I408825

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I408825B1**

(45)公告日： 中華民國 102 (2013) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：099132277 (22)申請日： 中華民國 99 (2010) 年 09 月 24 日

(51)Int. Cl.： ***H01L31/042 (2006.01)*** ***H01L31/0224(2006.01)***

(71)申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：曾斌誠 TSENG, PING CHEN (TW) ；余沛慈 YU, PEICHEN (TW) ；郭浩中 KUO, HAO CHUNG (TW)

(74)代理人：黃孝惇

(56)參考文獻：

US 5549763 US 6750393B2

審查人員：閻濟民

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：10 共 0 頁

(54)名稱

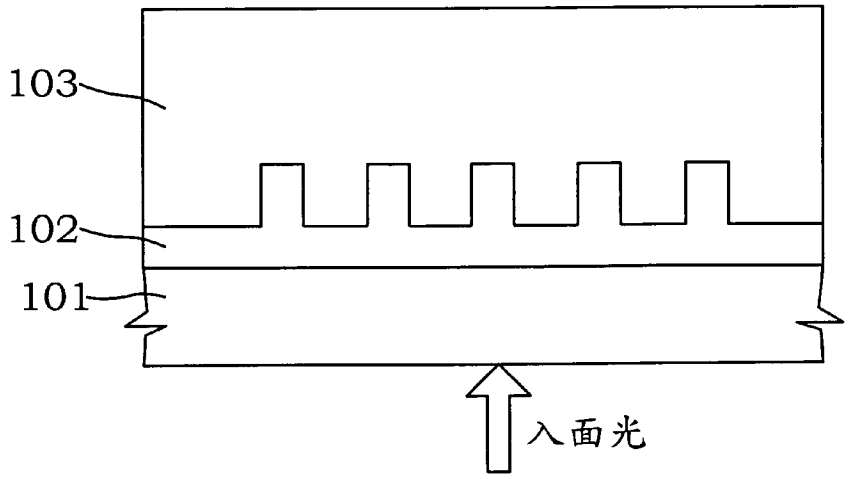
一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置

A SOLAR CELL APPARATUS HAVING THE TRANSPARENT CONDUCTING LAYER WITH THE PERIODIC STRUCTURE

(57)摘要

本發明揭露一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置，其結構包括了透明基板，且透明導電極刑成於該透明基板上，以及吸收層形成於該透明導電極上；而該透明導電極具有柱狀，梯柱狀，錐狀，尖錐狀，以及奶嘴狀等形狀。本發明可使用於大面積製程之光子晶體，且應用於各式薄膜太陽能電池或各式的光偵測器中，可增加光子吸收率而達到更高之光電轉換效率。

The invention discloses an apparatus for enhancing light absorption of solar cells and photodetectors by diffraction. The invention comprises a transparent conducting layer with a periodic structure including the shapes of rod, tapered-cone, and corn, which diffracts incident light to oblique angles for light trapping. Surface reflection can also be reduced for either broadband or narrow band spectral absorption. The increased contact area between the transparent conducting layer and photoactive layer is beneficial for current extraction, which increases the internal quantum efficiency (IQE).



第 1A 圖

公告本

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：99132277　　H01L 31/04L (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01)

※申請日：99. 9. 24　　※IPC 分類：

一、發明名稱：（中文/英文）

一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置/A solar cell apparatus having the transparent conducting layer with the periodic structure

二、中文發明摘要：

本發明揭露一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置，其結構包括了透明基板，且透明導電極刑成於該透明基板上，以及吸收層形成於該透明導電極上；而該透明導電極具有柱狀，梯柱狀，錐狀，尖錐狀，以及奶嘴狀等形狀。本發明可使用於大面積製程之光子晶體，且應用於各式薄膜太陽能電池或各式的光偵測器中，可增加光子吸收率而達到更高之光電轉換效率。

三、英文發明摘要：

The invention discloses an apparatus for enhancing light absorption of solar cells and photodetectors by diffraction. The invention comprises a transparent conducting layer with a periodic structure including the shapes of rod, tapered-cone, and corn, which

diffracts incident light to oblique angles for light trapping. Surface reflection can also be reduced for either broadband or narrow band spectral absorption. The increased contact area between the transparent conducting layer and photoactive layer is beneficial for current extraction, which increases the internal quantum efficiency (IQE).

