



(21)申請案號：098119016

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 06 月 08 日

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

H01L31/18 (2006.01)

C23C14/56 (2006.01)

H01L51/42 (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：張家華 CHANG, CHIA HUA (TW)；余沛慈 YU, PEI CHEN (TW)；徐敏翔 HSU, MIN HSIANG (TW)；韋光華 WEI, KUNG HWA (TW)；蘇明鑫 SU, MING SHIN (TW)

(74)代理人：吳冠賜；林志鴻；楊慶隆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：8 共 33 頁

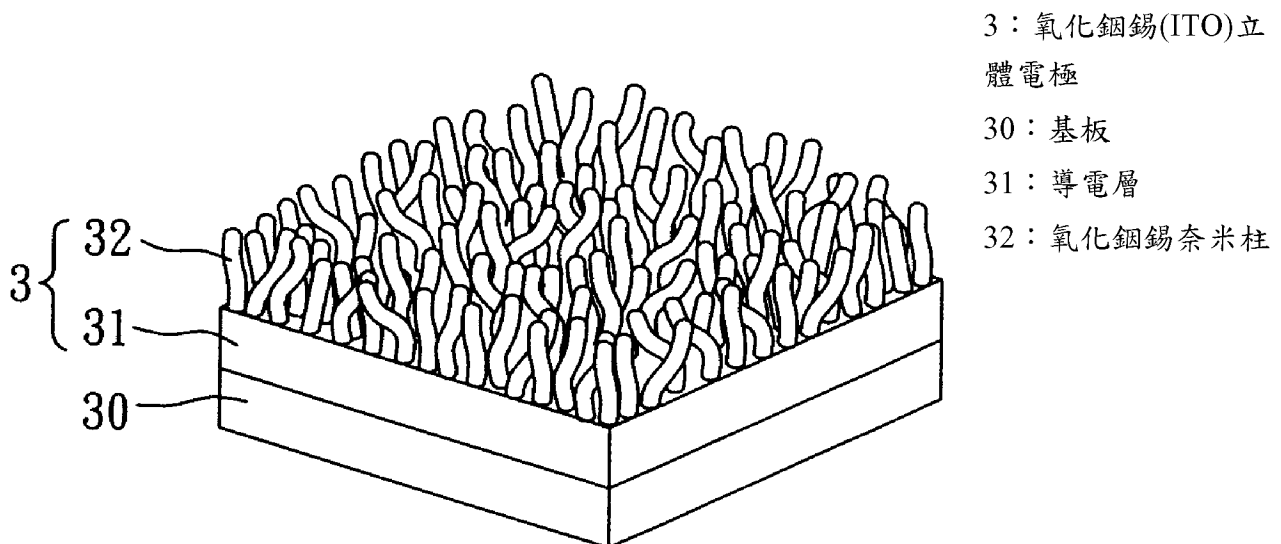
(54)名稱

氧化銦錫立體電極、其製備方法、其製備裝置、及其太陽能電池的製作方法

THREE-DIMENSIONAL INDIUM-TIN-OXIDE ELECTRODE, METHOD OF FABRICATING THE SAME, DEVICE OF FABRICATING THE SAME, AND METHOD OF FABRICATING SOLAR CELL COMPRISING THE SAME

(57)摘要

本發明係有關於一種氧化銦錫(ITO)立體電極及其製備方法。本發明之氧化銦錫立體電極包括一導電層以及複數個氧化銦錫導電奈米柱，係形成於導電層之表面，且其氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為 10nm 至 1500nm，應用於有機太陽能電池的最佳長度可調變範圍為 50nm 至 200nm。本發明之具有立體結構之氧化銦錫電極應用於有機光電元件(如，有機太陽能電池、有機發光二極體等)時，可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率。本發明亦有關於製備此氧化銦錫立體電極之蒸鍍機、包含此氧化銦錫立體電極之有機太陽能電池、以及製備此有機太陽能電池之方法



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：098119016 H01L 31/0224 (2006.01)

※申請日：98 6 8 ※IPC 分類：H01L 31/18 (2006.01)

C23C 14/56 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 51/42 (2006.01)

氧化銦錫立體電極、其製備方法、其製備裝置、及其
太陽能電池的製作方法 / Three-Dimensional

Indium-Tin-Oxide Electrode, Method of Fabricating

the same, Device of Fabricating the same, and Method

of fabricating Solar Cell comprising the same

二、中文發明摘要：

本發明係有關於一種氧化銦錫(ITO)立體電極及其製備方法。本發明之氧化銦錫立體電極包括一導電層以及複數個氧化銦錫導電奈米柱，係形成於導電層之表面，且其氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為 10nm 至 1500nm，應用於有機太陽能電池的最佳長度可調變範圍為 50nm 至 200nm。本發明之具有立體結構之氧化銦錫電極應用於有機光電元件(如，有機太陽能電池、有機發光二極體等)時，可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率。本發明亦有關於製備此氧化銦錫立體電極之蒸鍍機、包含此氧化銦錫立體電極之有機太陽能電池、以及製備此有機太陽能電池之方法

三、英文發明摘要：

A three-dimensional ITO electrode and the method of fabricating the same are disclosed. The three-dimensional ITO electrode of the present invention has a conductive layer and a plurality of ITO nanorods forming on the conductive layer, wherein the length range of the ITO nanorod can be varying from 10nm to 1500nm. The best length is about 50nm-200nm for organic solar cells. When applied into organic optoelectronic devices such as organic solar cells and organic light-emitting diodes (OLEDs), the three-dimensional structure of the ITO electrode may increase the contact area to the active layer, thus improve the current collecting efficiency and uniformity of current spreading. Also, an evaporator, a solar cell comprising the above three-dimensional ITO electrode, and the method of fabricating the solar cell are disclosed.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 (5) 。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

3 氧化銦錫(ITO)立體電極

30 基板

31 導電層

32 氧化銦錫奈米柱

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】

本發明係關於一種氧化銦錫(ITO)立體電極及其製備方法、製備此氧化銦錫立體電極之蒸鍍機、包含此氧化銦錫立體電極之有機太陽能電池、以及製備此有機太陽能電池之方法。

【先前技術】

如圖1所示，傳統的有機太陽能電池之形成方法係包含以下步驟。首先，於玻璃基板10上方形成一透明層狀氧化銦錫(ITO)電極層11(S1)，接著以旋轉塗佈之方法於層狀氧化銦錫(ITO)電極層11上形成一電洞傳導層12(S2)，再將有機高分子反應層13形成於電洞傳導層12上(S3)。最後，在有機高分子反應層上13製作一鋁金屬電極14(S4)，如此則製備出一習知的有機太陽能電池1。

