



(21)申請案號：107129725 (22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 08 月 27 日
 (51)Int. Cl. : **H01L31/0224(2006.01)** **H01L31/18 (2006.01)**
 (30)優先權：2017/08/29 中華民國 106129292
 (71)申請人：柯作同 (中華民國) KO, TSO-TUNG (TW)
 臺北市士林區華榮街 11 號 2 樓
 (72)發明人：柯作同 KO, TSO-TUNG (TW)
 (74)代理人：陳思源
 (56)參考文獻：
 EP 2546887A US 2008/0092955A1
 審查人員：梁宏維
 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 38 頁

(54)名稱

太陽能電池及其製造方法

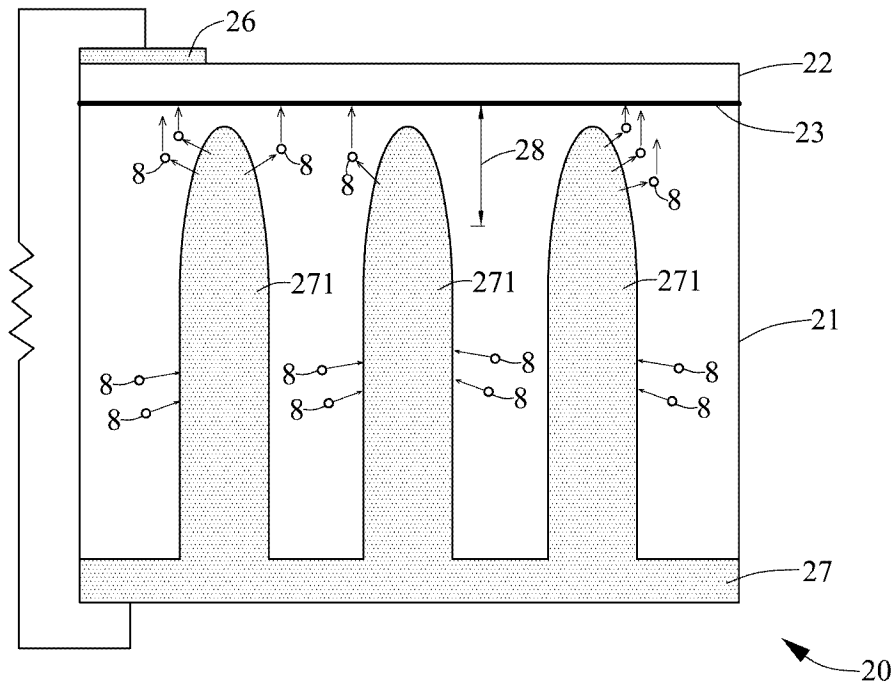
SOLAR CELL AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)摘要

本發明提供一種太陽能電池，太陽能電池包括一 N 型半導體、一 P 型半導體、一頂部電極及一底部電極。其中，P 型半導體緊密結合 N 型半導體，P 型半導體及 N 型半導體之間形成一個 PN 界面，且 P 型半導體包括至少一個深溝槽。頂部電極是連接於 N 型半導體，而底部電極連接於該 P 型半導體，底部電極包括至少一微型電極柱，且微型電極柱嵌入於該深溝槽內，並與 P 型半導體形成導電連接。當該 P 型半導體的一擴散長度為 T 時，PN 界面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。”

A solar cell is provided. The solar cell includes a N-type semiconductor, P-type semiconductor, a top electrode and a bottom electrode. The P-type semiconductor is tightly coupled to the N-type semiconductor. A P-N junction is between the P-type semiconductor and the N-type semiconductor. The P-type semiconductor includes at least one deep groove. The top electrode is connected to the N-type semiconductor. The bottom electrode is connected to the P-type semiconductor. The bottom electrode includes at least one miniature electrode column. The miniature electrode column is embedded in the deep groove and electrically connected to the P-type semiconductor. When a diffusion length of the P-type semiconductor is T, the distance between the P-N junction and the tip of the miniature electrode column is less than or equal to $1/2T$.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 8 . . . 自由電子
- 20 . . . 太陽能電池
- 21 . . . P 型半導體
- 22 . . . N 型半導體
- 23 . . . PN 界面
- 26 . . . 頂部電極
- 27 . . . 底部電極
- 271 . . . 微型電極柱

圖 3B

【發明說明書】

【中文發明名稱】 太陽能電池及其製造方法

【英文發明名稱】 SOLAR CELL AND MANUFACTURING METHOD

THEREOF

【技術領域】

本發明為一種太陽能電池及其製造方法，特別是指一種具有微型電極柱的太陽能電池及其製造方法，該微型電極柱的頂端靠近該太陽能電池的P/N界面，且該微型電極柱的頂端距離P/N界面最多不超過擴散長度的一半。

【先前技術】

請參閱圖1及圖2，圖1所繪示為現今的太陽能電池10的立體圖，圖2所繪示為現今的太陽能電池10的剖視示意圖。太陽電池(solar cell)是以半導體製程的製作方式而產生，其發電原理是將太陽光照射在太陽電池上，使太陽電池吸收太陽光能透過圖1中的P型半導體11及N型半導體12使其產生電子(負極)及電洞(正極)，再經由跨越PN界面13的電場，把電子從P型半導體11吸到N型半導體12，然後經由導線14傳輸至負載。更詳細來說，太陽能電池10吸收太陽光能後，P型半導體11中被太陽光所激活的自由電子8必須漂移到PN界面13且進入N型半導體。之後，自由電子8經由頂部電極12A傳導至外部負載。之後，自由電子8被傳送底部電極11A，再經由底部電極11A返回到P型半導體11。這樣一來，便形成了電流。

上述中，由於較厚的P型半導體11會導致自由電子8須通過高電阻的漫長路徑，且自由電子8也會與P型半導體11的電洞重新結合(自由電子8消失)，所以大量的自由電子8將無法漂移到PN界面13。舉例來說，在圖2中具有一虛擬線15，

虛擬線15是位於PN界面13正下方，且虛擬線15與PN界面13的距離為自由電子8於P型半導體11中的擴散長度。其中，在虛擬線15上方的自由電子8在統計學上具有更高的機率漂移到PN界面13。反之，在虛擬線15之下方所產生的自由電子8要漂移到PN界面13的機會幾乎是不可能的，這是因為自由電子要能夠漂移超過擴散長度以上，而還能夠保持自由，不被重新結合吸收的概率接近於零，所以大多數被太陽光所激發的自由電子無法發揮作用，太陽電池所吸收的能量，多半都因此被浪費掉了。也因為如此，太陽能電池10的光電轉換效率偏低，通常只能達到為20%的光電轉換效率。

因此，如何解決自由電子8的消失與P型半導體11中過長的電阻路徑與提高太陽能電池的光電轉換效率，便是值得本領域具有通常知識者去思量的挑戰。

【發明內容】

本發明之目的在於提供一太陽能電池，該太陽能電池能減少自由電子的消失與縮短自由電子所經過電阻路徑。並且，該太陽能電池具有較高的光電轉換效率。

本發明提供一種太陽能電池，太陽能電池包括一N型半導體、一P型半導體、一頂部電極及一底部電極。其中，P型半導體緊密結合N型半導體，P型半導體及N型半導體之間形成一個PN界面，且P型半導體包括至少一個深溝槽。頂部電極是連接於N型半導體，而底部電極連接於該P型半導體，底部電極包括至少一微型電極柱，且微型電極柱嵌入於該深溝槽內，微型電極柱並與P型半導體形成導電連接。其中，當該P型半導體的一擴散長度為T時，PN界面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。”。

本發明提供一種太陽能電池包括一N型半導體、一P型半導體、一頂部電極及一底部電極。P型半導體緊密結合N型半導體，P型半導體及N型半導體之間形

成一個PN介面，且N型半導體包括至少一個深溝槽。頂部電極連接於N型半導體，頂部電極包括至少一微型電極柱，且微型電極柱嵌入於深溝槽內。底部電極連接於P型半導體。其中，當該N型半導體的一擴散長度為T時，PN介面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。”。

在上述之太陽能電池，其中微型電極柱為一中空結構，且該微型電極柱的外部表面緊密貼合該深溝槽，並與P型半導體形成導電連接。

在上述之太陽能電池，其中深溝槽的兩側邊呈互相平行或深溝槽的兩側邊的延伸線形成一銳角。

在上述之太陽能電池，其中微型電極柱的橫截面為長矩形、正方形、菱形、圓形、橢圓形、多邊形、或波浪狀。

在上述之太陽能電池，其中兩個相鄰的微型電極柱之間的理想距離為所使用晶圓的擴散長度或是小於擴散長度，也就是等於T，或者是小於T。

本發明提供一種太陽能電池的製造方法，該製造方法包括下列步驟：

提供一N型半導體接合一P型半導體的其中一面，且該P型半導體及該N型半導體之間形成一個PN介面；

提供一氧化層貼合該P型半導體的另一面；

提供多個光阻層覆蓋於該氧化層；

蝕刻該未被該光阻層所覆蓋的該氧化層；

移除該光阻層；

蝕刻未被該氧化層所覆蓋的該P型半導體，以形成至少一個深溝槽；

移除該氧化層；

提供一底部電極連接於該P型半導體；

其中，該底部電極包括至少一個微型電極柱，且該微型電極柱嵌入於該深溝槽內，微型電極柱並與P型半導體形成導電連接；其中，當該P型半導體的一擴散長度為T時，該PN介面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。

在上述之太陽能電池的製造方法，其中微型電極柱可為一中空結構，且該微型電極柱的外部表面緊密貼合該深溝槽。

在上述之太陽能電池的製造方法，其中兩個相鄰的微型電極柱之間的理想距離為所使用晶圓的擴散長度，也就是等於T，或者是T以下。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【圖式簡單說明】

圖1所繪示為現今的太陽能電池10的立體圖。

圖2所繪示為現今的太陽能電池10的剖視示意圖。

圖3A所繪示為本實施例之太陽能電池20的立體圖。

圖3B所繪示為本實施例之太陽能電池20的剖視圖。

圖3C所繪示為P型半導體的深溝槽210的示意圖。

圖3D所繪示為不同高度的微型電極柱271所產生的光電轉換效率的對照圖表。

圖3E所繪示為底部電極27只有單一個微型電極柱271的示意圖。

圖4A、圖4B及圖4C所繪示為微型電極柱271各種橫截面的形狀的示意圖。

圖5A所繪示為另一實施例之太陽能電池30的剖視圖。

圖5B所繪示為再一實施例之太陽能電池40的剖視圖。

圖5C所繪示為又一實施例之太陽能電池50的剖視圖。

圖6所繪示為再一實施例之太陽能電池60的剖視圖。

圖7A~圖7H所繪示為太陽能電池20的製造方法的各個步驟的示意圖。

【實施方式】

請參閱圖3A及圖3B，圖3A所繪示為本實施例之太陽能電池20的立體圖，圖3B所繪示為本實施例之太陽能電池20的剖視圖。太陽能電池20包括一N型半導體22、一P型半導體21、一頂部電極26及一底部電極27，P型半導體21緊密結合N型半導體22，P型半導體21及N型半導體22之間形成一個PN界面23，且P型半導體21包括至少一個深溝槽210(請參閱圖3C，圖3C所繪示為P型半導體的深溝槽210的示意圖)。此外，頂部電極26是連接於N型半導體22，而底部電極27是連接於P型半導體21。另外，底部電極27包括至少一微型電極柱271(圖3A及圖3B是以3個微型電極柱271作為範例)，且微型電極柱271是嵌入於深溝槽210內。其中，當P型半導體21的一擴散長度為T時，該PN界面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。舉例來說，當P型半導體21的一擴散長度為100um時，PN界面23與微型電極柱271的上方端的距離會小於或等於50um，也就是小於或等於一半的該擴散長度。這樣一來，當太陽能電池20吸收太陽光能後，P型半導體21會被太陽光所激活產生自由電子8。其中，較靠近PN界面23的自由電子8能輕易的漂移到PN界面23，而與PN界面23距離較遠的自由電子8也能經由微型電極柱271傳導至微型電極柱271的上方端。詳細來說，微型電極柱271可視為自由電子8的一傳導橋梁，原本與PN界面23距離較遠的自由電子8會被微型電極柱271所吸收。之後，被吸收的自由電子8沿著微型電極柱271此路徑到達微型電極柱271的上方端(該上方端位於PN界面23距離須不大於此案例的50um，或是不大於擴散長度的一半)。接著，被吸收的自由電子8從微型電極柱271的上方端離開至較靠近PN界面23的區域。因此，與PN界面23距離較遠的自由電子8便無須通過高電阻的漫長路徑，且自由電子8也不容易與P型半導體21的電洞重新結合(自由電子8會先被微型電極柱271所吸收)。