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1A 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

無

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

diffracts incident light to oblique angles for light trapping. Surface reflection can also be reduced for either broadband or narrow band spectral absorption. The increased contact area between the transparent conducting layer and photoactive layer is beneficial for current extraction, which increases the internal quantum efficiency (IQE).

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1A 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

無

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

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種太陽能電池裝置，且特別是有關於一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置。

【先前技術】

於西元二零零八年的金融海嘯後，全球許多國家已深切體認必須發展綠色能源（綠能）產業以作為未來國家發展的重要因應措施以及產業推動目標，故而綠色能源產業已成為全球的主要經濟成長動力來源，更為目前各先進國家競相發展之產業。而目前我國亦大力推動綠色能源產業，尤以太陽能產業作為我國未來發展綠色能源產業的主要產業。

太陽能產業目前以多晶矽(Polysilicon)太陽能電池為主要的使用產品，但因多晶矽材料的成本較為昂貴，不易製成較大面積故不利於業界使用，且電流的轉換效率低，故而目前的學術研究以及業界已多轉向薄膜太陽能電池的研發與使用，主要訴求能夠以快速製成大面積以及更有效率地使用材料。而由於薄膜太陽能電池的厚度過薄，使得光學吸收路徑變短，以至於以目前技術所生產出之薄膜太陽能電池的效率普遍並不高，固具有極大的研發改善空間。

於傳統專利文獻之美國專利編號第6750393號專

利中，係製成三維光子晶體於太陽能電池背面，而達到光侷限之效果，惟該設計之製造十分困難，且當於太陽能電池內部置入光子晶體時，容易使光電流侷限於內部，反而降低了電池效率。

又如於傳統專利文獻之美國專利編號第 7482532 號專利中，係製成「Textured distributed Bragg reflector (DBR)」結構於太陽能電池背面，以達到光侷限及高反射率之效果，其目的在於能夠替代金屬反射層。但實際上該 DBR 結構無法提供抗反射之效果，且該 DBR 結構中含有絕緣層，反而易使電阻值增加。

而於傳統專利文獻之美國專利編號第 6858462 號專利中，係使用矽基板表面之蝕刻週期性結構，其雖可達到光侷限之效果，但由於蝕刻容易造成表面缺陷(surface defect)，而使電子電洞極容易被侷限在表面，以致無法有效萃取電流，故而降低了電池效率。

故而為了能產生製造更佳的太陽能電池，且可提供產業界掌握更佳的太陽能電池生產技術，需要研發新式的太陽能電池產品製程技術，藉以提高太陽能電池的電池效率且能夠降低太陽能電池的製造成本。

【發明內容】

本發明係一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置，其結構包括了透明基板，且透明導電極形成於該透明基板上，以及吸收層形成於該透明

導電極上；而該透明導電極具有柱狀，梯柱狀，錐狀，尖錐狀，以及奶嘴狀等之週期性形狀結構。

本發明可解決因薄膜太陽能電池及光偵測器之厚度太薄，而無法提供有效吸收長度之議題。

本發明使用周期性奈米結構以將光侷限於薄膜太陽能電池的有限厚度內，並增加吸收層與電極接觸面積。

本發明之奈米結構可提供抗反射效果，使得進入吸收層的光子增加。

本發明使用透明導電極製成奈米結構，使其嵌入光吸收層所產出之電子電洞對更易被電極收集，而增加內部量子效應(internal quantum efficiency)。

本發明因太陽能電池材料與透明導電極接觸面積的增加，故可增加電極及吸收層之接觸面積，可更有效率地萃取出電流。

本發明可使用於大面積製程之光子晶體，且使用該光子晶體之光學特徵，包括光侷限應用與抗反射效果之光學特徵於各式薄膜太陽能電池或各式的光偵測器中，故可增加光子吸收率而達到更高之光電轉換效率。

為讓本發明的上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合附圖，作詳細說明如下。

【實施方式】

本發明為一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置，其第 1 實施例如第 1A 圖所示，首先提供透明基板（transparent substrate）101，係選由玻璃或是藍寶石等作為該透明基板 101。