然而，由於有機太陽能電池中之有機高分子反應層的材料本身穩定性低，加上兩側電極皆為平面層狀結構，因此，使得有機高分子反應層(主動層)與電極形成可靠的金屬接觸(metal contact)是非常困難的。故有機太陽能電池之效率一直無法得到大幅度的提升。

藉此，Jason等人提出一種氧化鋅奈米線染料敏化太陽能電池(ZnO nanowire-based dye-sensitized solar cell)結構。其係使用有機金屬化學氣相沉積(Metalorganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)方法，在透明導電材

料上生長出樹枝狀氧化鋅奈米線，使提供較多與染料分子反應層之間的接觸面積，企圖增加電流路徑。

然而，雖已增加了與染料分子反應層之間的接觸面積，但由於氧化鋅材料本身穩定度不佳，容易受到酸鹼溶液的破壞，加上氧化鋅材料本身片電阻大，其可見光波段之穿透率僅80%，因此對於提升有機太陽能電池效率之成果不如預期。此外，其所使用之有機金屬化學氣相沉積(MOCVD)技術所需設備成本高，加上在透明導電材料上生長樹枝狀氧化鋅奈米線所需時間冗長，因此產業可利用效果不佳。

因此，本領域亟需一種新穎的技術，使可利用具有穩定度佳(抗酸鹼性高)、低片電阻特性、以及兼具高的可見光波段之穿透率等優點之材料(如，氧化銦錫(ITO))，並使用成本低、產出所需時間短的方法，來製作出有效提升有機光電元件效率之電極。

【發明內容】

本發明之氧化銦錫(ITO)立體電極，包括：一導電層；以及複數個導電奈米柱，係形成於該導電層之表面；其中，導電奈米柱係為氧化銦錫(ITO)奈米柱，而氧化銦錫(ITO)奈米柱之長度為可調變範圍為10nm至1500nm，氧化銦錫(ITO)奈米柱之直徑可調變範圍為10nm至120nm，氧化銦錫(ITO)奈米柱形成於導電層表面之密度可調變範圍為每平方公分 1×10^6 至 5×10^{10} 個。本發明之具有立

體結構之氧化銦錫電極應用於有機光電元件(如，有機太陽能電池、有機發光二極體等)，可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率，並可使電流分布更均勻，避免有機光電元件中有機高分子主動層因受到電流差異而損害，進而提升有機光電元件之使用壽命。此外，由於氧化銦錫材料本身具有穩定度佳(抗酸鹼性高)、低片電阻特性、以及兼具高的可見光波段之穿透率等優點，故可有效避免習知使用氧化鋅材料作為電極之缺點。

本發明之氧化銦錫立體電極中，氧化銦錫(ITO)奈米柱形成於導電層表面之密度可調整，其範圍為每平方公分 1×10^6 至 5×10^{10} ，較佳為每平方公分 1×10^8 至 1×10^{10} 個，最佳為每平方公分 5×10^9 個。

本發明之氧化銦錫立體電極可應用於有機太陽能電池、染料敏化太陽能電池(Dye Sensitized Solar Cell, DSSC)、或有機發光二極體(OLED)等有機光電元件，較佳係應用於有機太陽能電池。當應用於有機太陽能電池時，其氧化銦錫(ITO)奈米柱之長度可調變範圍較佳為50nm至200nm，且氧化銦錫(ITO)奈米柱之直徑可調變範圍較佳為30nm至50nm。

本發明之氧化銦錫立體電極中，導電層較佳為透明導電層、金屬層、導電陶瓷層、半導體導電層、或高分子導電層，更佳為透明導電層。並且，透明導電層較佳為氧化銦錫層(ITO)、氧化銦鋅(IZO)、氧化鋅鋁(AZO)、氧化鋅鎵(GZO)、或氧化鋅。

此外，本發明亦提供一種氧化銦錫立體電極之製備方法，包括：(A) 提供一具有一反應腔、一蒸鍍源、以及一基板支撐座之蒸鍍機，其中，蒸鍍源係配置於反應腔內之底部，且基板支撐座係配置於反應腔內之頂部；(B) 將一表面附有一導電層之基板配載於蒸鍍機之基板支撐座，並使該基板之法線方向與反應腔之底部形成0至90度之夾角；以及(C) 對於該表面附有導電層之基板進行斜向蒸鍍 (oblique evaporation)，以得到表面形成有氧化銦錫立體電極之基板。相對習知所使用之有機金屬化學氣相沉積 (MOCVD) 技術，本發明所使用之斜向蒸鍍方法不僅可縮短製程時間，更可降低設備及材料成本，因此更具產業利用性。

本發明之氧化銦錫立體電極之製備方法中，步驟(C)較佳可更包括：於斜向蒸鍍時通入氧氣以及一惰性氣體至蒸鍍機之反應腔中。並且，所通入之惰性氣體較佳為氮氣。而氧氣與惰性氣體之通入流量比例較佳為0.5或以下，更佳為 10^{-5} ~0.15之間。本發明以氮氧調變之方法，於反應腔中通入適當比例之氮氣及氧氣(或是氮氧混合氣體)，使得可在表面附有導電層之基板上製作氧化銦錫(ITO)奈米柱，而得到表面形成有氧化銦錫立體電極之基板。

本發明之氧化銦錫立體電極之製備方法中，其步驟(B)之基板之法線方向與反應腔之底部所形成之夾角可在約0度至90度之間視需求進行調整，較佳為約5至85度，更佳為

約60至75度。而關於此夾角角度，係依照基板表面所具有之導電層結構來作調整。

本發明之氧化銦錫立體電極之製備方法中，其步驟(C)之斜向蒸鍍較佳係於 10^{-6} 至 10^{-3} torr之壓力範圍之間進行。

5 本發明之氧化銦錫立體電極之製備方法中，其步驟(C)之斜向蒸鍍較佳係於 100°C 至 450°C 之溫度範圍之間進行。

本發明更提供一種蒸鍍機，係用於蒸鍍一表面附有導電材料之基板，其包括：一反應腔、一蒸鍍單元、以及至少一基板支撐座。其中，蒸鍍單元配置於反應腔內之底部，
10 而基板支撐座配置於反應腔內之頂部。當基板支撐座配載有基板時，可調整使基板之法線方向與反應腔之底部形成0至 90° 之夾角。

上述之蒸鍍機，較佳可更包括一旋轉台，具有可使基板沿蒸鍍源(蒸鍍單元)公轉，及使個別基板具有自轉的功能，其係配置於基板支撐座與反應腔之間，使藉由旋轉台的旋轉動作，而使基板支撐座相對蒸鍍源的位子可進行變換。
15

