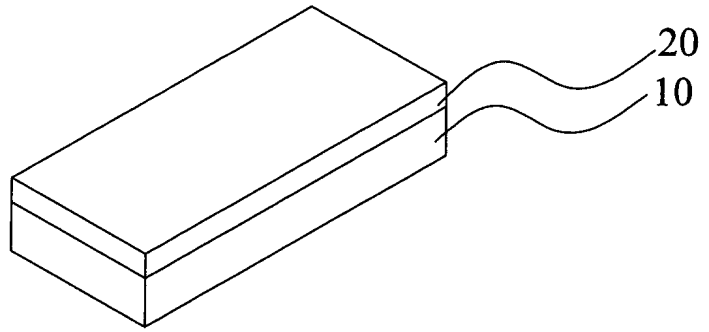


圖 2A

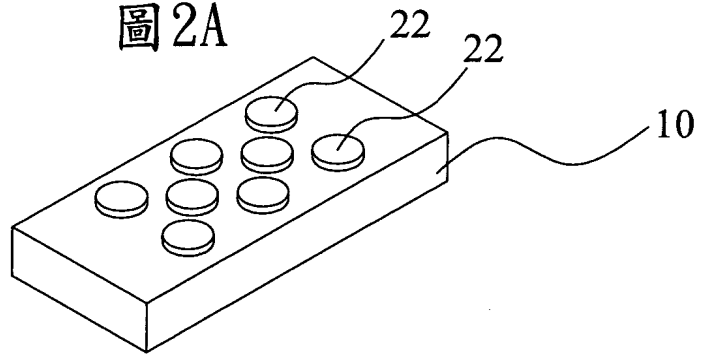


圖 2B

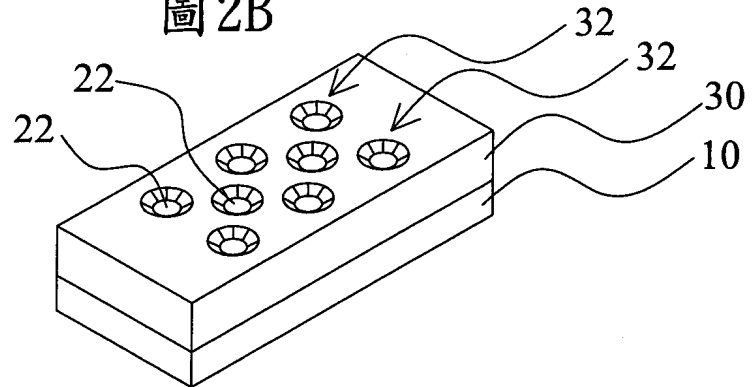


圖 2C

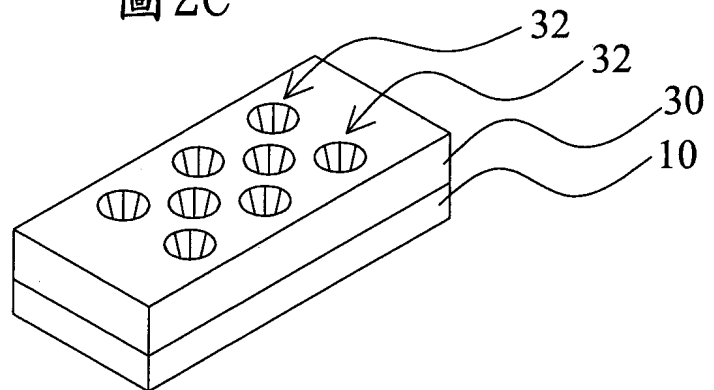


圖 2D