在上述中，太陽能電池20的PN接面23與微型電極柱271的上方端的距離還須不大於該擴散長度的一半，這是因為距離不大於該擴散長度一半的情形下，太陽能電池20的光電轉換效率才會有顯著的提升(超過30%)，詳細說明如下：

請參閱圖3D，圖3D所繪示為不同高度的微型電極柱271所產生的光電轉換效率的對照圖表，申請人使用多個不同高度的微型電極柱271的太陽能電池(越高的微型電極柱271的PN接面23與微型電極柱271上方端的距離越短)，並計算太陽能電池的光電轉換效率，最終結果如圖3D的對照圖表。經由圖3D的對照圖表能得知，當晶圓厚度為180um時(N型半導體的厚度為1um，P型半導體的厚度為179um，晶圓的擴散長度：100um)時，PN接面23與微型電極柱271上方端的距離為0.25um的太陽能電池的光電轉換效率為38%，距離為5um的光電轉換效率為36%，距離為50 um的光電轉換效率為33%。然而，當PN接面23與微型電極柱271上方端的距離超過50um時，太陽能電池的光電轉換效率皆低於30%，例如：距離為75 um的光電轉換效率為23%，距離為95 um的光電轉換效率為22%，距離為100 um的光電轉換效率為21%。因此，當PN接面23與微型電極柱271上方端的距離不大於50 um時，也就是該距離不大於一半的該擴散長度時，太陽能電池才具有顯著的光電轉換效率。也因為如此，相較於傳統的太陽能電池10(其光電轉換效率通常只能達到為20%)，本實施例之太陽能電池20具有極佳的能源轉換效率(光電轉換效率能達到為30%以上)。

另外，當太陽能電池20具有多個微型電極柱271時，兩個相鄰的微型電極柱271之間的距離以不大於該擴散長度最為理想。舉例來說，當N型半導體22結合P型半導體21的厚度為為180um時(晶圓厚度為180um時，晶圓的擴散長度是100um)，兩個相鄰的微型電極柱271之間的距離不大於100um，也就是小於或等於1倍的擴散長度。這樣一來，自由電子8有很高的機會在100um的擴散長度內到達兩相鄰的微型電極柱271的其中一個，所以自由電子8不會與電洞結而消失。

請參閱圖3E，圖3E所繪示為底部電極27只有單一個微型電極柱271的示意圖。在上述的圖3A及圖3B中的太陽能電池20是以三個微型電極柱271作為範例。然而，本領域通常知識者能得知，太陽能電池20也能只具有一個微型電極柱271，同樣能達到傳導自由電子8的功效。

請參閱圖4A、圖4B及圖4C，圖4A、圖4B及圖4C所繪示為微型電極柱271各種橫截面的形狀的示意圖。在圖4A中，微型電極柱271的橫截面的形狀為任何多邊形，例如為長矩形、菱形、正方形或六邊形；在圖4B中，微型電極柱271的橫截面的形狀例如為圓形或橢圓形；在圖4C中，微型電極柱271的橫截面的形狀例如為波浪狀。在上述中，雖然微型電極柱271的橫截面具有多樣化的不同態樣。然而，只要PN界面23與微型電極柱271上方端的距離不大於該擴散長度的一半時，不同態樣的微型電極柱271都幫助自由電子8漂移到PN界面。

請參閱圖5A，圖5A所繪示為另一實施例之太陽能電池30的剖視圖，太陽能電池30是經由太陽能電池20所轉化而來，其主要差異在於太陽能電池30的微型電極柱371為一中空結構，微型電極柱371的外部表面是緊密貼合於深溝槽210，且微型電極柱371的上方端與PN界面23之間的距離同樣不超過該擴散長度的一半。如此一來，中空結構的微型電極柱371同樣能作為自由電子8的傳導橋梁，幫助更多的自由電子8漂移到PN界面。此外，由於微型電極柱371成為一中空結構，所以太陽能電池30的底部電極37便可只使用少量的金屬材料，大大降低本發明的製作成本。

請參閱圖5B，圖5B所繪示為再一實施例之太陽能電池40的剖視圖，太陽能電池40也是由太陽能電池20轉變而來。其中，太陽能電池40的PN界面會與微型電極柱471的上方端保持一相對應的距離。詳細來說，當微型電極柱471的上方端呈現出一圓弧狀的態樣時，太陽能電池40的PN界面43是等距離偏移該上方端，也就是說PN界面43已成為該上方端的一偏移曲面。這樣一來，微型電極柱

471的上方端的兩側部位會更接近於PN界面43，所以當自由電子8從該上方端的兩側部位離開後，自由電子8可輕易的漂移至PN界面。

請參閱圖5C，圖5C所繪示為又一實施例之太陽能電池50的剖視圖，太陽能電池50是由太陽能電池20所轉變而來，兩者差異在於太陽能電池50的深溝槽510的兩側邊的延伸線511會形成一銳角 θ 。這樣一來，略具有斜度的深溝槽510可幫助導電材料的沉積(沉積後的導電材料會形成微型電極柱271)。

請參閱圖6，圖6所繪示為再一實施例之太陽能電池60的剖視圖，太陽能電池60也是由太陽能電池20所轉換而來，主要是互換P型半導體21與N型半導體22的技術特徵，詳細的太陽能電池60的技術特徵如下：

太陽能電池60包括一N型半導體62、一P型半導體61、一頂部電極66及一底部電極67，P型半導體61緊密結合N型半導體62，P型半導體61及N型半導體62之間形成一個PN界面63，且N型半導體62包括至少一個深溝槽610。此外，頂部電極66是連接於N型半導體62，而底部電極67是連接於P型半導體61。另外，頂部電極66包括至少一微型電極柱671(圖6是以3個微型電極柱671作為範例)，且微型電極柱671是嵌入於深溝槽610內。其中，當N型半導體62的一擴散長度為T時，PN界面63與微型電極柱671的上方端的距離不大於 $1/2T$ ，也就是PN界面63與微型電極柱671的上方端的距離不大於該擴散長度的一半。同理，微型電極柱671可視為自由電子8的一傳導橋梁，原本與PN界面63距離較遠的自由電子8會被微型電極柱671所吸收。之後，被吸收的自由電子8沿著微型電極柱671此路徑到達微型電極柱671的上方端。接著，被吸收的自由電子8從微型電極柱671的上方端離開，此階段的自由電子8已很靠近PN界面63。因此，原本與PN界面63距離較遠的自由電子8便無須通過高電阻的漫長路徑，本實施例之太陽能電池60會具有極佳的光電轉換效率。上述中，當太陽能電池60具有多個微型電極柱671時，兩

個相鄰的微型電極柱671之間的距離同樣不大於該擴散長度時，才能確保底部的自由電子8能抵達微型電極柱671。

此外，太陽能電池20的製造方法包括如下：

首先，提供一N型半導體22接合一P型半導體21的其中一面，且P型半導體21及N型半導體22之間是形成一個PN接面23。之後，請參閱圖7A，提供一氧化層71貼合P型半導體21的另一面。之後，請參閱圖7B，提供多個光阻層72覆蓋於氧化層71。之後，請參閱圖7C，將未被光阻層72所覆蓋的氧化層71進行蝕刻。之後，請參閱圖7D，移除光阻層72。之後，請參閱圖7E，蝕刻該未被該氧化層71所覆蓋的該P型半導體21，以形成至少一個深溝槽210。之後，請參閱圖7F，移除氧化層71。之後，請參閱圖7G，提供一底部電極27連接於P型半導體，且底部電極27包括至少一個微型電極柱271，微型電極柱271是嵌入於深溝槽210內(每一個微型電極柱271是相對應一個深溝槽210，且微型電極柱271可經由導電材料逐步沉積於深溝槽210所形成)。之後，請參閱圖7H，提供一頂部電極26連接於N型半導體22。並且，當P型半導體21的一擴散長度為T時，PN接面23與微型電極柱271的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。經由上述步驟便能初步完成本實施例之太陽能電池20。

另外，在該導電材料沉積形成微型電極柱271之前，可先在深溝槽210的表面沉積一層導電的阻擋層(Barrier Layer)，該阻擋層例如為氮化鈦(TiN)或是鎢化鈦(TiW)，以保護後續的該導電材料不會擴散進入P型半導體內。此外，若使用鋁做為該導電材料，可以在該導電材料中先加入微量的矽，鋁中微量的矽能避免鋁擴散進入晶片中，造成損害的發生。如此一來，便可不使用阻擋層，省下很大的製作成本。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

8：自由電子

10：傳統的太陽能電池

11：P型半導體

11A：底部電極

12：N型半導體

12A：頂部電極

13：PN界面

14：導線

20、30、40、50、60：太陽能電池

21、61：P型半導體

210、610：深溝槽

22、62：N型半導體

23、43：PN界面

15：虛擬線

26、66：頂部電極

27、67：底部電極

271、371、471、671：微型電極柱

71：氧化層

72：光阻層

θ : 銳角



I668876

【發明摘要】

【中文發明名稱】 太陽能電池及其製造方法

【英文發明名稱】 SOLAR CELL AND MANUFACTURING METHOD

THEREOF

【中文】

本發明提供一種太陽能電池，太陽能電池包括一N型半導體、一P型半導體、一頂部電極及一底部電極。其中，P型半導體緊密結合N型半導體，P型半導體及N型半導體之間形成一個PN接面，且P型半導體包括至少一個深溝槽。頂部電極是連接於N型半導體，而底部電極連接於該P型半導體，底部電極包括至少一微型電極柱，且微型電極柱嵌入於該深溝槽內，並與P型半導體形成導電連接。當該P型半導體的一擴散長度為T時，PN接面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。”

【英文】

A solar cell is provided. The solar cell includes a N-type semiconductor, P-type semiconductor, a top electrode and a bottom electrode. The P-type semiconductor is tightly coupled to the N-type semiconductor. A P-N junction is between the P-type semiconductor and the N-type semiconductor. The P-type semiconductor includes at least one deep groove. The top electrode is connected to the N-type semiconductor. The bottom electrode is connected to the P-type semiconductor. The bottom electrode includes at least one miniature electrode column. The miniature electrode column is embedded in the deep groove and electrically connected to the P-type semiconductor. When a diffusion length of the P-type semiconductor is T, the distance between the P-N junction and the tip of the miniature electrode column is less than or equal to $1/2T$.

【指定代表圖】 圖3B

【代表圖之符號簡單說明】

8：自由電子

20：太陽能電池

21：P型半導體

22：N型半導體

23：PN接面

26：頂部電極

27：底部電極

271：微型電極柱

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種太陽能電池，包括：

一N型半導體；

一P型半導體，該P型半導體緊密結合該N型半導體，該P型半導體及該N型半導體之間形成一個PN界面，且該P型半導體包括至少一個深溝槽；

一頂部電極，該頂部電極連接於該N型半導體；

一底部電極，該底部電極連接於該P型半導體，該底部電極包括至少一微型電極柱，且該微型電極柱嵌入於該深溝槽內；

其中，當該P型半導體的一擴散長度為T時，該PN界面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。

【第2項】

一種太陽能電池，包括：

一N型半導體；

一P型半導體，該P型半導體緊密結合該N型半導體，該P型半導體及該N型半導體之間形成一個PN界面，且該N型半導體包括至少一個深溝槽；

一頂部電極，該頂部電極連接於該N型半導體，該頂部電極包括至少一微型電極柱，且該微型電極柱嵌入於該深溝槽內；

一底部電極，該底部電極連接於該P型半導體；

其中，當該N型半導體的一擴散長度為T時，該PN界面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。

【第3項】

如申請專利範圍第1項或第2項所述之太陽能電池，其中該微型電極柱為一中空結構，且該微型電極柱的外部表面緊密貼合該深溝槽，並與該P型半導體形成導電連接。

【第4項】

如申請專利範圍第1項或第2項所述之太陽能電池，其中該深溝槽的兩側邊的延伸線形成一銳角。

【第5項】

如申請專利範圍第1項或第2項所述之太陽能電池，其中該微型電極柱的橫截面為長矩形、正方形、菱形、圓形、多邊形、橢圓形或波浪狀。

【第6項】

如申請專利範圍第1項或第2項所述之太陽能電池，其中兩個相鄰的該微型電極柱之間的距離不大於T。

【第7項】

一種太陽能電池的製造方法，包括：

提供一N型半導體接合一P型半導體的其中一面，且該P型半導體及該N型半導體之間形成一個PN界面；

提供一氧化層貼合該P型半導體的另一面；

提供多個光阻層覆蓋於該氧化層；

蝕刻該未被該光阻層所覆蓋的該氧化層；

移除該光阻層；

蝕刻未被該氧化層所覆蓋的該P型半導體，以形成至少一個深溝槽；

移除該氧化層；

提供一底部電極連接於該P型半導體；

其中，該底部電極包括至少一個微型電極柱，且該微型電極柱嵌入於該深溝槽內；其中，當該P型半導體的一擴散長度為T時，該PN接面與該微型電極柱的上方端的距離不大於 $1/2T$ 。