仍如第 1A 圖所示，以化學氣相沉積法（CVD）形成透明導電極(transparent conducting electrode, TCO) 102 於該透明基板 101 上。該透明導電極 102 係為一種具有導電及光穿透特性之物質，包括可以如銦錫氧化物導電層(indium tin oxide, ITO)，以及氧化鋁鋅（AZO）導電層等導電層所製成，且再以膠體顯影法（polystyrene spheres colloidal lithography）與物理或化學蝕刻法於該透明導電極 102 上形成柱狀(rod-shaped)的光子晶體(photonic crystal)亦或是次光子晶體(quasi-photonic crystal)。

仍如第 1A 圖所示，以化學氣相沉積法形成吸收層(photoactive layer) 103 於該透明導電極 102 上。該吸收層(photoactive layer) 103 係指主要可產生電子電洞之材料，包括太陽能電池材料，可以化學氣相沉積法所形成的晶質矽（silicon）及非晶質矽形成於該透明導電極 102 之上。

而如第 1B 圖所示係為該透明導電極 102 上所形成的柱狀光子晶體亦或是柱狀次光子晶體，且具有對稱性與非對稱性之排列，故具有準週期排列之形狀。

本發明第 2 實施例如第 2A 圖所示，首先提供透明基板 201，係選由玻璃或是藍寶石等作為該透明基板 201。

仍如第 2A 圖所示，以化學氣相沉積法形成透明導電極 202 於該透明基板 201 上。該透明導電極 202 係為一種具有導電及光穿透特性之物質，包括可以如銦錫氧化物導電層，以及氧化鋁鋅導電層等導電層所製成，且再以膠體顯影法與物理或化學蝕刻法於該透明導電極 202 上形成梯柱狀(tapered-cone)的光子晶體亦或是次光子晶體。

仍如第 2A 圖所示，以化學氣相沉積法形成吸收層 203 於該透明導電極 202 上。該吸收層 203 係指主要可產生電子電洞之材料，包括太陽能電池材料，可以化學氣相沉積法所形成的晶質矽及非晶質矽形成於該透明導電極 202 之上。

而如第 2B 圖所示係為該透明導電極 202 上所形成的梯柱狀（trapezium-shaped）光子晶體亦或是梯柱狀次光子晶體，其具有對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

本發明第 3 實施例如第 3A 圖所示，首先提供透明基板 301，係選由玻璃或是藍寶石等作為該透明基板 301。

仍如第 3A 圖所示，以化學氣相沉積法形成透明導電極 302 於該透明基板 301 上。該透明導電極 302 係

為一種具有導電及光穿透特性之物質，包括可以如銦錫氧化物導電層，以及氧化鋁鋅導電層等導電層所製成，且再以膠體顯影法與物理或化學蝕刻法於該透明導電極 302 上形成錐狀(cone-shaped)的光子晶體亦或是錐狀次光子晶體。

仍如第 3A 圖所示，以化學氣相沉積法形成吸收層 303 於該透明導電極 302 上。該吸收層 303 係指主要可產生電子電洞之材料，包括太陽能電池材料，可以化學氣相沉積法所形成的晶質矽及非晶質矽形成於該透明導電極 302 之上。

而如第 3B 圖所示係為該透明導電極 302 上所形成的錐狀光子晶體亦或是錐狀次光子晶體，其具有對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

本發明第 4 實施例如第 4A 圖所示，首先提供透明基板 401，係選由玻璃或是藍寶石等作為該透明基板 401。

仍如第 4A 圖所示，以化學氣相沉積法形成透明導電極 402 於該透明基板 401 上。該透明導電極 402 係為一種具有導電及光穿透特性之物質，包括可以如銦錫氧化物導電層，以及氧化鋁鋅導電層等導電層所製成，且再以膠體顯影法與物理或化學蝕刻法於該透明導電極 402 上形成尖錐狀（tapered-shaped）的光子晶體亦或是尖錐狀次光子晶體。