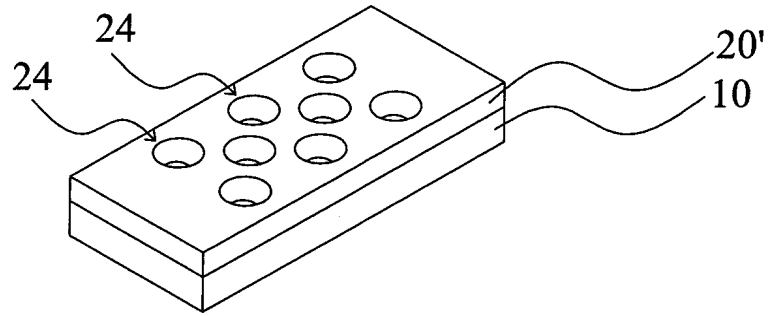


圖 3A

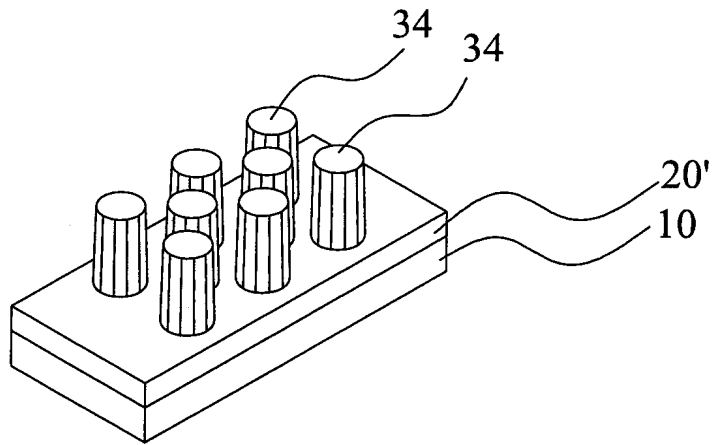


圖 3B

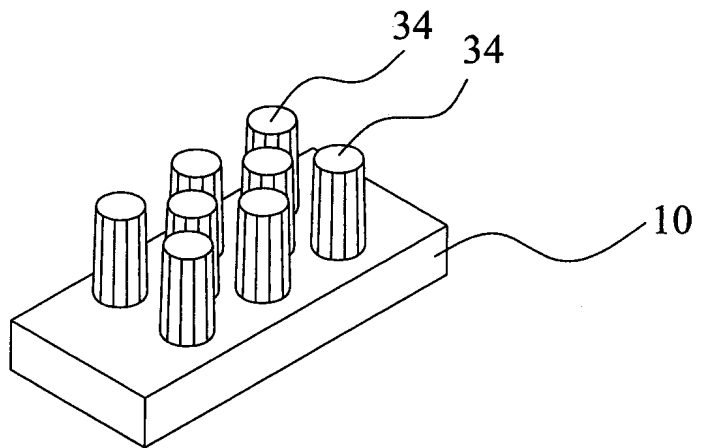


圖 3C

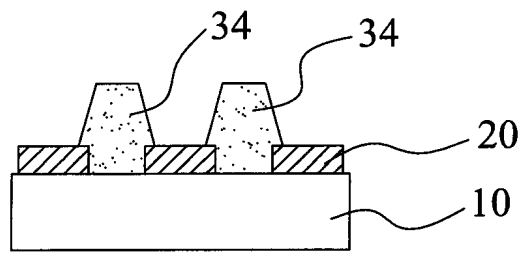


圖4A

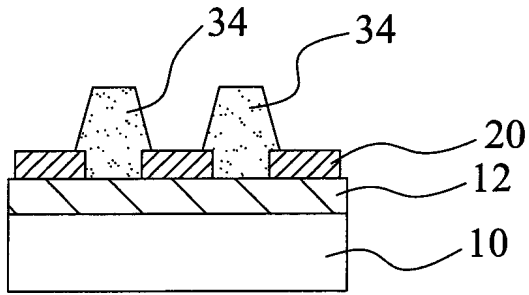