【第8項】

如申請專利範圍第7項之太陽能電池的製造方法，其中該微型電極柱為一中空結構，且該微型電極柱的外部表面緊密貼合該深溝槽，且該微型電極柱並與該P型半導體形成導電連接。

【第9項】

如申請專利範圍第7項之太陽能電池的製造方法，其中兩個相鄰的該微型電極柱之間的距離不大於擴散長度T。

【第10項】

如申請專利範圍第7項之太陽能電池的製造方法，其中該深溝槽的兩側邊的延伸線形成一銳角。

【發明圖式】

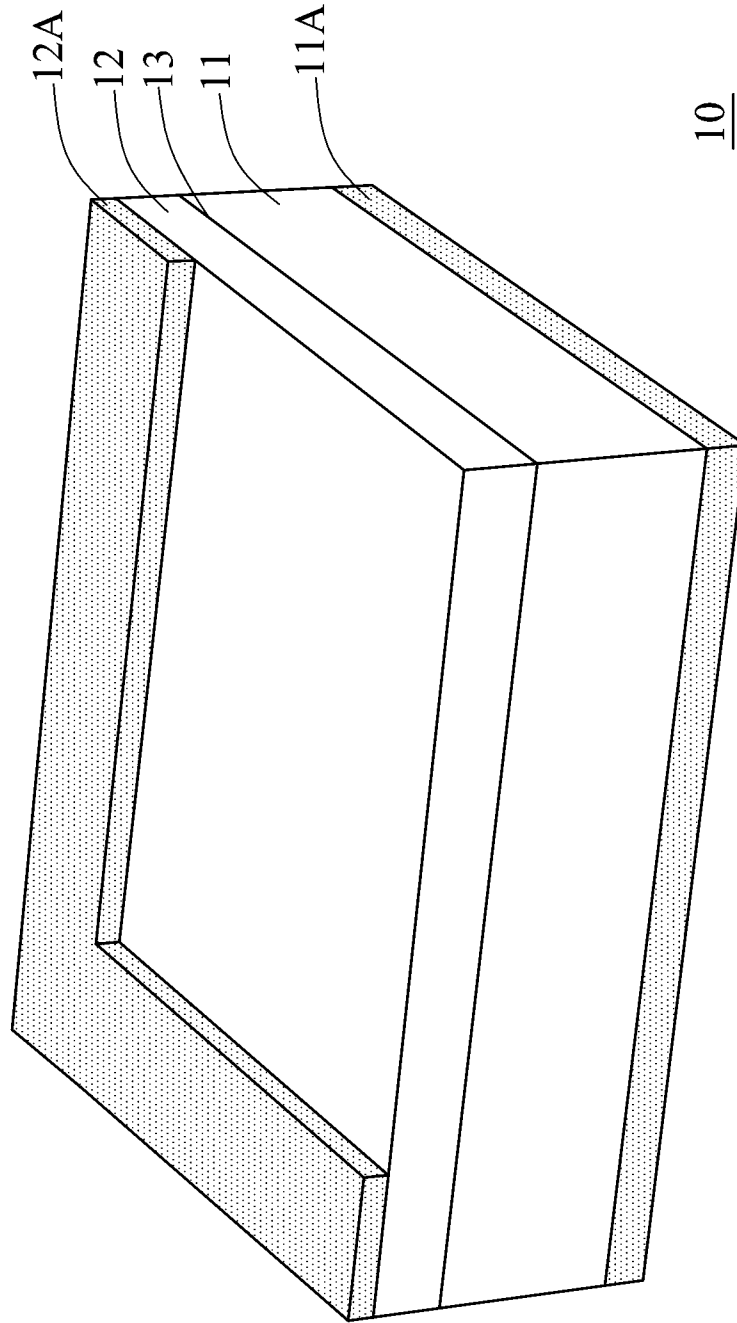


圖1

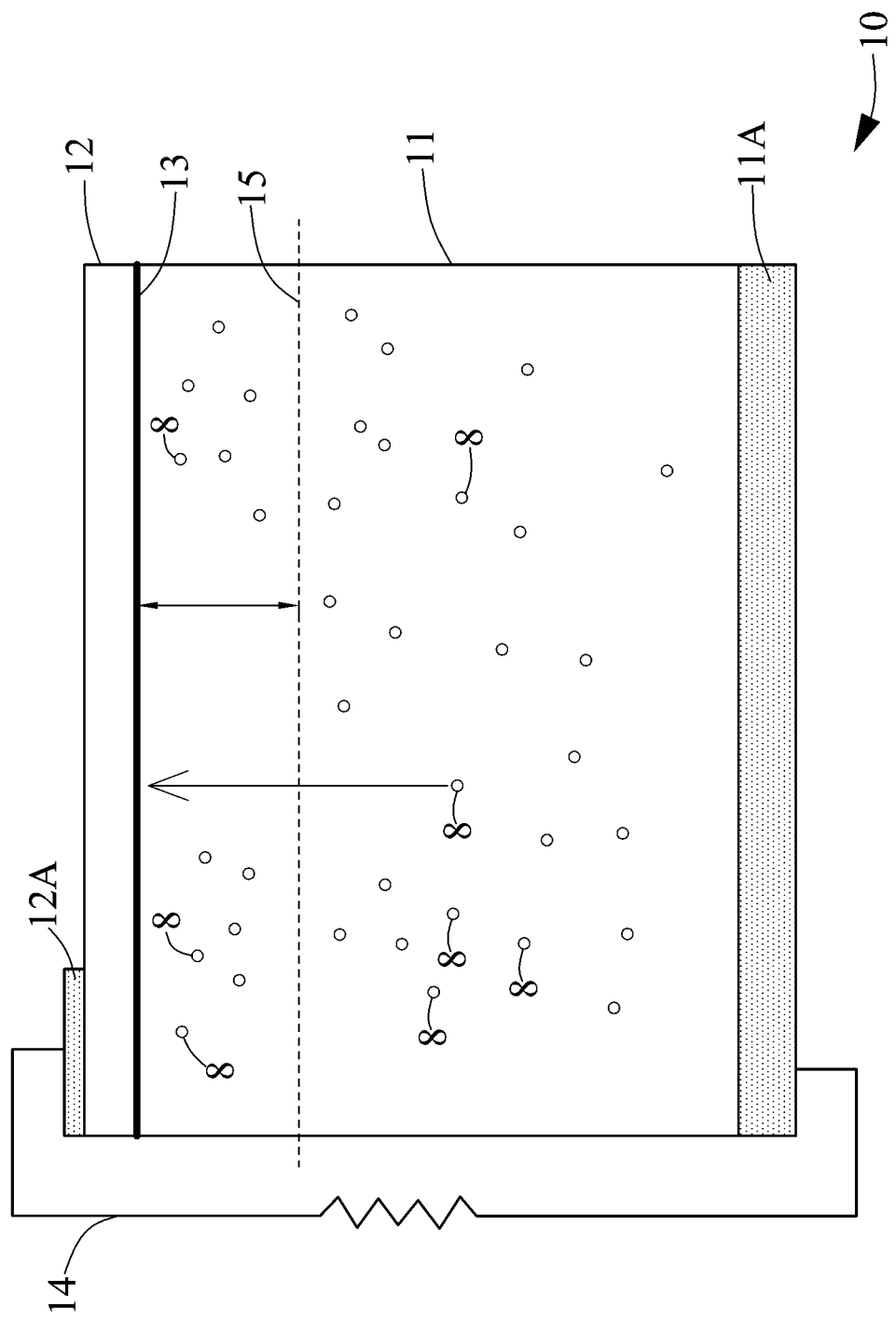


圖2

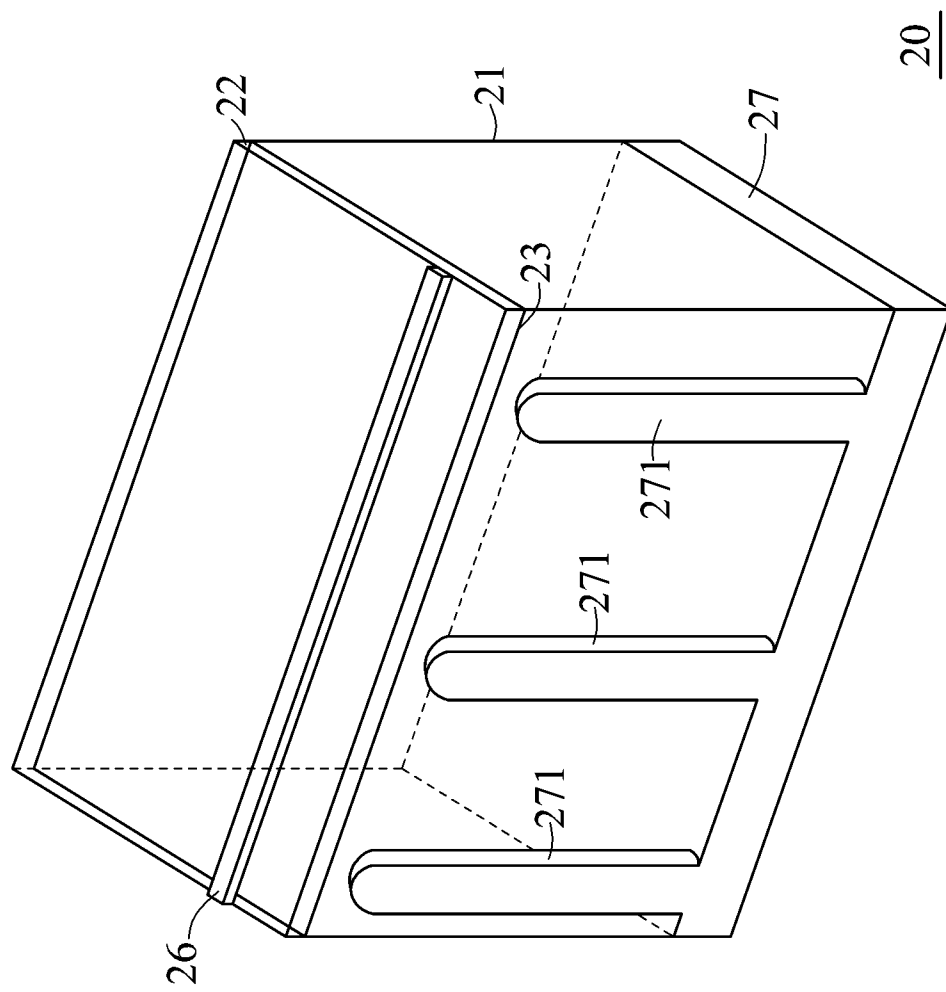


圖3A

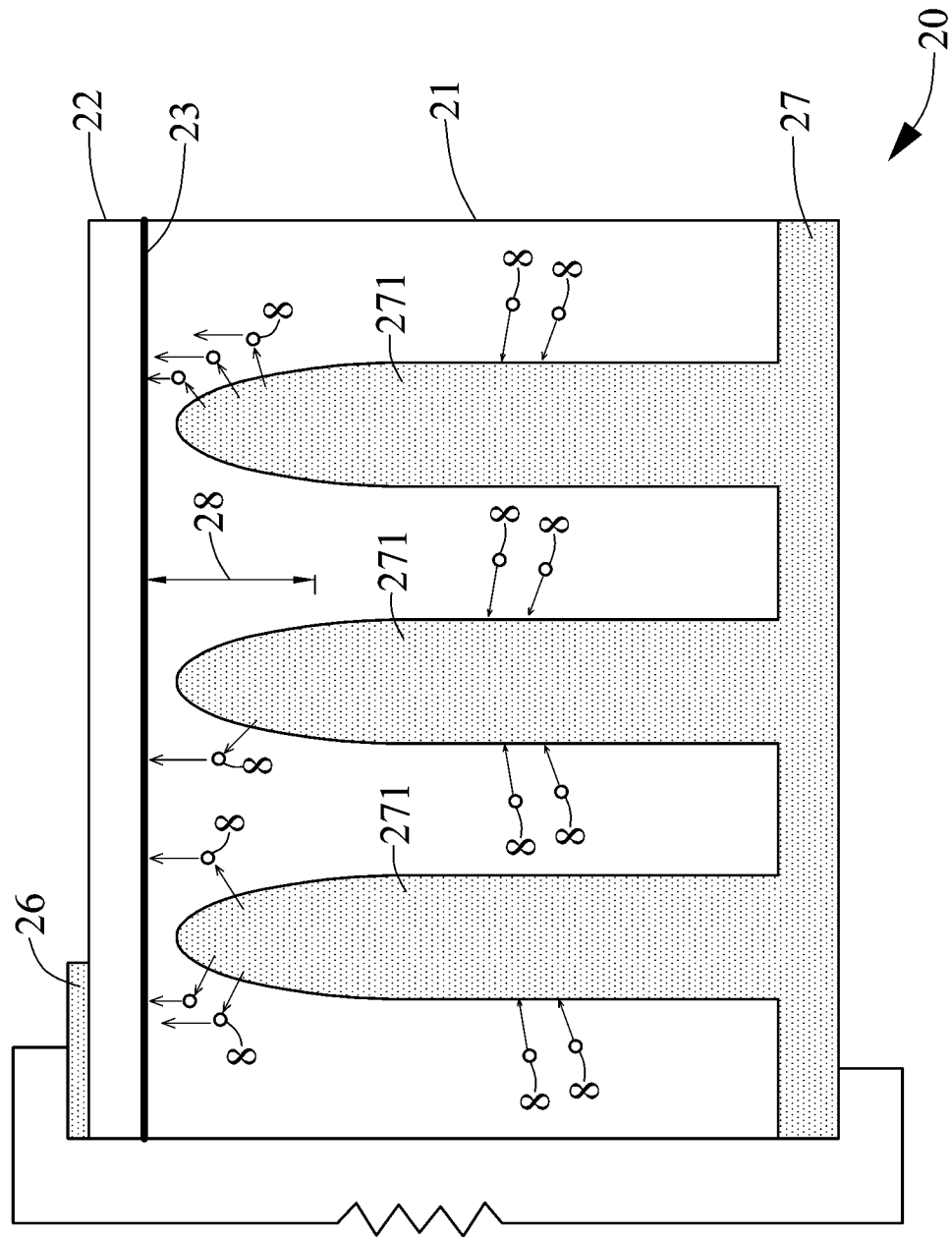


圖3B

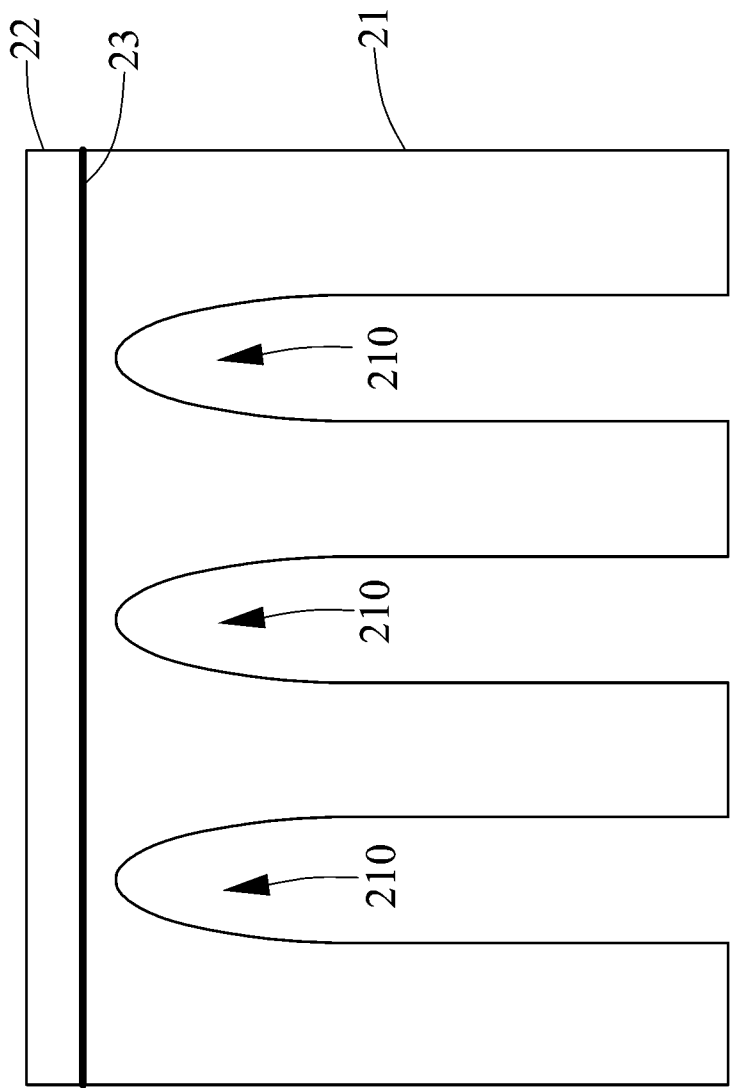


圖 3C

擴散長度: 100um
晶圓厚度: 180um
N型: 1um
P型: 179um

PN界面與微型電極柱的上方 端的距離(單位: um)	相當於擴散長度 的百分比	太陽能電池的光電轉換 效率(單位: %)
0.25um	0.25%	38%
5um	5%	36%
50um	50%	33%
75um	75%	23%
95um	95%	22%
100um	100%	21%
130um	130%	20%
160um	160%	20%
沒有電極柱	N/A	20%