仍如第 4A 圖所示，以化學氣相沉積法形成吸收層

403 於該透明導電極 402 上。該吸收層 403 係指主要可產生電子電洞之材料，包括太陽能電池材料，可以化學氣相沉積法所形成的晶質矽及非晶質矽形成於該透明導電極 402 之上。

而如第 4B 圖所示係為該透明導電極 402 上所形成的尖錐狀光子晶體亦或是尖錐狀次光子晶體，其具有對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

本發明第 5 實施例如第 5A 圖所示，首先提供透明基板 501，係選由玻璃或是藍寶石等作為該透明基板 501。

仍如第 5A 圖所示，以化學氣相沉積法形成透明導電極 502 於該透明基板 501 上。該透明導電極 502 係為一種具有導電及光穿透特性之物質，包括可以如銦錫氧化物導電層，以及氧化鋁鋅導電層等導電層所製成，且再以膠體顯影法與物理或化學蝕刻法於該透明導電極 502 上形成奶嘴狀（nipple-shaped）的光子晶體亦或是奶嘴狀次光子晶體。

仍如第 5A 圖所示，以化學氣相沉積法形成吸收層 503 於該透明導電極 502 上。該吸收層 503 係指主要可產生電子電洞之材料，包括太陽能電池材料，可以化學氣相沉積法所形成的晶質矽及非晶質矽形成於該透明導電極 502 之上。

而如第 5B 圖所示係為該透明導電極 502 上所形成的奶嘴狀光子晶體亦或是奶嘴狀次光子晶體，其具有

對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

本發明於太陽能電池之透明導電極上製成具有週期性結構之光子晶體或是次光子晶體，以產生光學繞射(diffraction) 及散射(scattering)，故可使得入射光繞射及散射於太陽能電池內，增加光路徑而增加其吸收，而達到光侷限(light trapping)於吸收層的效果。亦使得該結構在表面具有抗反射效果(anti-reflection)，致使入射光量增加。而使用透明導電極所製成之奈米結構，其嵌入光吸收層可使所產出之電子電洞對更容易被電極收集；且因此結構可增加電極與吸收層接觸面積，能夠更有效率地萃取出光電流，而增加其內部量子效應(internal quantum efficiency)。綜合上述，本發明可應用並設計於各種不同太陽能電池材料及光偵測器上，藉以增加太陽光吸收效率。

本發明藉由使用周期性奈米結構以使光侷限於薄膜太陽能電池的有限厚度內，並增加吸收層與電極接觸面積，故而本發明可解決因薄膜太陽能電池及光偵測器之厚度太薄，而無法提供有效吸收長度之議題。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖所示係本發明第 1 實施例示意圖。

第 1B 圖所示係本發明第 1 實施例之透明導電極結構示意圖。

第 2A 圖所示係本發明第 2 實施例示意圖。

第 2B 圖所示係本發明第 2 實施例之透明導電極結構示意圖。

第 3A 圖所示係本發明第 3 實施例示意圖。

第 3B 圖所示係本發明第 3 實施例之透明導電極結構示意圖。

第 4A 圖所示係本發明第 4 實施例示意圖。

第 4B 圖所示係本發明第 4 實施例之透明導電極結構示意圖。

第 5A 圖所示係本發明第 5 實施例示意圖。

第 5B 圖所示係本發明第 5 實施例之透明導電極結構示意圖。

【主要元件符號說明】

101 透明基板

102 透明導電極

103 吸收層

201 透明基板

202 透明導電極

203 吸收層

301 透明基板

302 透明導電極

303 吸收層

401 透明基板

402 透明導電極

403 吸收層

501 透明基板

502 透明導電極

503 吸收層

申請修正之日期:2013年6月10日

102年6月10日修正替換頁(本)

P13-14

七、申請專利範圍：

1. 一種具有週期性形狀結構透明導電極之太陽能電池裝置，至少包含：

一透明基板；

一具有週期性形狀結構之透明導電極形成於該透明基板上，其中該具有週期性形狀結構之透明導電極包含一光子晶體；

一吸收層形成於該透明導電極上，藉以形成該具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置。

2. 如申請專利範圍第1項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該透明基板係由一玻璃，以及一藍寶石等群組中所選出。