圖4B

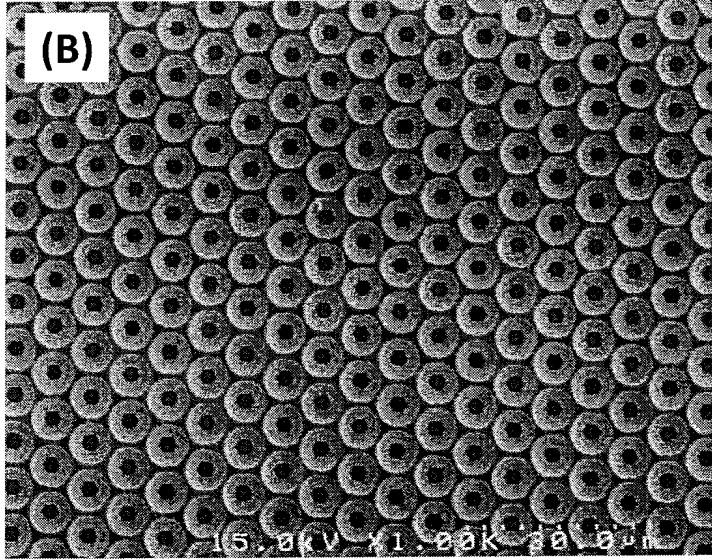
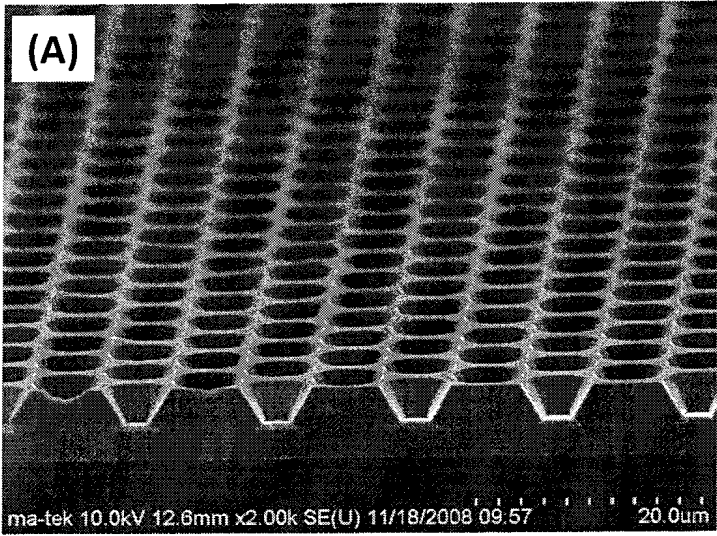


圖5

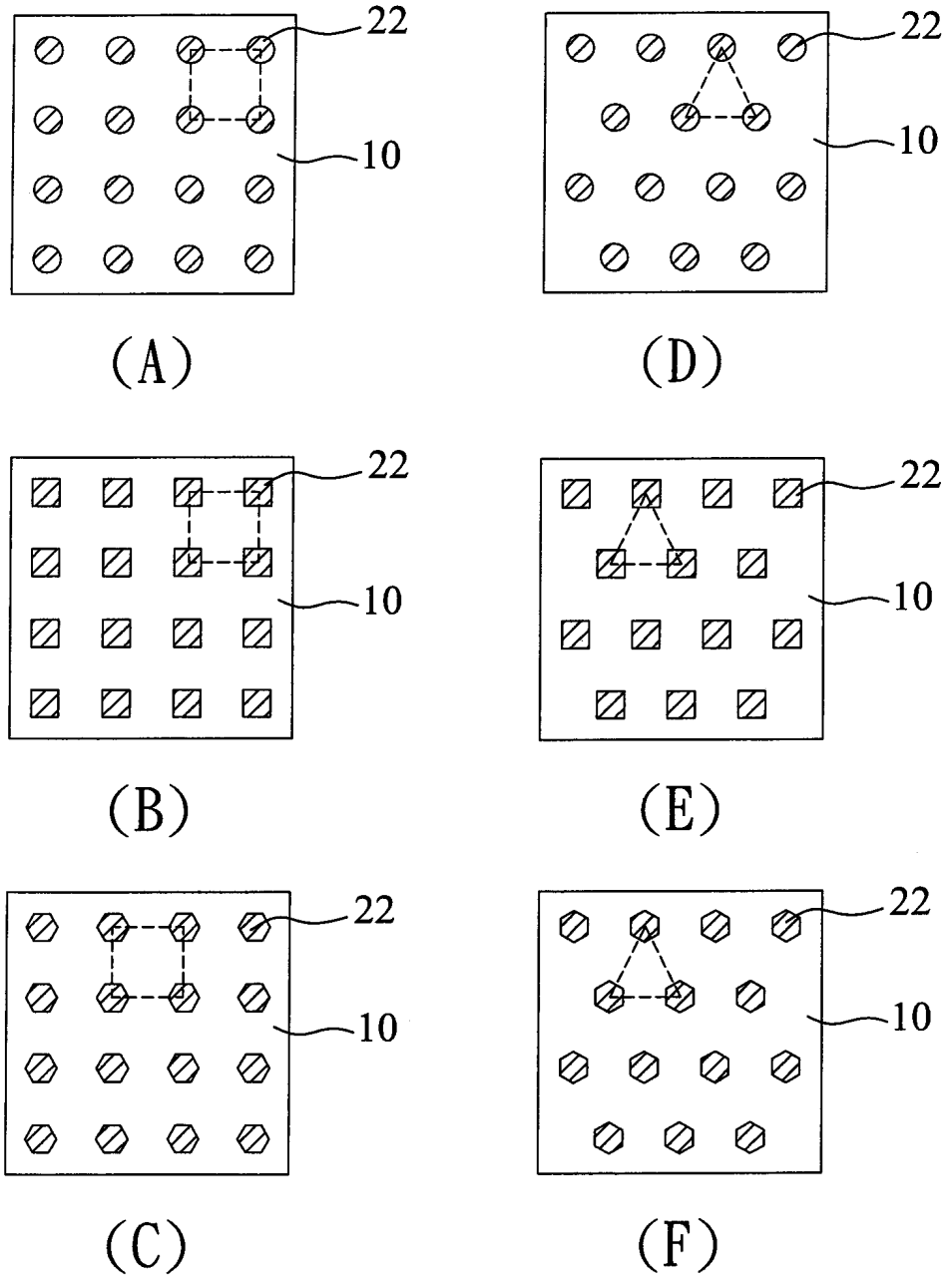
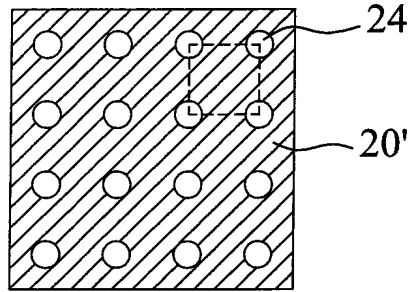
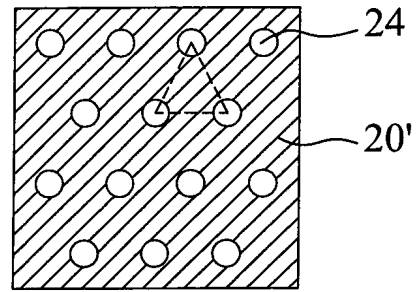