圖 3D

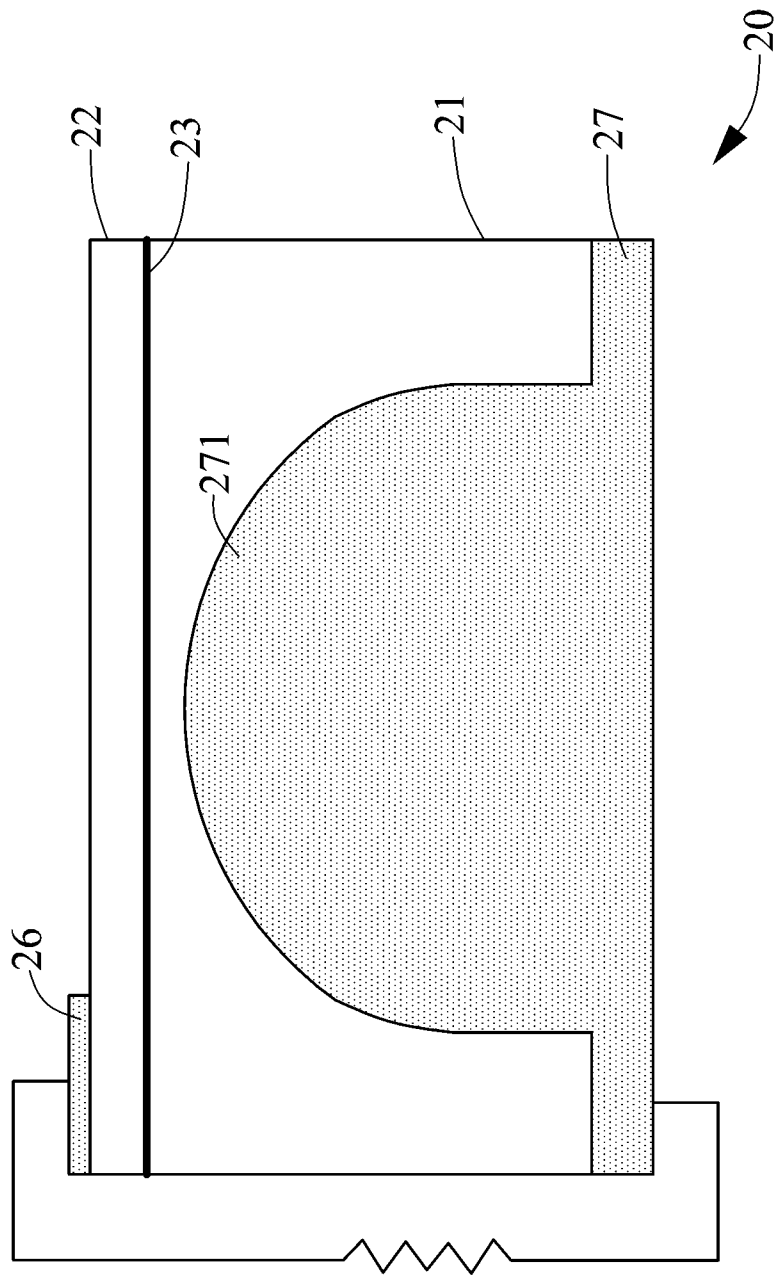


圖3E

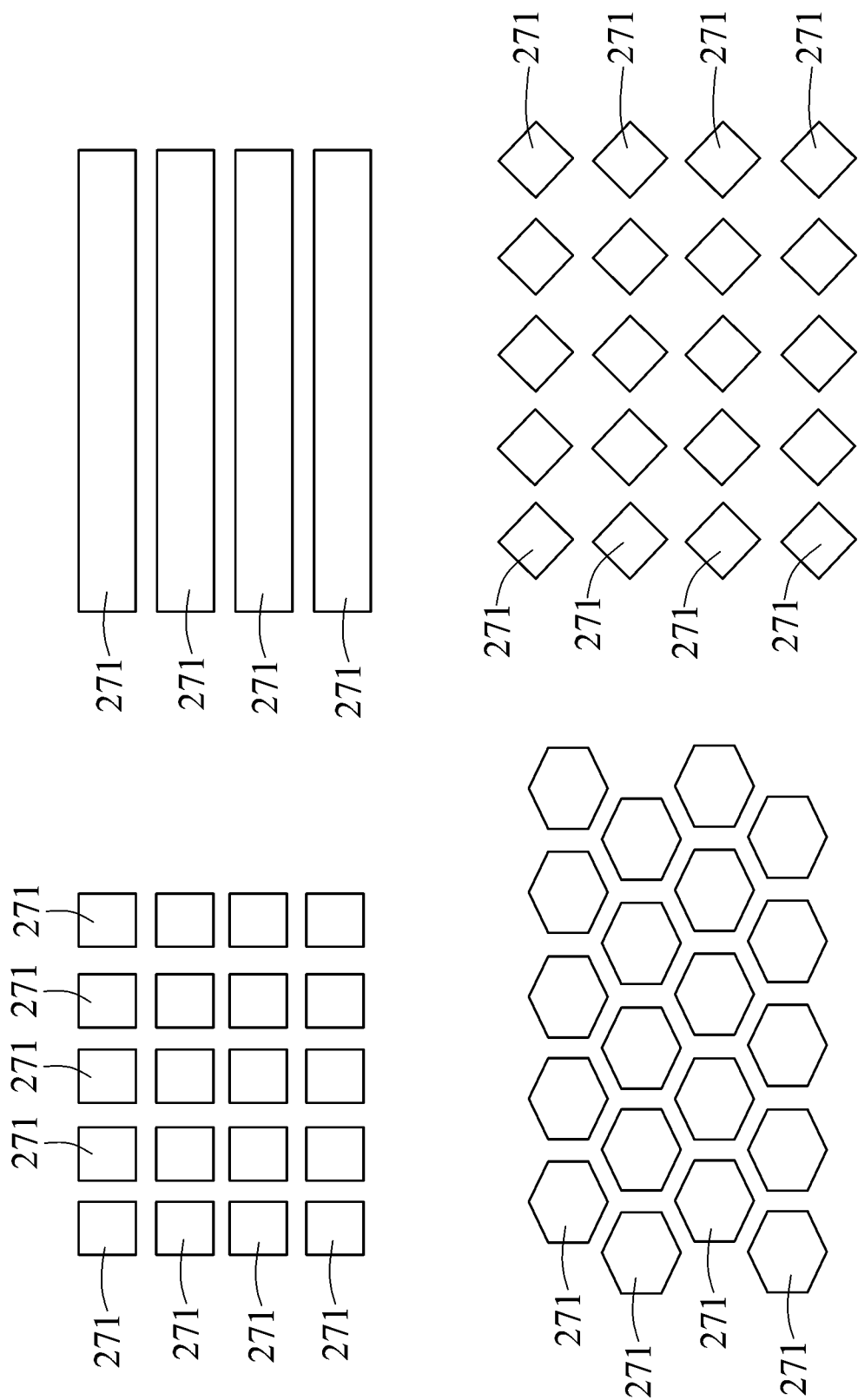


圖 4A

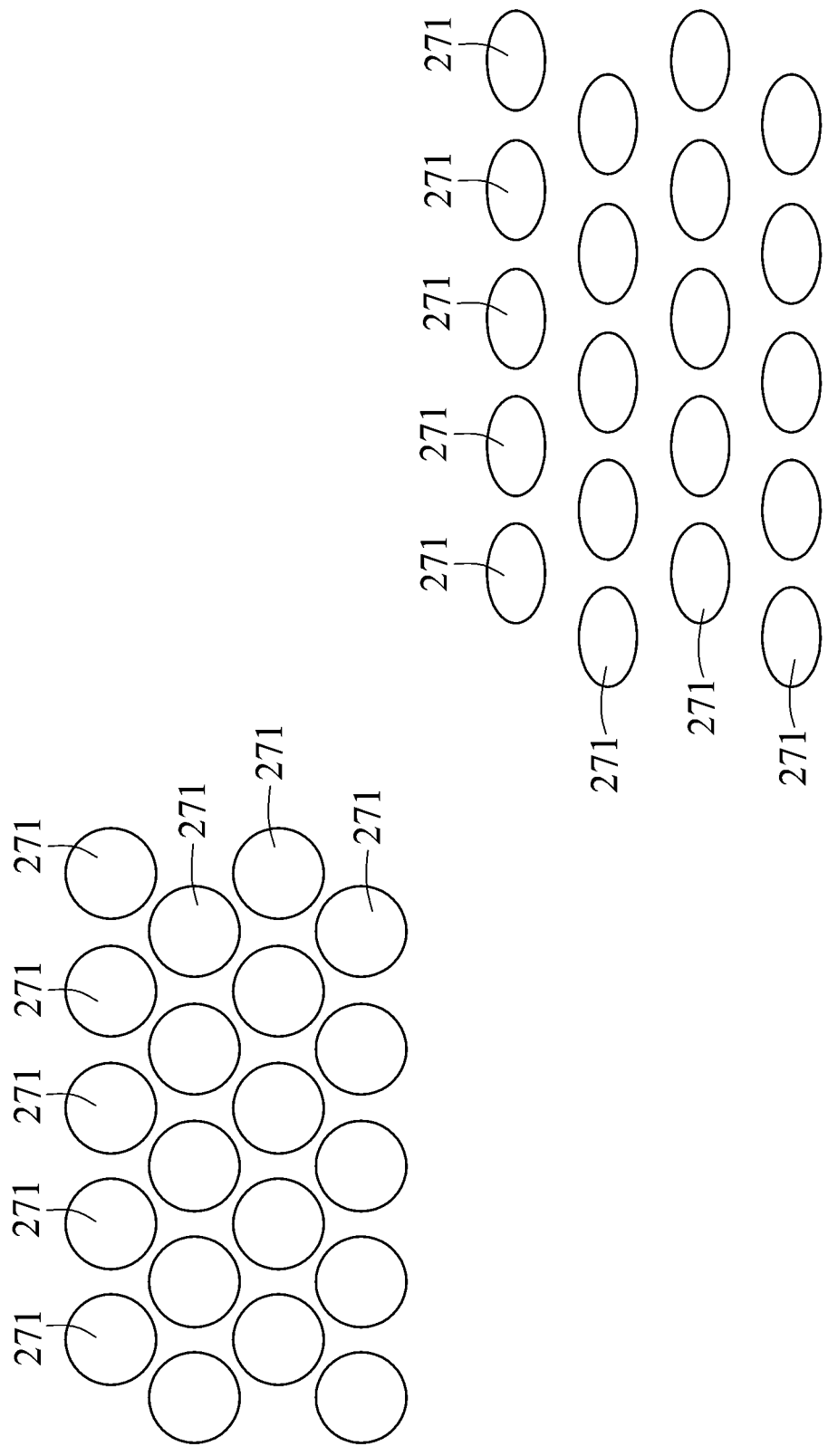


圖 4B