本發明再提供一種有機太陽能電池，其包括：一氧化銦錫(ITO)立體電極；一金屬電極；以及一主動層，係形成於氧化銦錫立體電極以及金屬電極之間。其中，氧化銦錫
20 立體電極包括一導電層；以及複數個形成於導電層上之氧化銦錫奈米柱，且氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為 50nm 至 200nm ，氧化銦錫奈米柱之直徑可調變範圍為 30nm 至 50nm 。

由於本發明之有機太陽能電池具有立體之氧化銦錫電極，故可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率，並可使電流分布更均勻，降低主動層受損之機率。相較於習知之有機太陽能電池，本發明之有機

5 太陽能電池更有效率且壽命更長。

本發明之有機太陽能電池中，較佳可更包括一電洞傳導層，其係形成於氧化銦錫(ITO)立體電極與主動層之間。電洞傳導層之材料較佳可為PEDOT:PSS(聚(3,4-乙烯二氧噻吩：聚苯乙烯磺酸酯，Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)

10 poly(styrenesulfonate))，但不限於此。

本發明之有機太陽能電池中，主動層之材料較佳可為P3HT:PCBM(聚(3-己基噻吩：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly(3-hexyl thiophene)：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)、或MDMO-PPV:PCBM(聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐]：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene]：

15 [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)，但不限於此。

本發明之有機太陽能電池中，氧化銦錫(ITO)立體電極之氧化銦錫奈米柱配置於導電層表面之密度較佳為每平方公分 1×10^8 至 1×10^{10} 個，最佳為每平方公分 5×10^9 個。

20

本發明之有機太陽能電池中，氧化銦錫(ITO)立體電極之導電層較佳為透明導電層、金屬層、導電陶瓷層、半導體導電層、或高分子導電層，更佳為透明導電層，但不限

於此。並且，透明導電層較佳為氧化銦錫層(ITO)、氧化銦鋅(IZO)、氧化鋅鋁(AZO)、氧化鋅鎵(GZO)、或氧化鋅，但不限於此。

5 本發明又提供一種有機太陽能電池之製備方法，包括：(A)形成一主動層於一氧化銦錫(ITO)立體電極之表面，其中，氧化銦錫立體電極係包括一導電層、以及複數個形成於導電層上之氧化銦錫奈米柱，且其氧化銦錫奈米柱之長度可調範圍自50nm至200nm；(B)形成一金屬電極於主動層之表面；以及(C)將步驟(B)所得之具有氧化
10 銦錫(ITO)立體電極、主動層、以及金屬電極之基板加熱退火(anneal)。本發明之有機太陽能電池之製備方法之特徵在於，步驟(C)中加熱退火之製程可幫助主動層(有機高分子反應層)形成電荷通道，增加電荷傳導收集，提升有機太陽能電池之效率。

15 本發明之有機太陽能電池之製備方法中，步驟(C)之加熱退火之溫度較佳可為90至150°C，其時間範圍較佳可為10分鐘至150分鐘。

本發明之有機太陽能電池之製備方法中，步驟(A)之主動層之材料較佳可為P3HT:PCBM(聚(3-己基噻吩：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly(3-hexyl thiophene)：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)、或MDMO-PPV:PCBM(聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐]：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)

20

-1,4-phenylene vinylene] : [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester), 但不限於此。

本發明之有機太陽能電池之製備方法中，步驟(A)之前較佳可更包括一步驟(A1)：形成一電洞傳導層於氧化銦錫 (ITO) 立體電極與主動層之間。此電洞傳導層之材料較佳可為 PEDOT:PSS (聚(3,4-乙炔二氧噻吩：聚苯乙烯磺酸酯，Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) : poly(styrenesulfonate))，但不限於此。

10 【實施方式】

以下係藉由特定的具體實施例說明本發明之實施方式。本說明書中的各項細節亦可基於不同觀點與應用，在不悖離本發明之精神下進行各種修飾與變更。實施例僅係為了方便說明而舉例而已。

15 [實施例1]

如圖2所示，其係本實施例之用於蒸鍍一表面附有導電材料之基板之蒸鍍機2，其包括：一反應腔20、一蒸鍍單元21、一基板支撐座22、一氮氣供應閥23、一氧氣供應閥24、一抽氣管25、一加熱器26、以及一溫度計27。其中，蒸鍍單元21配置於反應腔20內之底部，而基板支撐座22配置於反應腔20內之頂部。當基板支撐座22配載有基板28(如圖3所示)時，可調整使基板28之法線方向與反應腔20之底部形成0至90度之夾角 θ 。

20 [實施例2]

如圖4所示，其係本實施例用於蒸鍍一表面附有導電材料之基板之蒸鍍機2，除了具有與實施例1之蒸鍍機2之相同特徵以外，本實施例之蒸鍍機2更包括有一旋轉台29，係配置於基板支撐座22與反應腔20頂部之間，使藉由旋轉台29的旋轉動作，而使基板支撐座22於反應腔20內相對蒸鍍單元21的位子可進行公轉變換。

[實施例3] 氧化銦錫立體電極之製備

使用如圖2所示之實施例1之蒸鍍機2以製備本實施例之氧化銦錫立體電極。請同時參照圖2及圖3，首先，(A)將表面附有一導電層之基板28配載於反應腔20內之基板支撐座22，並使基板28之法線方向與反應腔之底部形成0至90度(較佳為約5至85度，更佳為約60至75度)之夾角 θ ，本實施例中之夾角 θ 係為60至75度。接著，(B)由氮氣供應閥23以及氧氣供應閥24分別通入氮氣以及氧氣，並將通入氧氣與氮氣之流量比例控制在0.5或以下，並使反應腔20內之氣壓維持在 10^{-6} 至 10^{-3} torr之壓力範圍內，以及將反應腔20內之溫度控制在 100°C 至 450°C 之間。接著對於該表面附有導電層之基板28進行斜向蒸鍍(oblique evaporation)，以得到表面形成有氧化銦錫立體電極之基板。本實施例步驟(A)中基板28表面之導電層係使用氧化銦錫層(ITO)，但亦可為透明導電層(如，氧化銦錫層(ITO)、氧化銦鋅(IZO)、氧化鋅鋁(AZO)、氧化鋅鎵(GZO)、或氧化鋅)、金屬層、導電陶瓷層、半導體導電層、或高分子導電層等，並無特別限制。