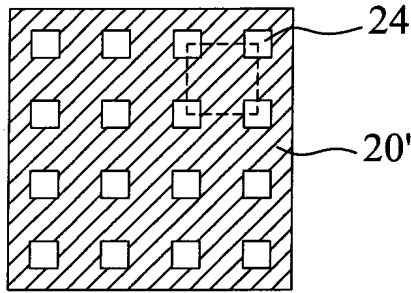
圖6



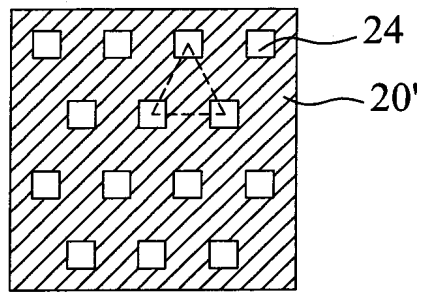
(A)



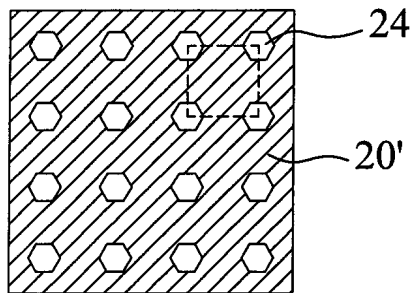
(D)



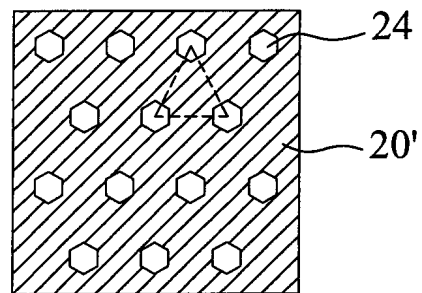
(B)



(E)