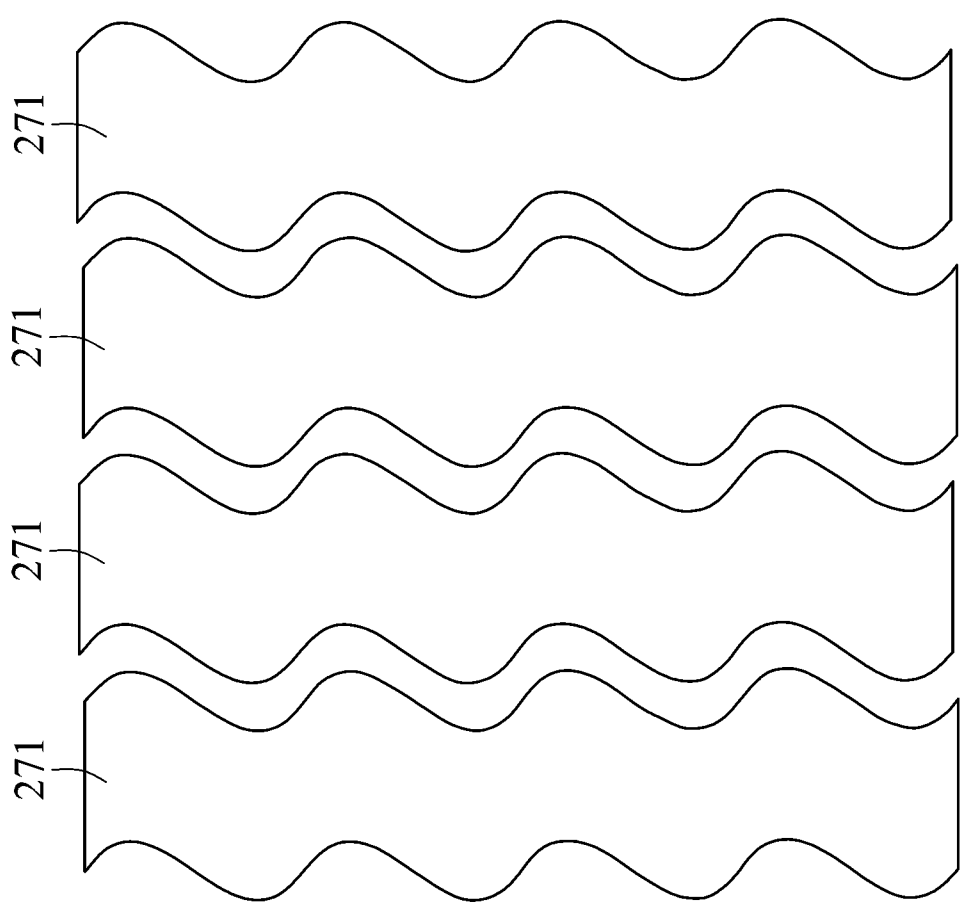


圖4C

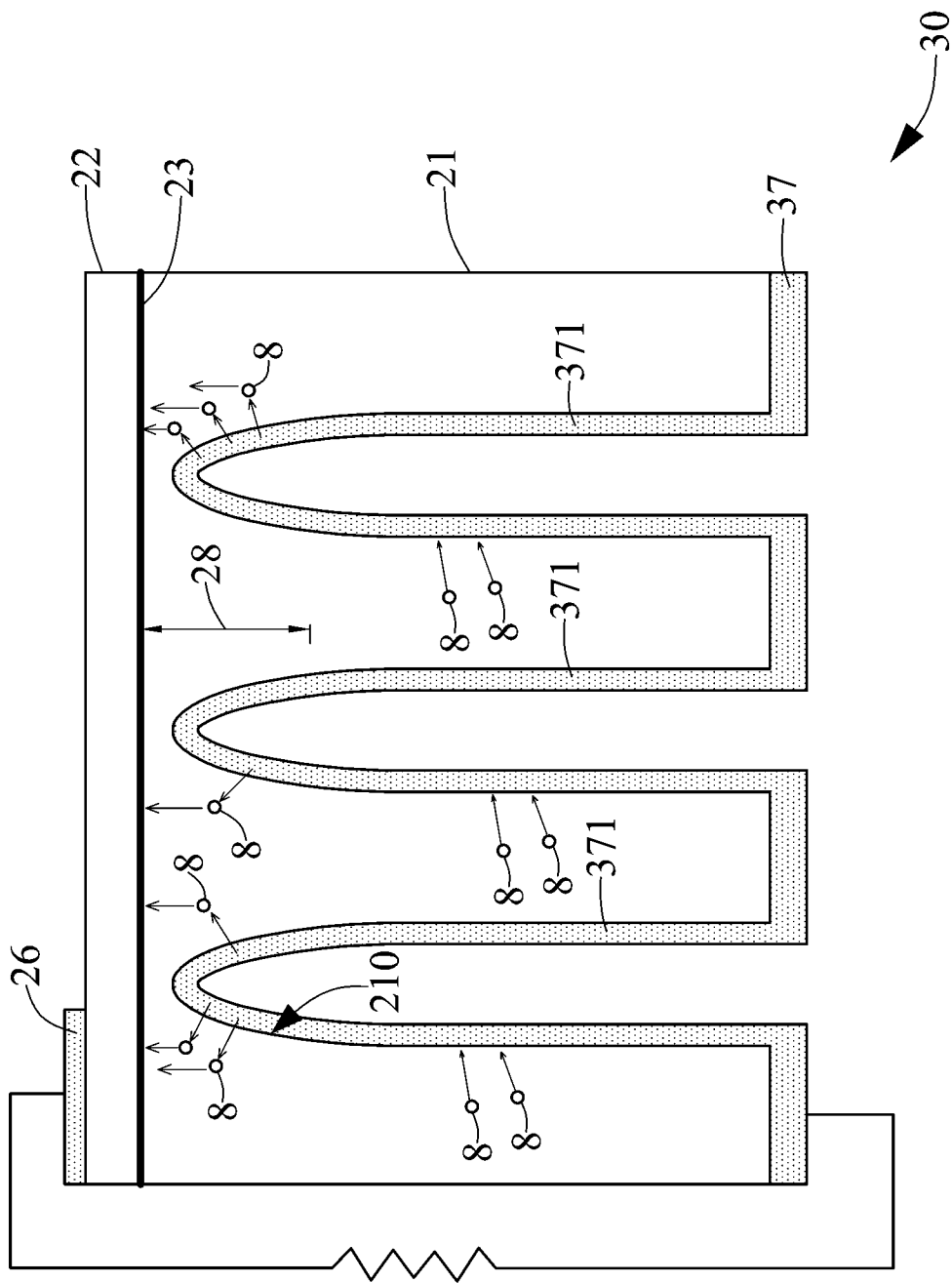


圖5A

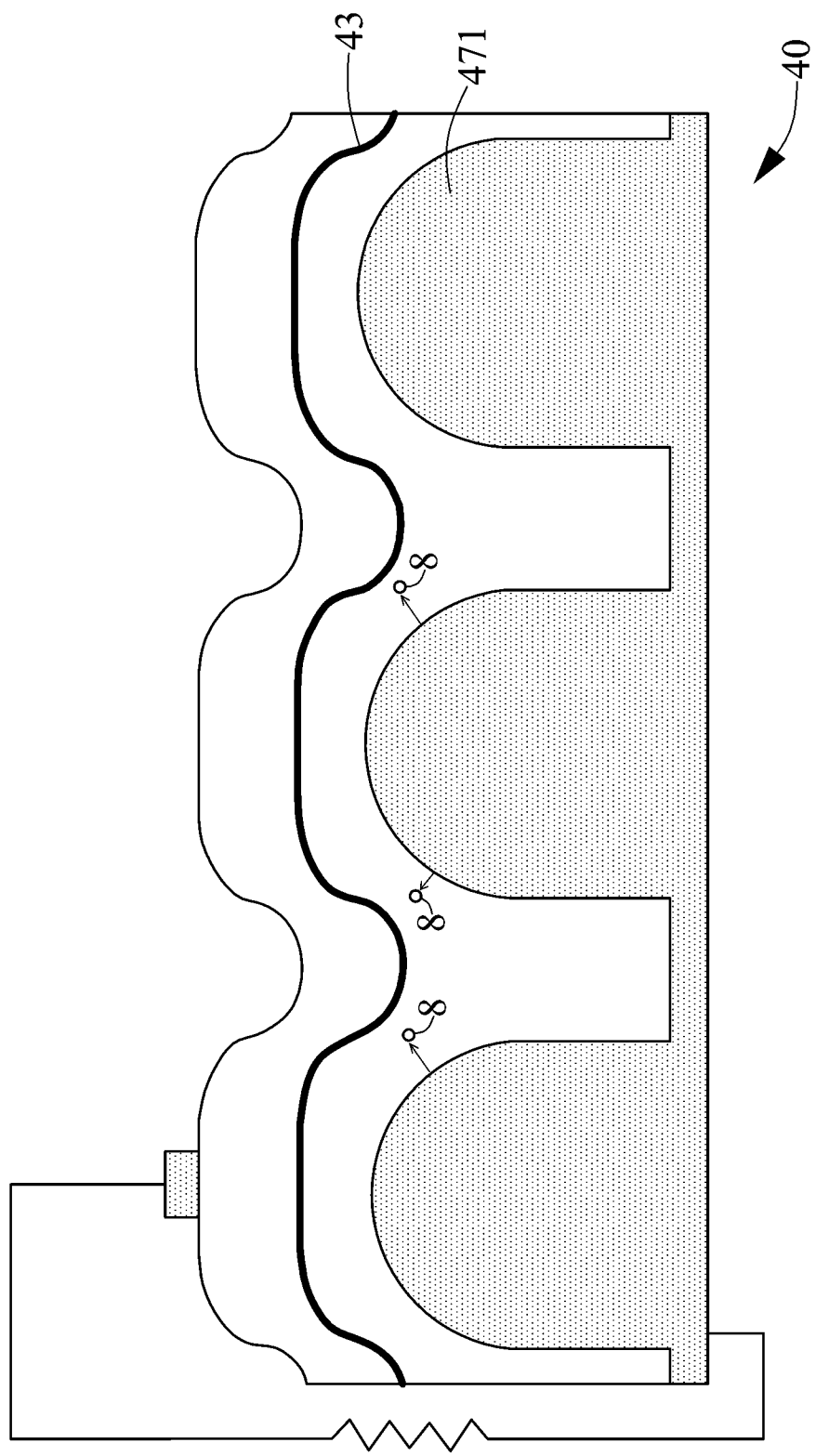


圖5B