本發明所使用之斜向蒸鍍方法不僅可縮短製程時間，更可降低設備及材料成本，因此相對習知所使用之有機金屬化學氣相沉積(MOCVD)技術更具產業利用性。

如圖5所示，其係本實施例所製得之氧化銦錫(ITO)立體電極3(係形成於基板30上)，其包括：一導電層31；以及複數個形成於導電層31表面之導電氧化銦錫奈米柱32。由SEM結果測得，其中氧化銦錫奈米柱32之長度可調變範圍為10nm至1500nm，直徑可調變範圍為10nm至120nm。而氧化銦錫奈米柱32形成於導電層31表面之密度可調變範圍為每平方公分 1×10^6 至 5×10^{10} 個。

本發明之具有立體結構之氧化銦錫電極應用於有機光電元件(如，有機太陽能電池、染料敏化太陽能電池、有機發光二極體等)，可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率，並可使電流分布更均勻，避免有機光電元件中有機高分子主動層因受到電流差異而損害，進而提升有機光電元件之使用壽命。當應用於有機太陽能電池時，氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍較佳為50nm至200nm，直徑可調變範圍為30nm至50nm。此外，由於氧化銦錫材料本身穩定度佳(抗酸鹼性高)、低片電阻特性、以及兼具高的可見光波段之穿透率等優點，故可有效避免習知所使用之氧化鋅材料本身的缺點。

[實施例4-10] 氧化銦錫立體電極之製備

除了需將基板28之法線方向與反應腔20之底部所形成之夾角 θ 分別調整為如下列表1中所示之角度外，使用如同

實施例3中所述之相同條件及方法製備實施例4-10之氧化銦錫立體電極。而關於夾角 θ 之選擇，係依照基板所具有之導電層結構來調整。

[表 1]

| | 夾角 θ |
|--------|-------------|
| 實施例 4 | 5 至 12 度 |
| 實施例 5 | 11 至 16 度 |
| 實施例 6 | 23 至 27 度 |
| 實施例 7 | 36 至 42 度 |
| 實施例 8 | 43 至 48 度 |
| 實施例 9 | 74 至 80 度 |
| 實施例 10 | 83 至 87 度 |

5

[實施例 11] 有機太陽能電池之氧化銦錫立體電極之製備

除了需適當調整斜向蒸鍍所進行之時間以外，使用如同實施例3中所述之相同條件及方法製備本實施例之有機太陽能電池所用之氧化銦錫立體電極。所得到之氧化銦錫立體電極中，氧化銦錫奈米柱之長度範圍為 50nm 至 200nm，直徑範圍為 30nm 至 50nm。

10

[實施例 12] 有機太陽能電池之製備

本實施例係取用實施例 11 所製得之氧化銦錫 (ITO) 立體電極來製備一有機太陽能電池。

15

請參閱圖6，首先，(A)形成一電洞傳導層33於此氧化銦錫立體電極3之表面，並(A)形成一主動層34於此電洞傳導層33上，接著(B)形成一鋁金屬電極35於主動層34之表面。最後，(C)將上述步驟(B)所得之上方具有氧化銦錫立體電極3、電洞傳導層33、主動層34、以及鋁金屬電極35之基板30以90至150°C之溫度進行退火(anneal)，其時間範圍為10分鐘至150分鐘。如此則可完成本實施例之有機太陽能電池4。本發明製備有機太陽能電池之步驟中，由於加熱退火之製程可幫助主動層(有機高分子反應層)形成電荷通道，增加電荷收集，因此可提升有機太陽能電池之效率。

本實施例中，主動層34之材料係為P3HT:PCBM(聚(3-己基噻吩：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly(3-hexyl thiophene)：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)，但亦可為MDMO-PPV:PCBM(聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐]：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene]：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)，無特定限制。電洞傳導層33之材料係為PEDOT:PSS(聚(3,4-乙烯二氧噻吩：聚苯乙烯磺酸酯，Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate))，但並不限制於此。

如圖6所示，本實施例所製得之有機太陽能電池4包括：一氧化銦錫(ITO)立體電極3、一金屬電極35、一電洞傳導層33、以及一主動層34。主動層34係形成於氧化銦錫

立體電極3以及金屬電極35之間，電洞傳導層33係形成於氧化銦錫立體電極3與主動層34之間。其中，氧化銦錫立體電極3包括有一導電層31以及複數個形成於導電層31上之氧化銦錫奈米柱32，且氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為50nm至200nm，直徑可調變範圍為30nm至50nm，而氧化銦錫奈米柱32形成於導電層31表面之密度為可調變的範圍為每平方公分 1×10^8 至 1×10^{10} 個。

[測試例]功率轉換效率測試

取實施例3所製得之氧化銦錫(ITO)立體電極以及傳統層狀結構ITO電極進行功率轉換效率(PCE, power conversion efficiency)測試，其結果如圖7及8、以及下表2所示。

[表2]

| | I _{sc} (mA) | V _{oc} (V) | FF (%) | PCE (%) |
|-----------|----------------------|---------------------|--------|---------|
| ITO立體電極 | 9.53 | 0.61 | 58.7 | 3.41 |
| 層狀結構ITO電極 | 8.35 | 0.6 | 62.13 | 3.11 |

15

由圖7及8、以及表2之結果可得知，本發明之立體氧化銦錫電極在同樣電壓下可獲得較大電流，且功率轉換效率測試結果亦較傳統層狀結構ITO電極來的高。因此，本發明之立體之氧化銦錫電極確實可達到較佳之電性。

20

由於本發明之有機太陽能電池具有立體之氧化銦錫電極，故可增加主動層與電極之接觸面積，有效提升電流注入或導出之效率，並可使電流分布更均勻，降低主動層受

損之機率。相較於習知之有機太陽能電池，本發明之有機太陽能電池更有效率且壽命更長。

上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

【圖式簡單說明】

圖1係習知之有機太陽能電池之形成步驟示意圖。

圖2係本發明實施例1之蒸鍍機之示意圖。

10 圖3係本發明實施例1之基板22之法線方向與反應腔20之底部之夾角 θ 之示意圖。

圖4係本發明實施例2之蒸鍍機之示意圖。

圖5係本發明實施例3之氧化銦錫(ITO)立體電極之示意圖。

圖6係本發明實施例4之有機太陽能電池之示意圖。

15 圖7及8係本發明測試例之功率轉換效率測試結果圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|-------------|-----------------|
| 1 有機太陽能電池 | 26 加熱器 |
| 10 基板 | 27 溫度計 |
| 11 電極層 | 28 基板 |
| 12 電洞傳導層 | 29 旋轉台 |
| 13 有機高分子反應層 | 3 氧化銦錫(ITO)立體電極 |
| 14 鋁金屬電極 | 30 基板 |
| 2 蒸鍍機 | 31 導電層 |
| 20 反應腔 | 32 氧化銦錫奈米柱 |
| 21 蒸鍍單元 | 33 電洞傳導層 |
| 22 基板支撐座 | 34 主動層 |
| 23 氮氣供應閥 | 35 鋁金屬電極 |
| 24 氧氣供應閥 | 4 有機太陽能電池 |
| 25 抽氣管 | θ 夾角 |