3. 如申請專利範圍第1項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該具有週期性形狀結構之透明導電極之週期性形狀結構係由一柱狀，一梯柱狀，一錐狀，一尖錐狀，以及一奶嘴狀等群組中所選出。

4. 如申請專利範圍第1項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該具有週期性形狀結構之透明導電極係由一銦錫氧化物導電層，以及一氧化鋁鋅導電層等群組中所選出。

5. 如申請專利範圍第1項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該該具有週期性形狀結構之透明導電極之形成包含以一化學氣相沉積

法，一膠體顯影法與一蝕刻法所形成。

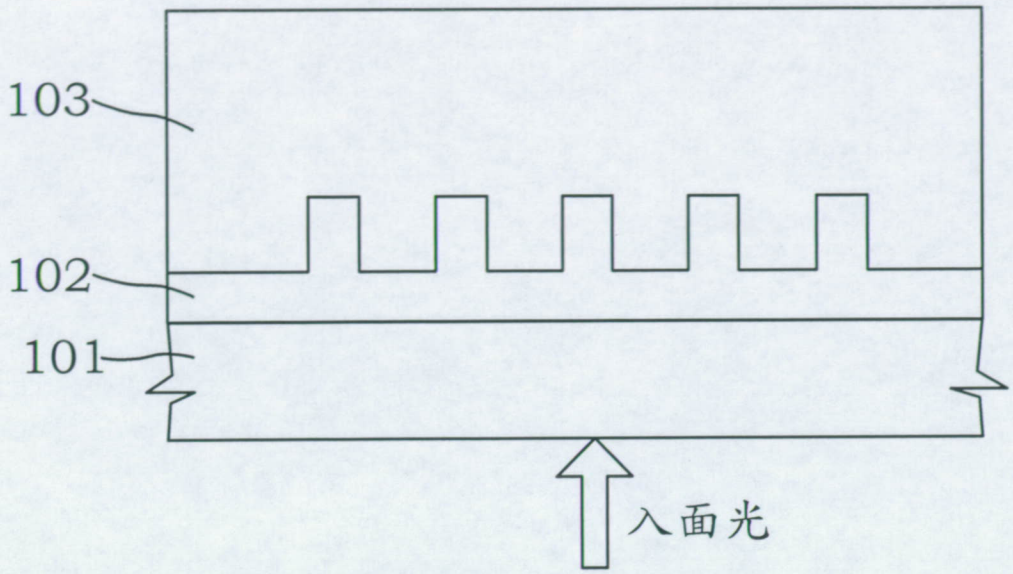
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該光子晶體更包含一次光子晶體。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該次光子晶體具有對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

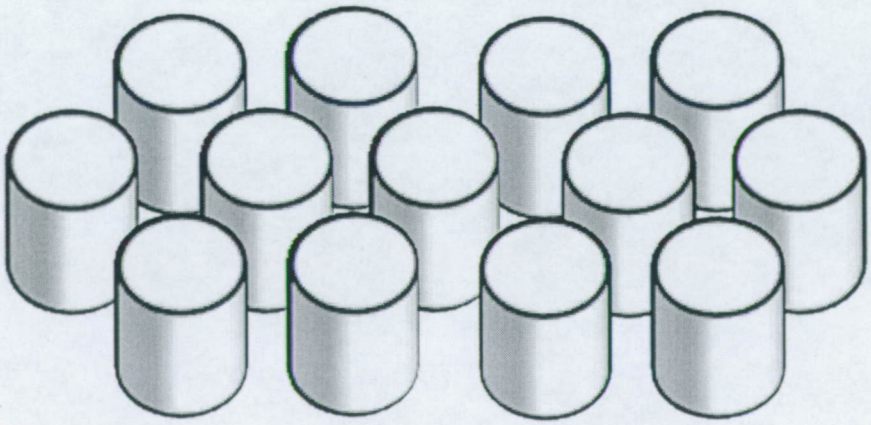
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該光子晶體具有對稱性與非對稱性之排列，且具有準週期排列之形狀。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有週期性結構透明導電極之太陽能電池裝置，其中該吸收層係由一晶質矽以及一非晶質矽等群組中所選出。