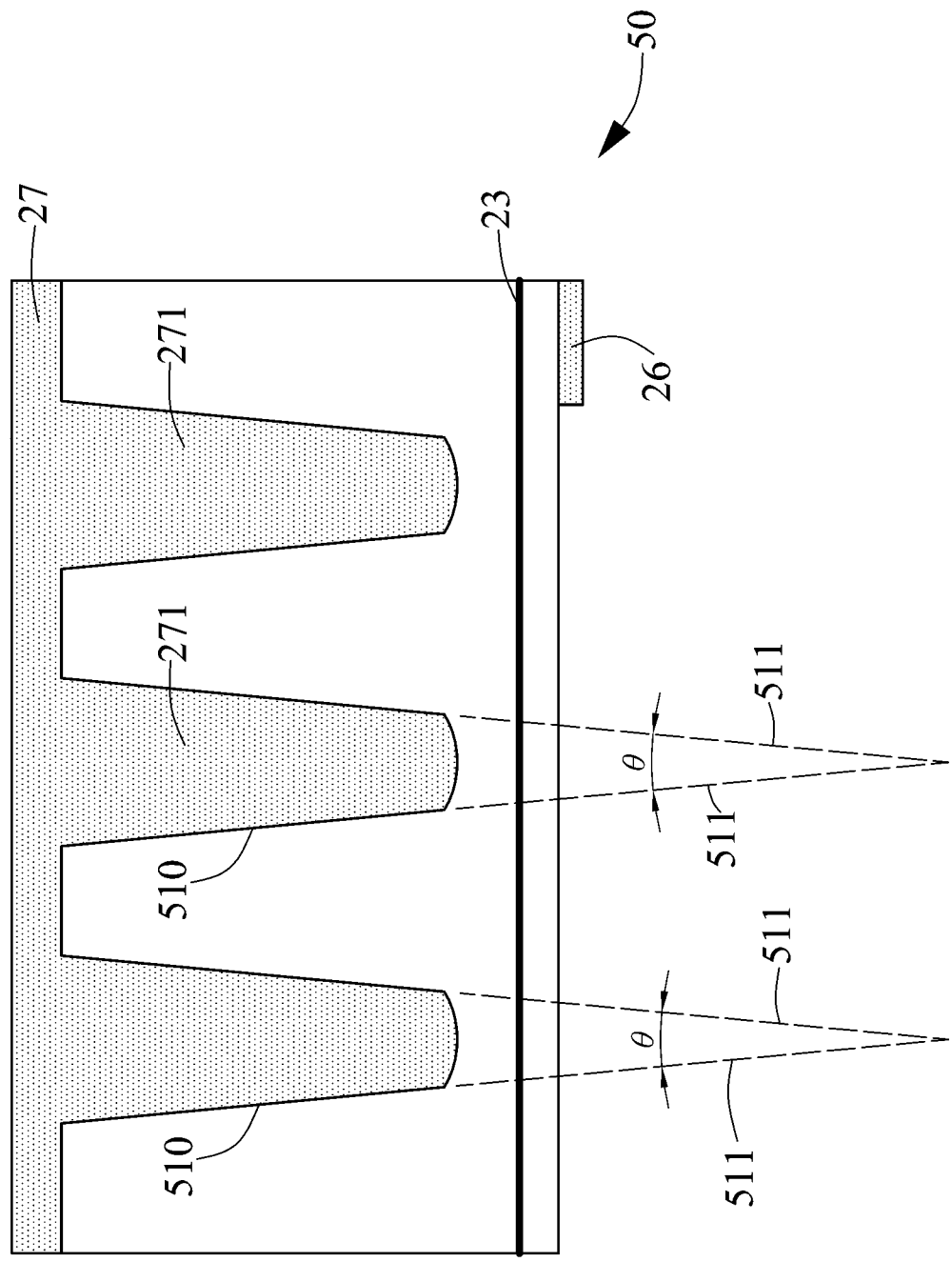


圖5C

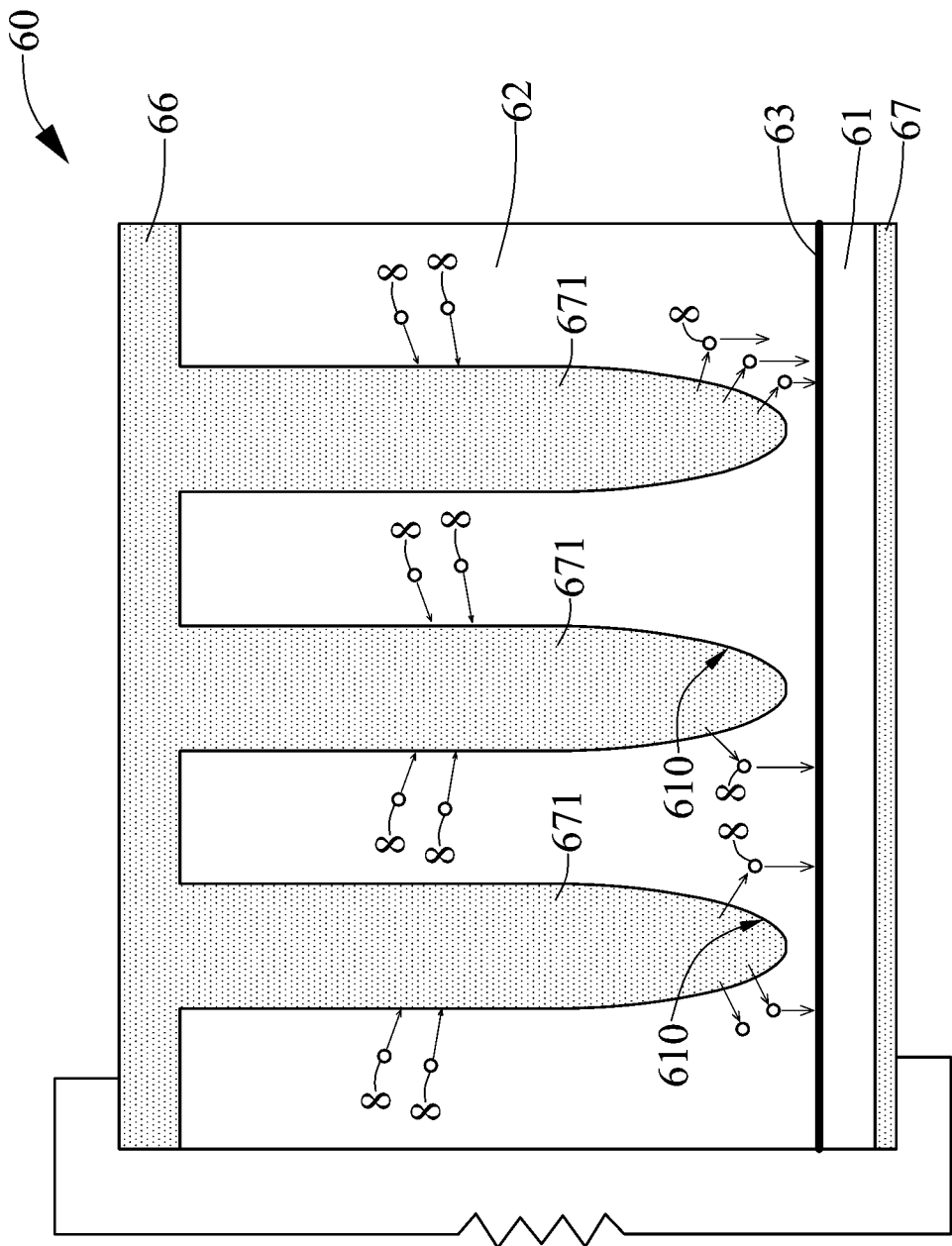


圖6

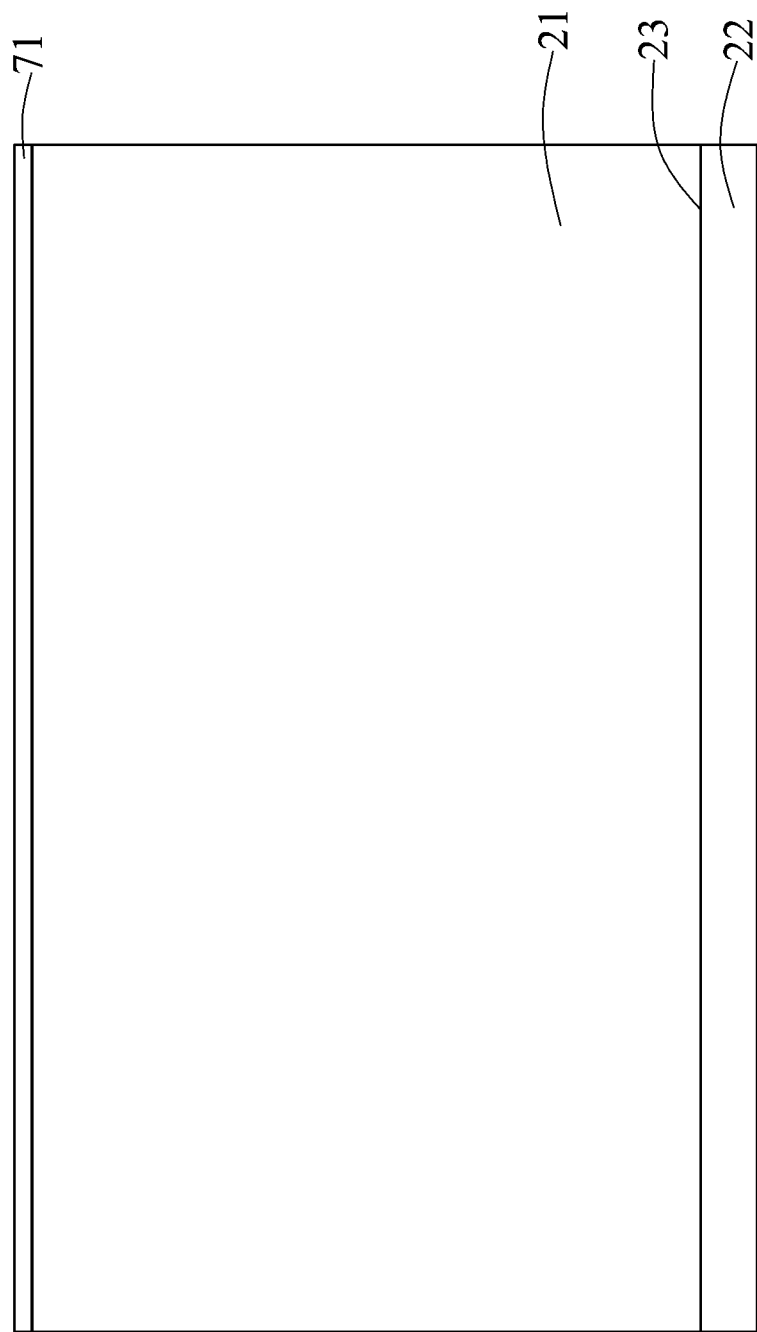


圖 7A

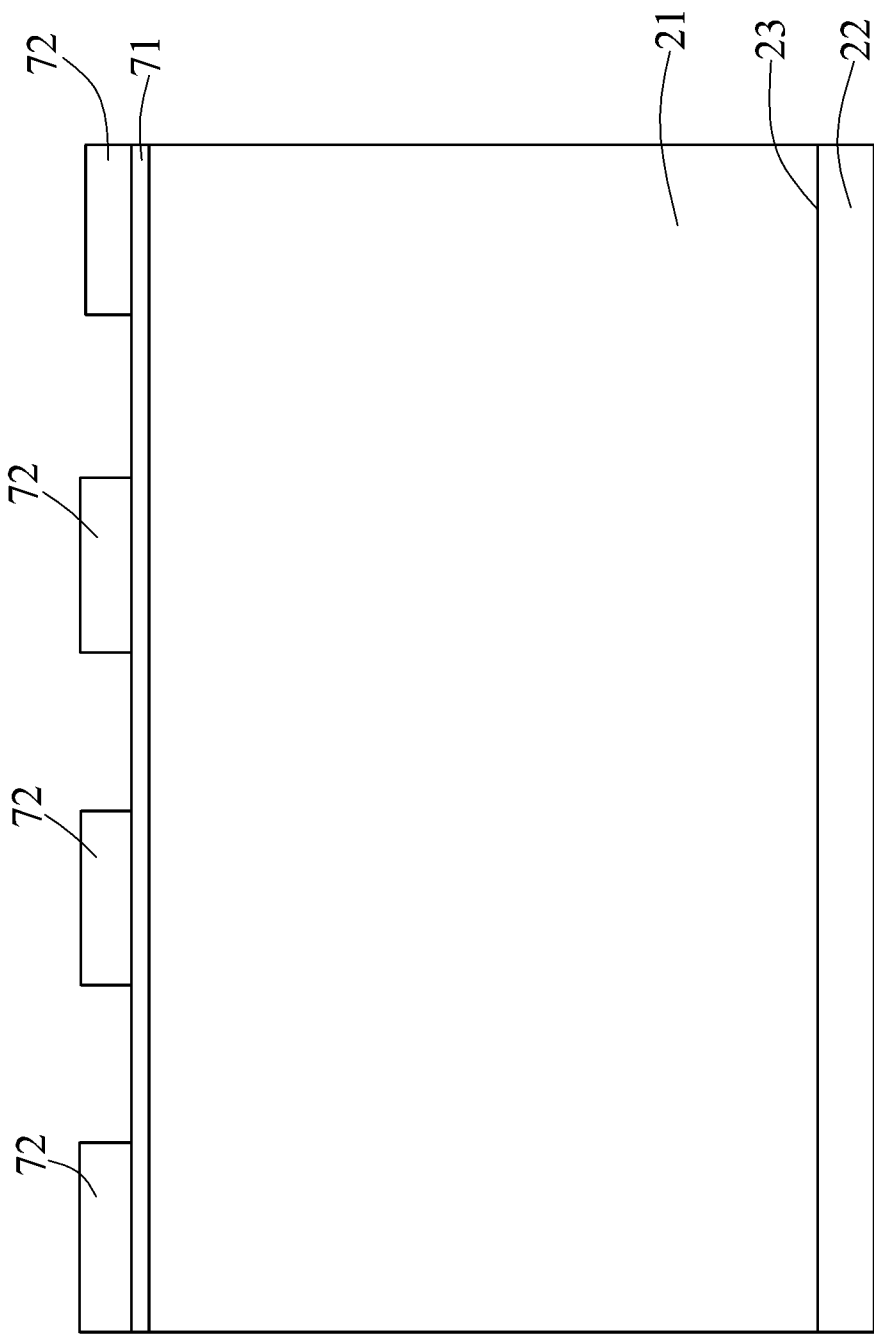