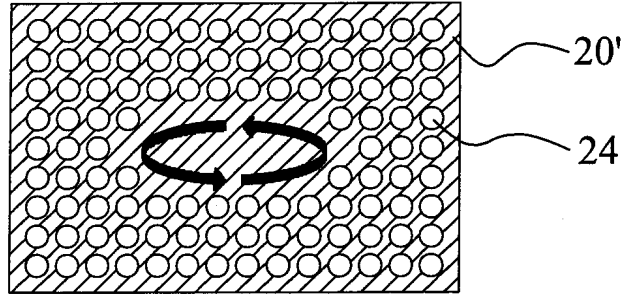


(C)

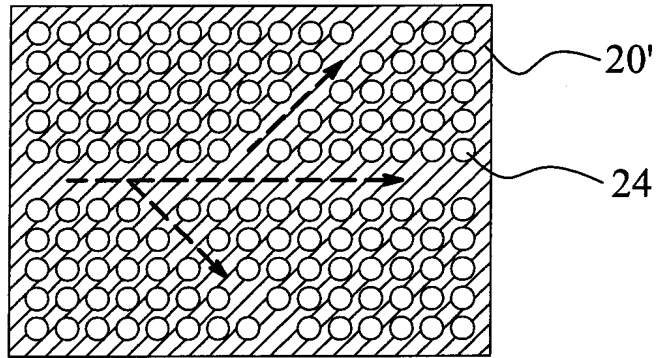


(F)

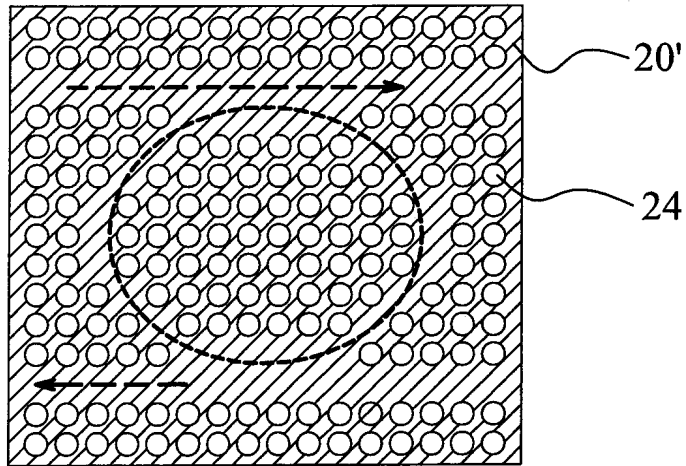
圖7



(A)



(B)



(C)

圖 8

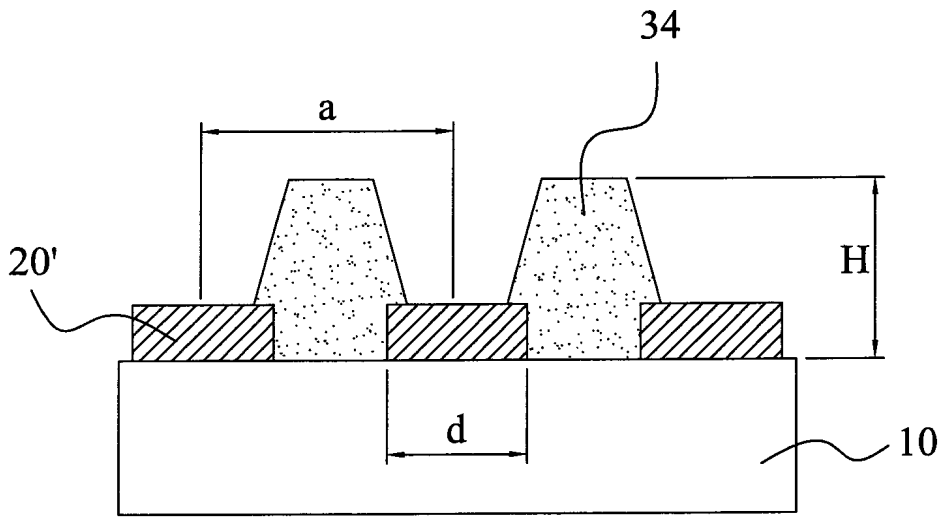


圖9

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 3A、圖 3B 與圖 3C。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- | | |
|-----|--------|
| 10 | 基板 |
| 20' | 圖案化薄膜層 |
| 24 | 穴狀圖案 |
| 34 | 柱狀光子晶體 |

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