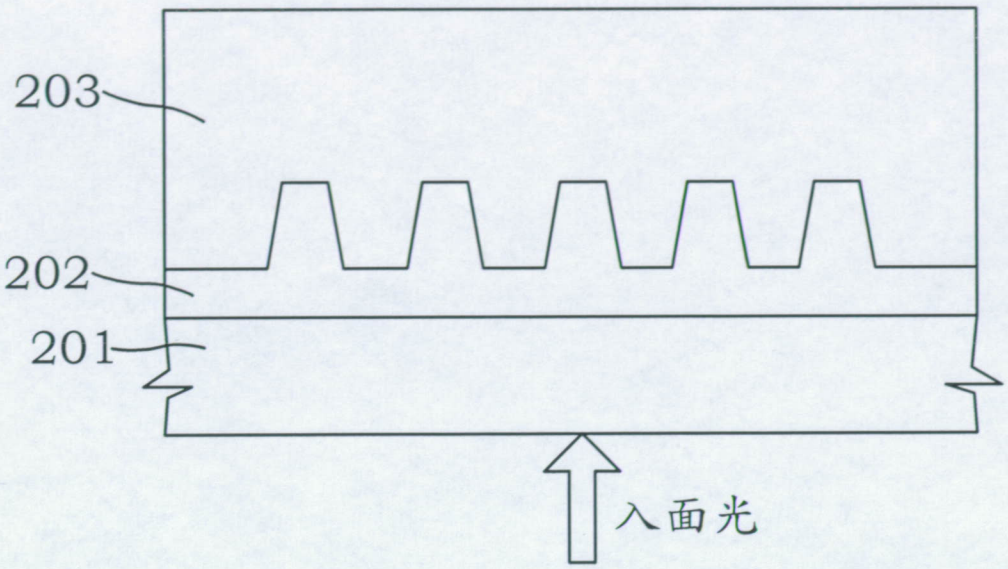
八、圖式：



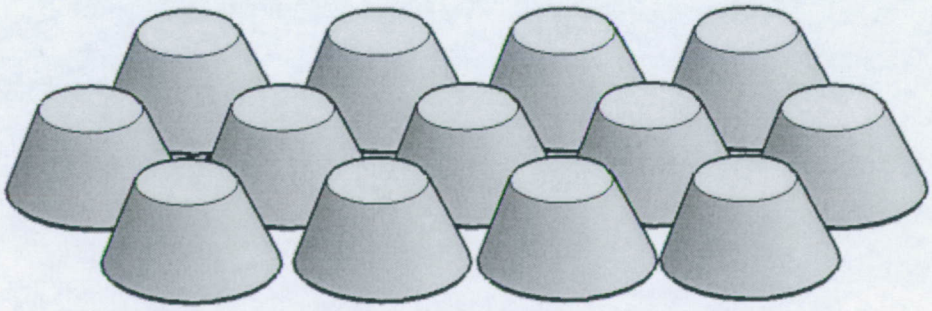
第 1A 圖



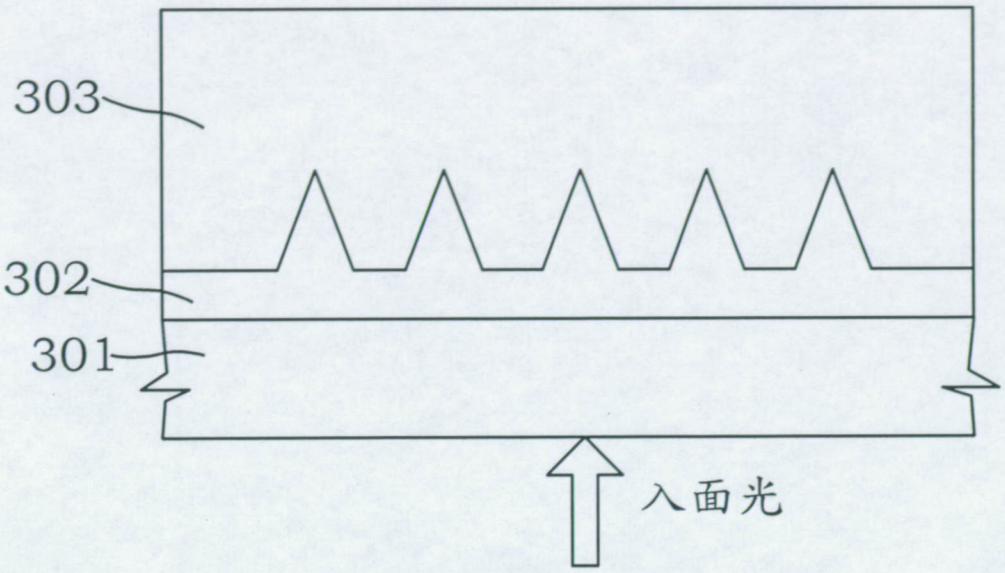