七、申請專利範圍：

1. 一種氧化銦錫(ITO)立體電極，包括：

一導電層；以及

複數個導電奈米柱，係形成於該導電層之表面；

5 其中，該導電奈米柱係為氧化銦錫(ITO)奈米柱，且該氧化銦錫(ITO)奈米柱之長度可調變範圍為10nm至1500nm，該氧化銦錫(ITO)奈米柱之直徑可調變範圍為10nm至120nm，該氧化銦錫(ITO)奈米柱形成於該導電層表面之密度可調變範圍為每平方公分 1×10^6 至 5×10^{10} 個。

10 2. 如申請專利範圍第1項所述之氧化銦錫立體電極，其中，該氧化銦錫立體電極係應用於有機太陽能電池，且該氧化銦錫(ITO)奈米柱之長度可調變範圍為50nm至200nm，該氧化銦錫(ITO)奈米柱之直徑可調變範圍為30nm至50nm。

15 3. 如申請專利範圍第1項所述之氧化銦錫立體電極，其中，該氧化銦錫(ITO)奈米柱形成於該導電層表面之密度可調變範圍為每平方公分 1×10^8 至 1×10^{10} 個。

20 4. 如申請專利範圍第1項所述之氧化銦錫立體電極，其中，該導電層係為透明導電層、金屬層、導電陶瓷層、半導體導電層、或高分子導電層。

5. 如申請專利範圍第4項所述之氧化銦錫立體電極，其中，該透明導電層係為氧化銦錫層(ITO)、氧化銦鋅(IZO)、氧化鋅鋁(AZO)、氧化鋅鎵(GZO)、或氧化鋅。

6. 一種氧化銦錫立體電極之製備方法，包括：

- (A) 提供一具有一反應腔、一蒸鍍源、以及一基板支撐座之蒸鍍機，其中，該蒸鍍源係配置於該反應腔內之底部，且該基板支撐座係配置於該反應腔內之頂部；
- 5 (B) 將一表面附有一導電層之基板配載於該蒸鍍機之基板支撐座，並使該基板之法線方向與該反應腔之底部形成0至90度之夾角；以及
- (C) 對於該表面附有導電層之基板進行斜向蒸鍍 (oblique evaporation)，以得到表面形成有氧化
- 10 銻錫立體電極之基板。

7. 如申請專利範圍第6項所述之氧化銻錫立體電極之製備方法，其中，步驟(C)更包括：於斜向蒸鍍時通入氧氣以及一惰性氣體至該蒸鍍機之反應腔中。

15 8. 如申請專利範圍第7項所述之氧化銻錫立體電極之製備方法，其中，該惰性氣體為氮氣。

9. 如申請專利範圍第7項所述之氧化銻錫立體電極之製備方法，其中，該氧氣與惰性氣體之通入流量比例為0.5或以下。

20 10. 如申請專利範圍第6項所述之氧化銻錫立體電極之製備方法，其中，該步驟(B)中，該基板之法線方向與該反應腔之底部所形成之夾角為5至85度。

11. 如申請專利範圍第10項所述之氧化銻錫立體電極之製備方法，其中，該步驟(B)中，該基板之法線方向與該反應腔之底部所形成之夾角為60至75度。

12. 如申請專利範圍第6項所述之氧化銦錫立體電極之製備方法，其中，該步驟(C)之斜向蒸鍍係於 10^{-6} 至 10^{-3} torr之壓力範圍之間進行。

5 13. 如申請專利範圍第6項所述之氧化銦錫立體電極之製備方法，其中，該步驟(C)之斜向蒸鍍係於 100°C 至 450°C 之溫度範圍之間進行。

14. 一種蒸鍍機，係用於蒸鍍一表面附有導電材料之基板，其包括：

一反應腔；
10 一蒸鍍單元，係配置於該反應腔內之底部；以及
至少一基板支撐座，係配置於該反應腔內之頂部，且當該基板支撐座配載有該基板時，可調整使該基板之法線方向與該反應腔之底部形成 0 至 90 度之夾角。

15. 一種有機太陽能電池，其包括：

15 一氧化銦錫(ITO)立體電極；
一金屬電極；以及
一主動層，係形成於該氧化銦錫立體電極以及該金屬電極之間；

20 其中，該氧化銦錫立體電極係包括一導電層；以及複數個形成於該導電層上之氧化銦錫奈米柱，且該氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為 50nm 至 200nm ，該氧化銦錫奈米柱之直徑可調變範圍為 30nm 至 50nm 。

16. 如申請專利範圍第15項所述之有機太陽能電池，其中，更包括一電洞傳導層，其係形成於該氧化銦錫(ITO)立體電極與該主動層之間。

5 17. 如申請專利範圍第16項所述之有機太陽能電池，其中，該電洞傳導層之材料係為PEDOT:PSS(聚(3,4-乙烯二氧噻吩：聚苯乙烯磺酸酯，Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate))。

10 18. 如申請專利範圍第15項所述之有機太陽能電池，其中，該主動層之材料係為P3HT:PCBM(聚(3-己基噻吩：[6,6]-
 15 苯基-C61-丁酸甲基酯，poly(3-hexyl thiophene)：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)、或MDMO-PPV:PCBM(聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐]：[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，
 20 poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene]：[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)。

19. 如申請專利範圍第15項所述之有機太陽能電池，其中，該氧化銦錫奈米柱配置於該導電層表面之密度為每平方公分 1×10^8 至 1×10^{10} 個。

20 20. 如申請專利範圍第15項所述之有機太陽能電池，其中，該導電層係為透明導電層、金屬層、導電陶瓷層、半導體導電層、或高分子導電層。

21. 如申請專利範圍第20項所述之有機太陽能電池，其中，該透明導電層係為氧化銦錫層(ITO)、氧化銦鋅(IZO)、氧化鋅鋁(AZO)、氧化鋅鎳(GZO)、或氧化鋅。

22. 一種有機太陽能電池之製備方法，包括：

5 (A) 形成一主動層於一氧化銦錫(ITO)立體電極之表面，其中，該氧化銦錫立體電極係包括一導電層；以及複數個形成於該導電層上之氧化銦錫奈米柱，且該氧化銦錫奈米柱之長度可調變範圍為50nm至200nm；