圖 7B

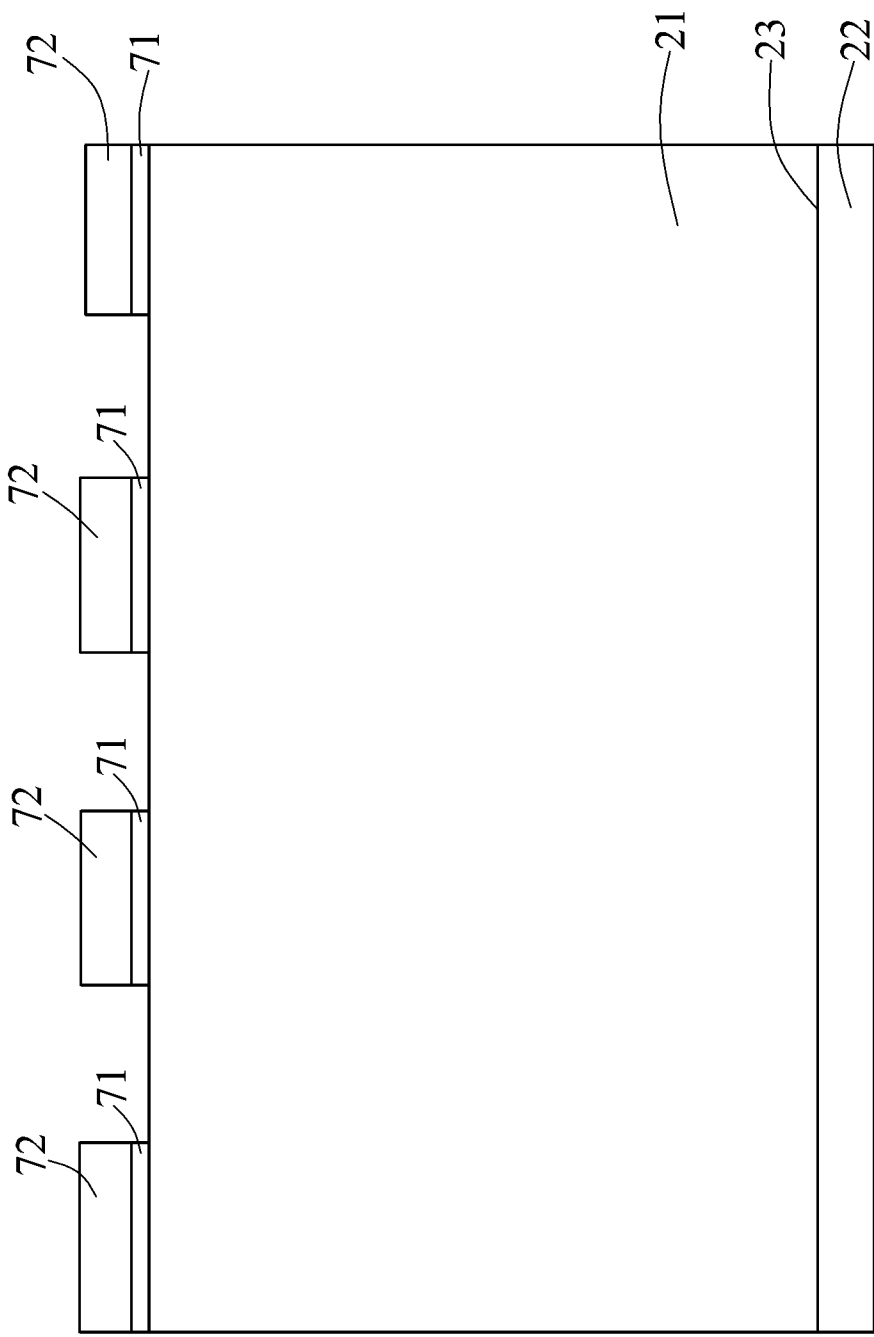


圖7C

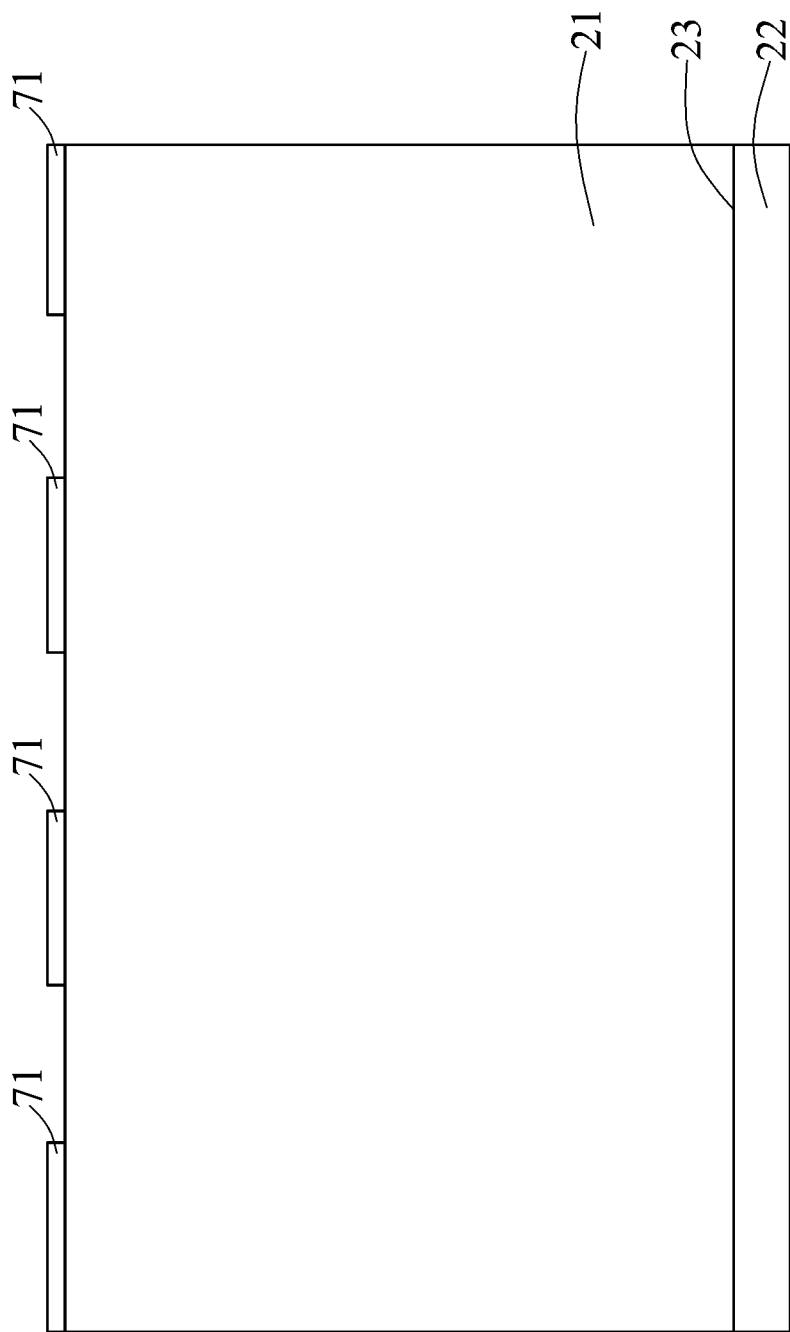


圖 7D

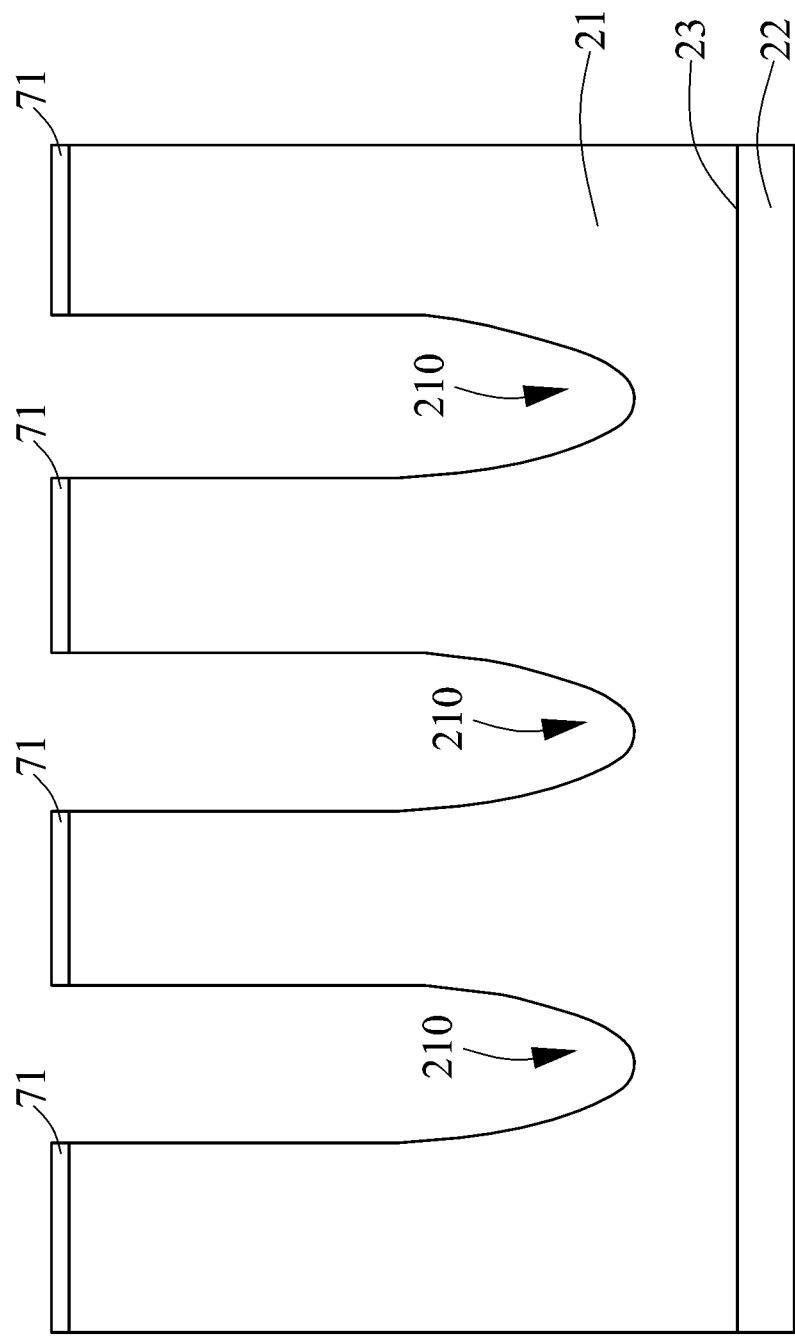