第 1B 圖



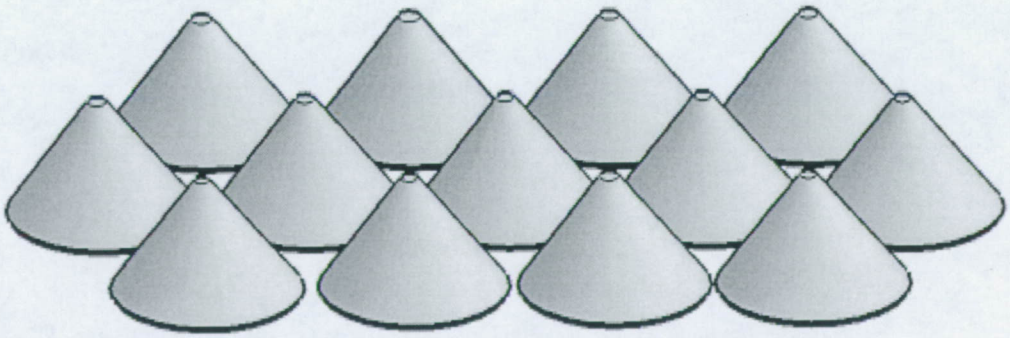
第 2A 圖



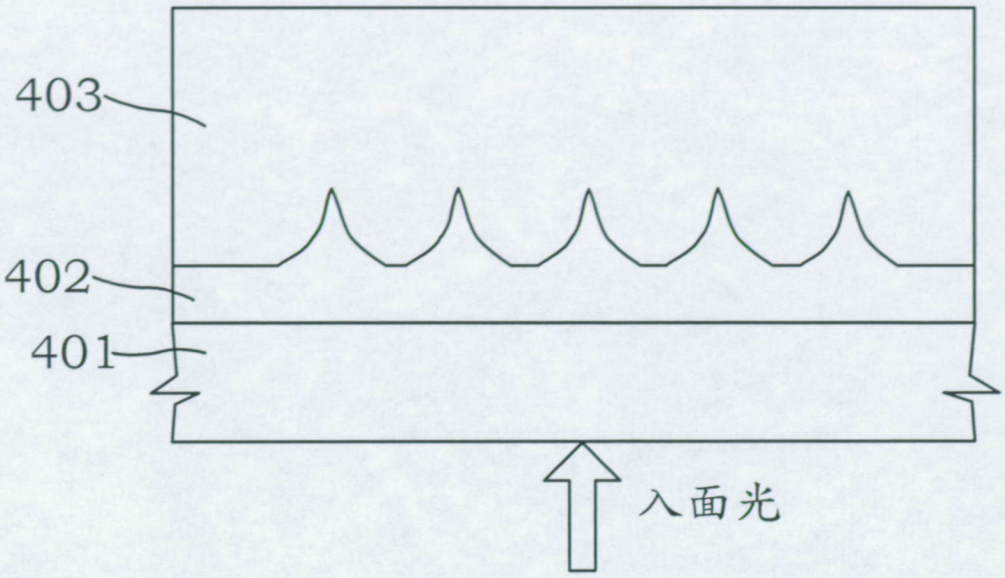
第 2B 圖



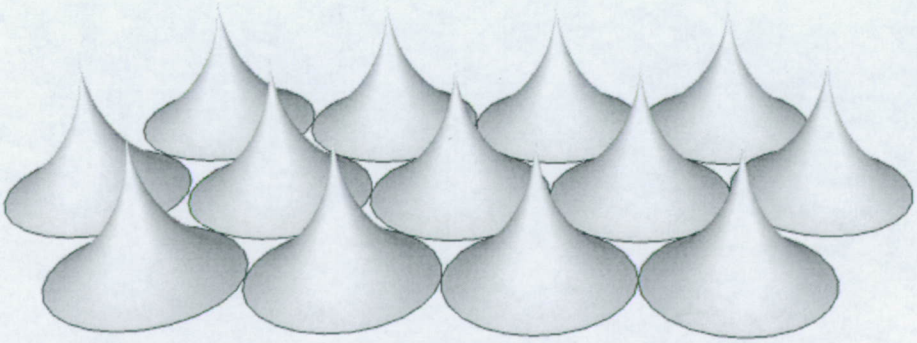