10 (B) 形成一金屬電極於該主動層之表面；以及

(C) 將步驟(B)所得之具有氧化銦錫(ITO)立體電極、主動層、以及金屬電極之基板加熱退火(anneal)。

15 23. 如申請專利範圍第22項所述之有機太陽能電池之製備方法，其中，該步驟(C)之加熱退火之溫度為90至150°C，時間範圍為10分鐘到150分鐘。

20 24. 如申請專利範圍第22項所述之有機太陽能電池之製備方法，其中，該步驟(A)之主動層之材料係為P3HT:PCBM(聚(3-己基噻吩:[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly(3-hexyl thiophene) : [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester) 、或 MDMO-PPV:PCBM(聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐]:[6,6]-苯基-C61-丁酸甲基酯，poly[2-methoxy-5-(3',7'-

-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene] :
[6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester)。

25. 如申請專利範圍第22項所述之有機太陽能電池之
製備方法，其中，該步驟(A)之前更包括一步驟(A1)：形成
5 一電洞傳導層於該氧化銦錫(ITO)立體電極與該主動層之
間。

26. 如申請專利範圍第25項所述之有機太陽能電池之
製備方法，其中，該電洞傳導層之材料係為PEDOT:PSS(聚
(3,4- 乙 烯 二 氧 噻 吩 : 聚 苯 乙 烯 磺 酸 酯 ，
10 Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate))。

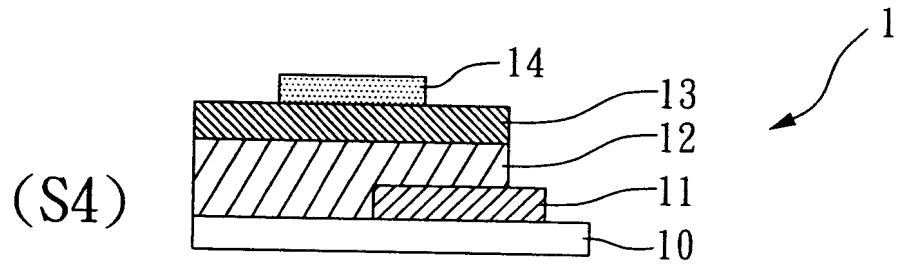
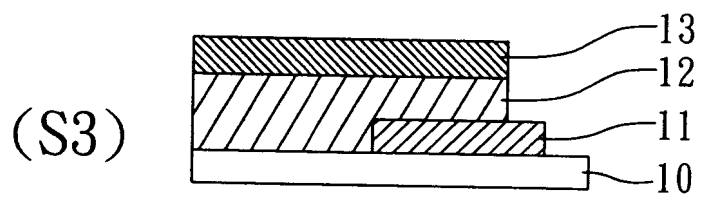
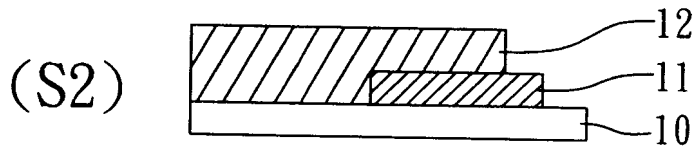
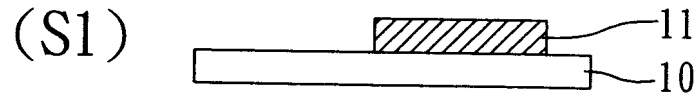