圖 7E

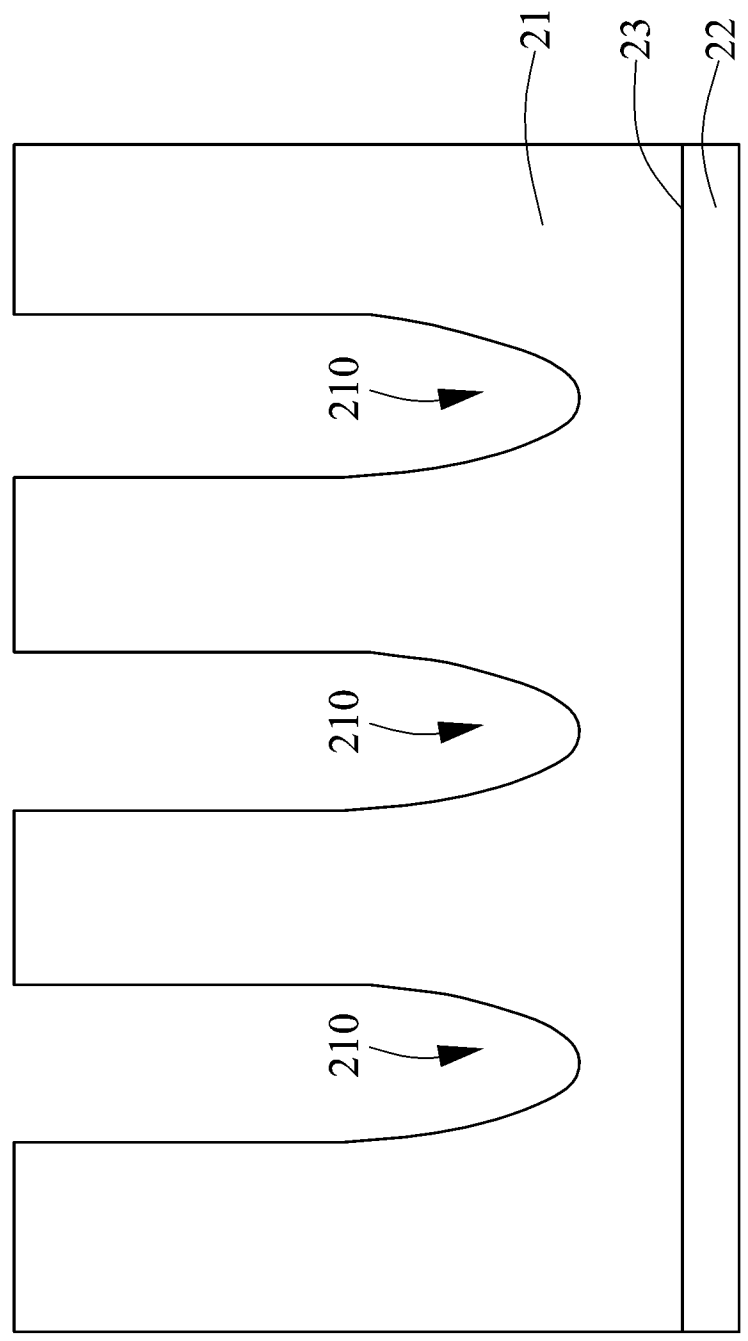


圖7F

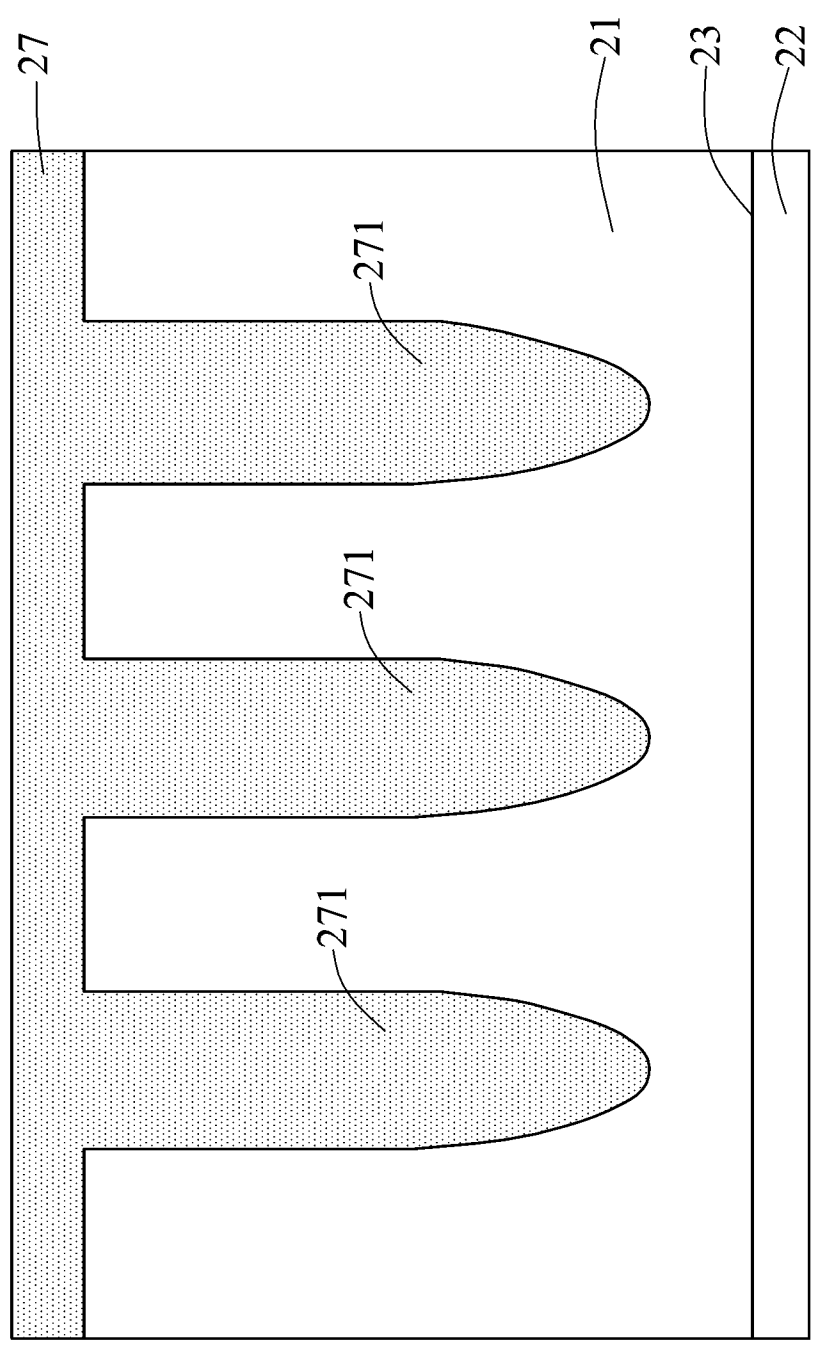


圖7G

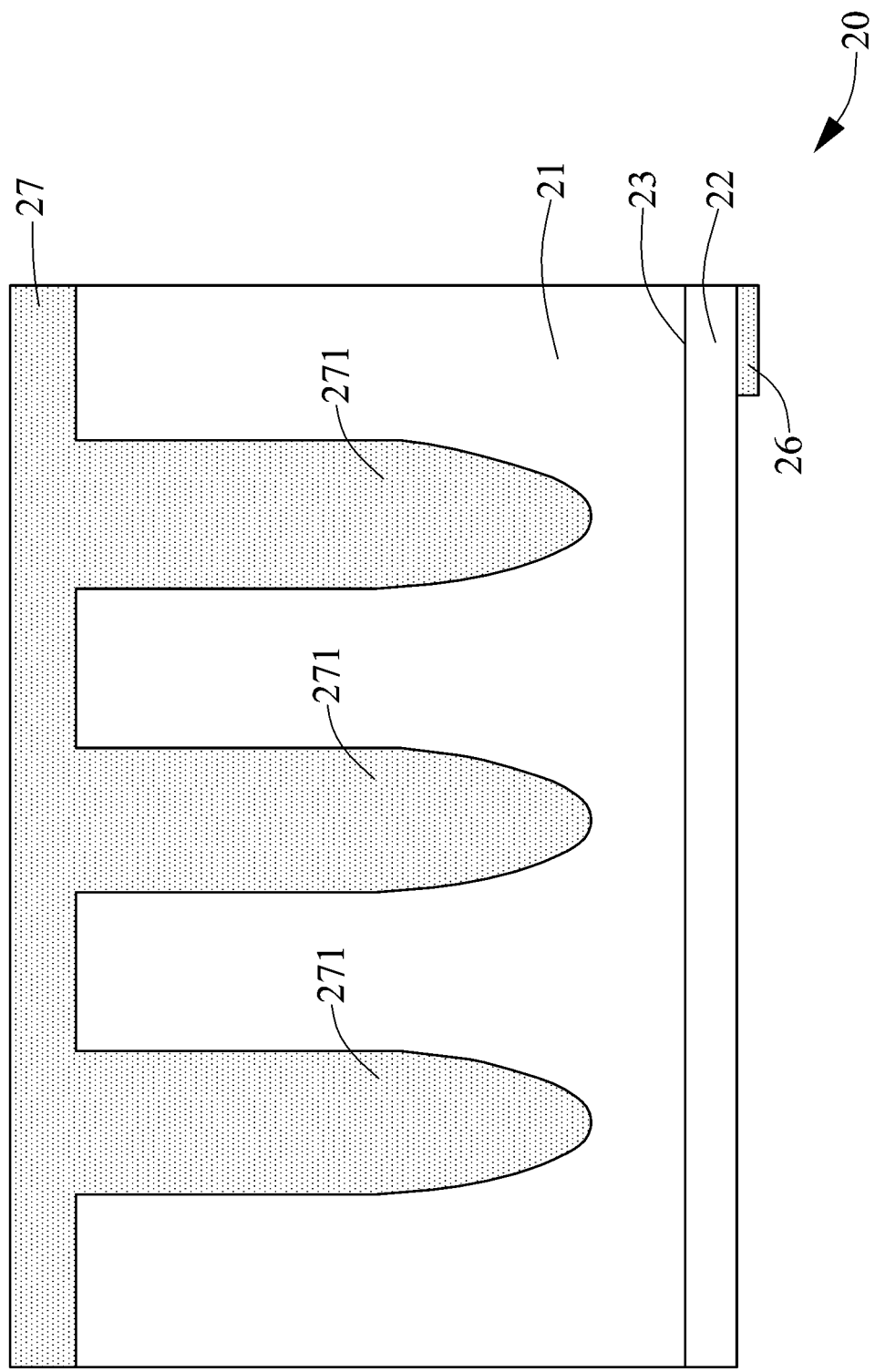


圖7H