第 3A 圖



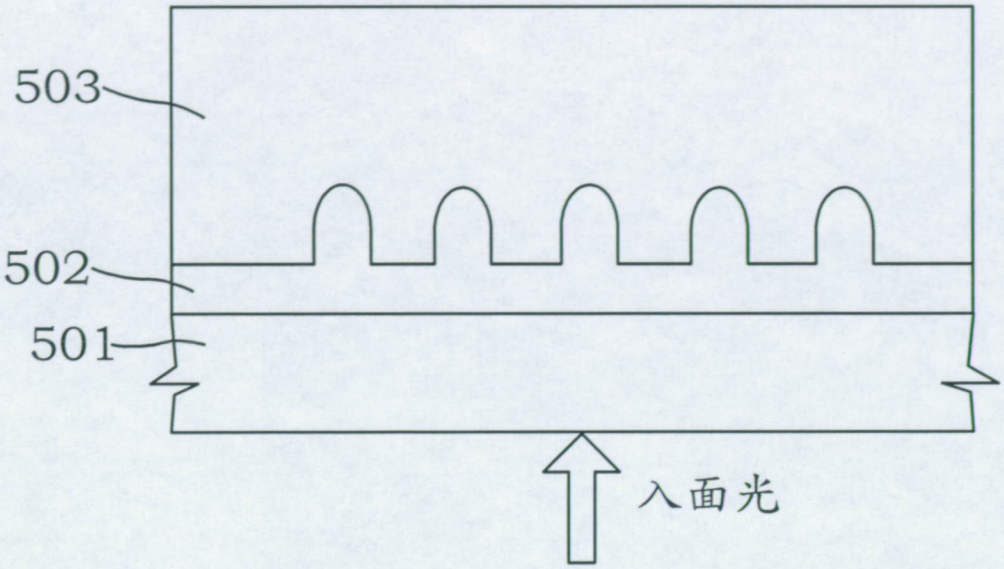
第 3B 圖



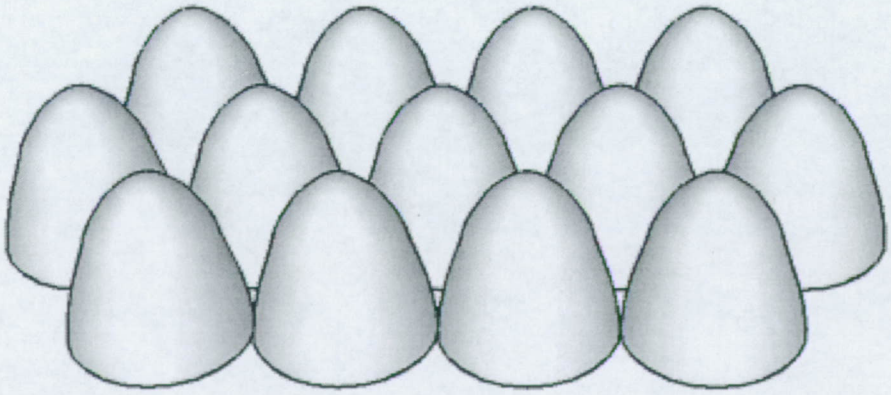
第 4A 圖



第 4B 圖



第 5A 圖



第 5B 圖