圖1

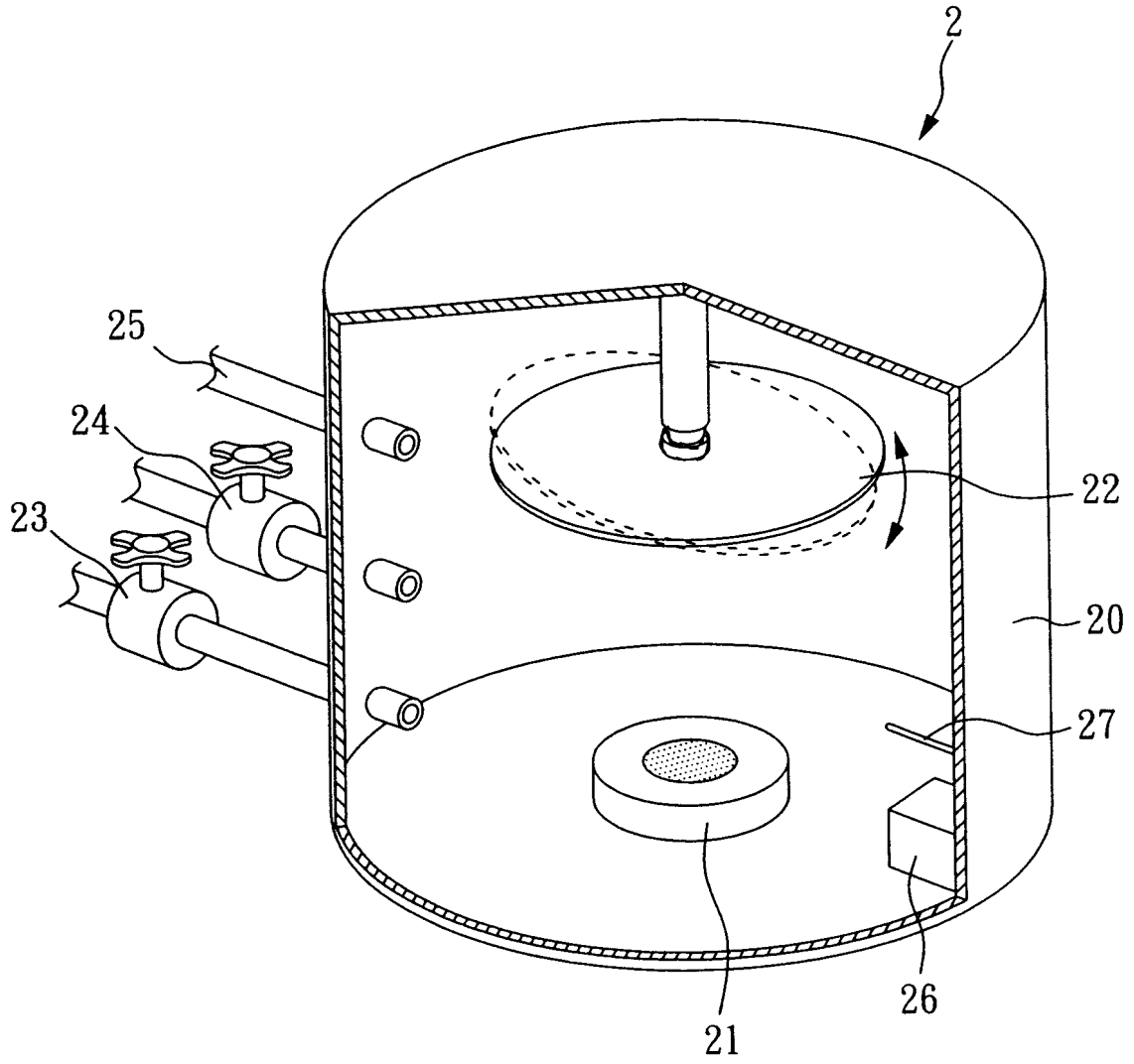


圖2

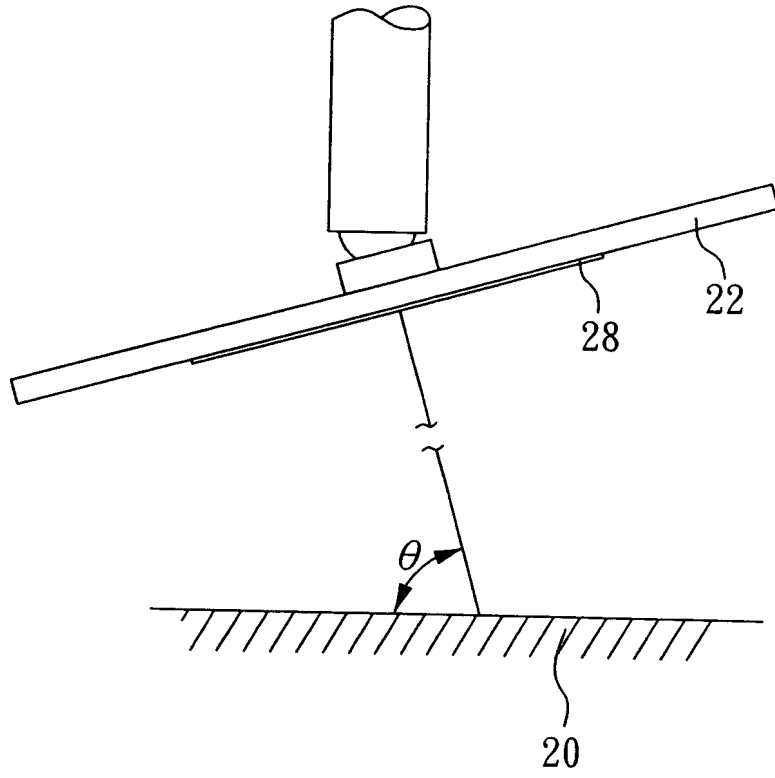


圖3

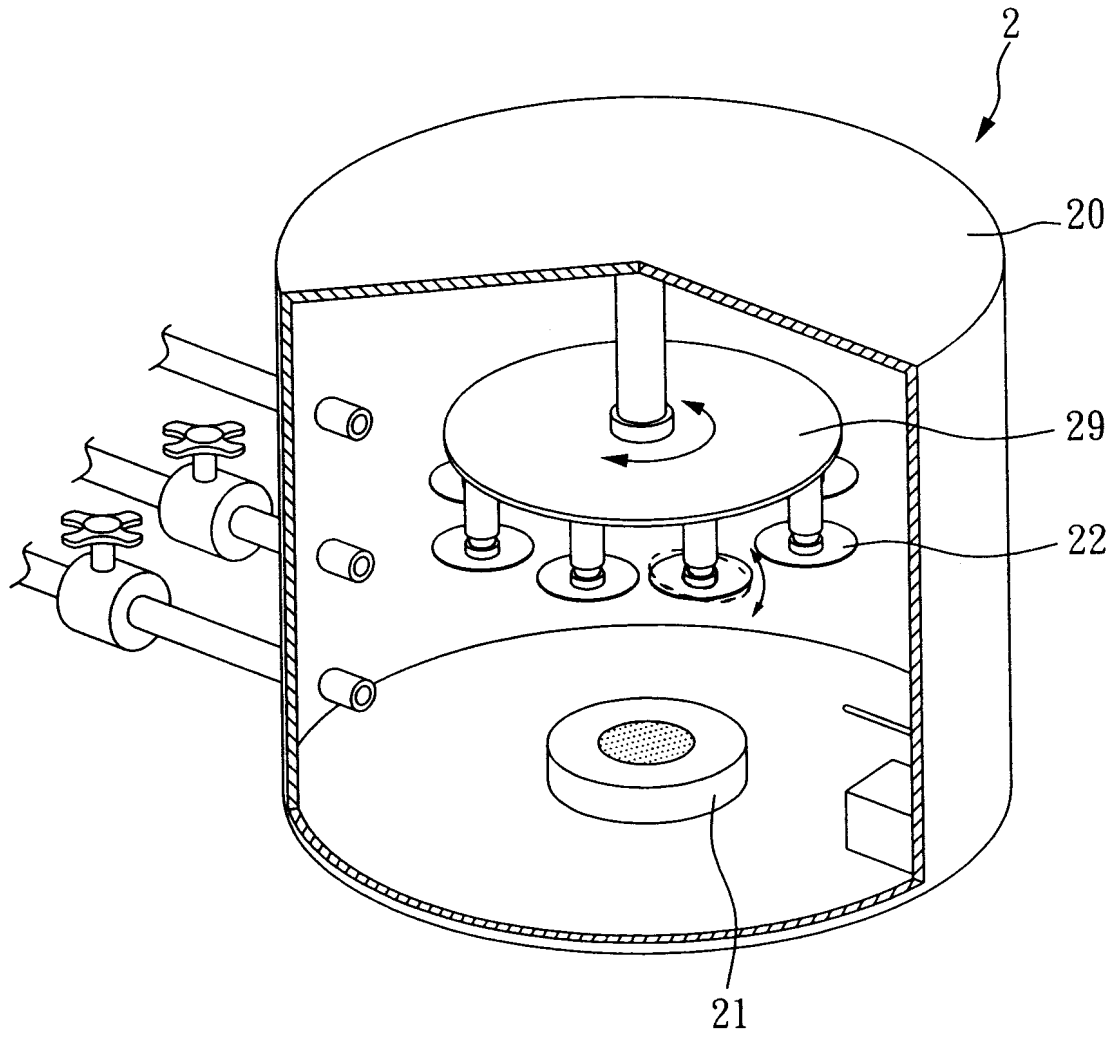


圖4

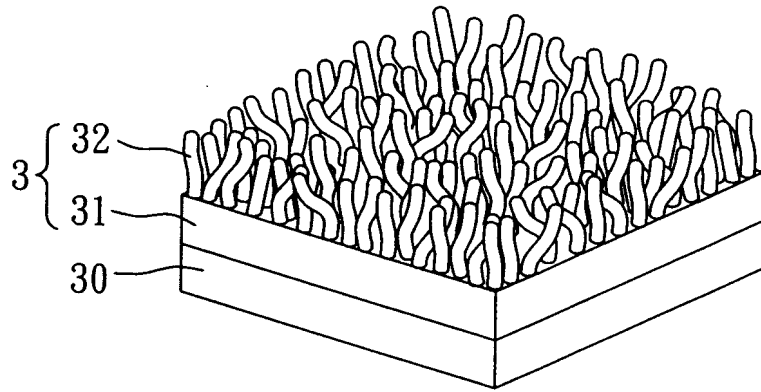


圖5

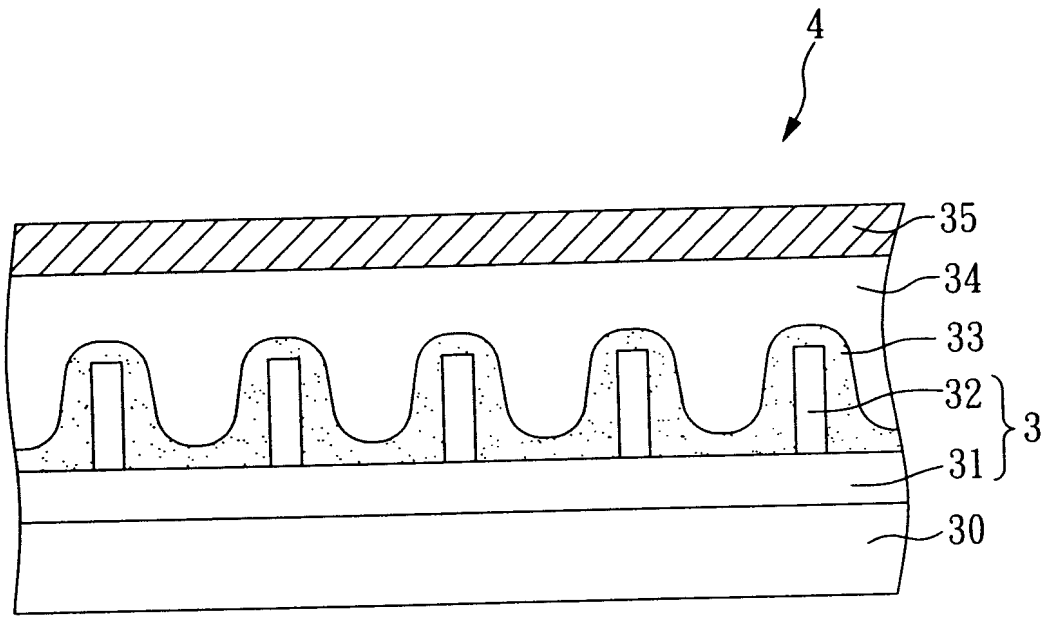


圖6

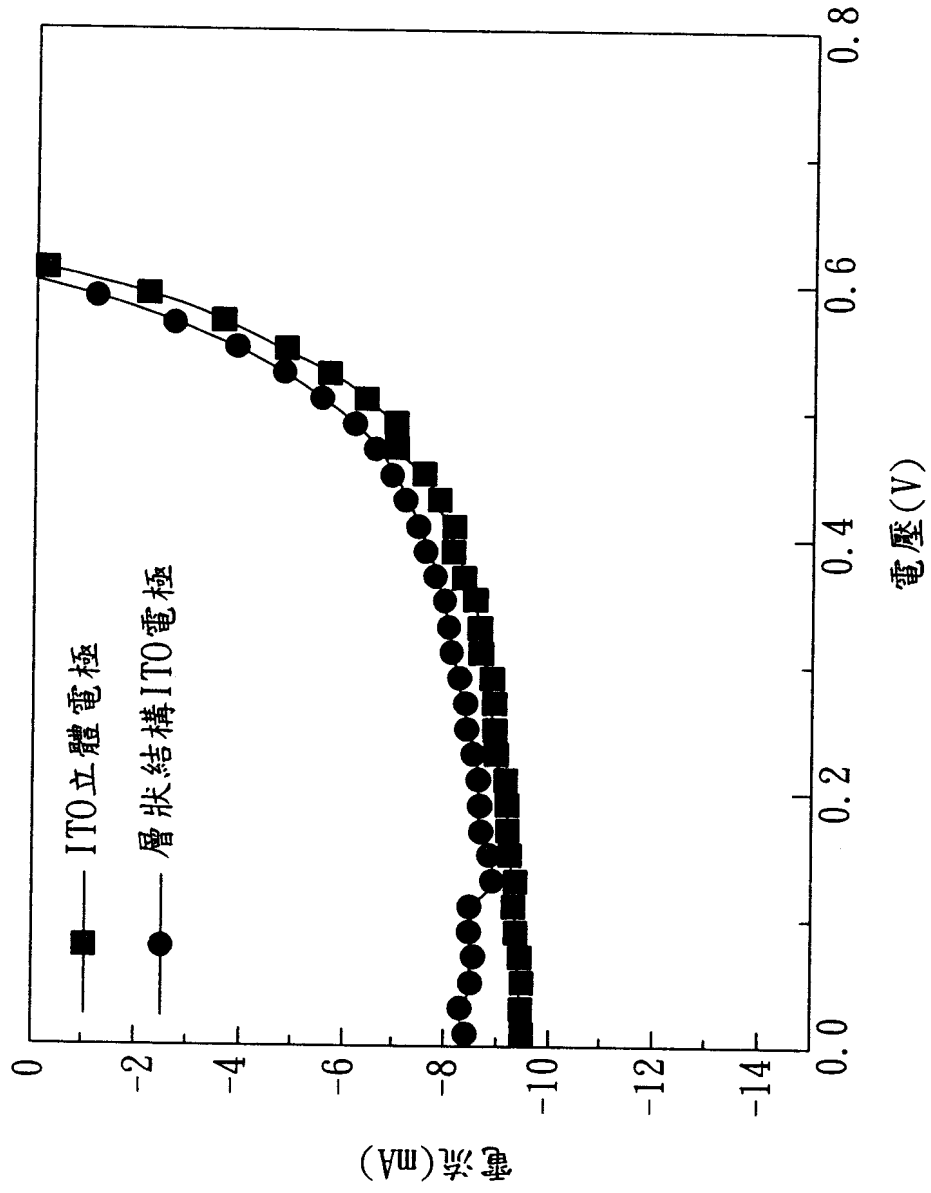


圖7

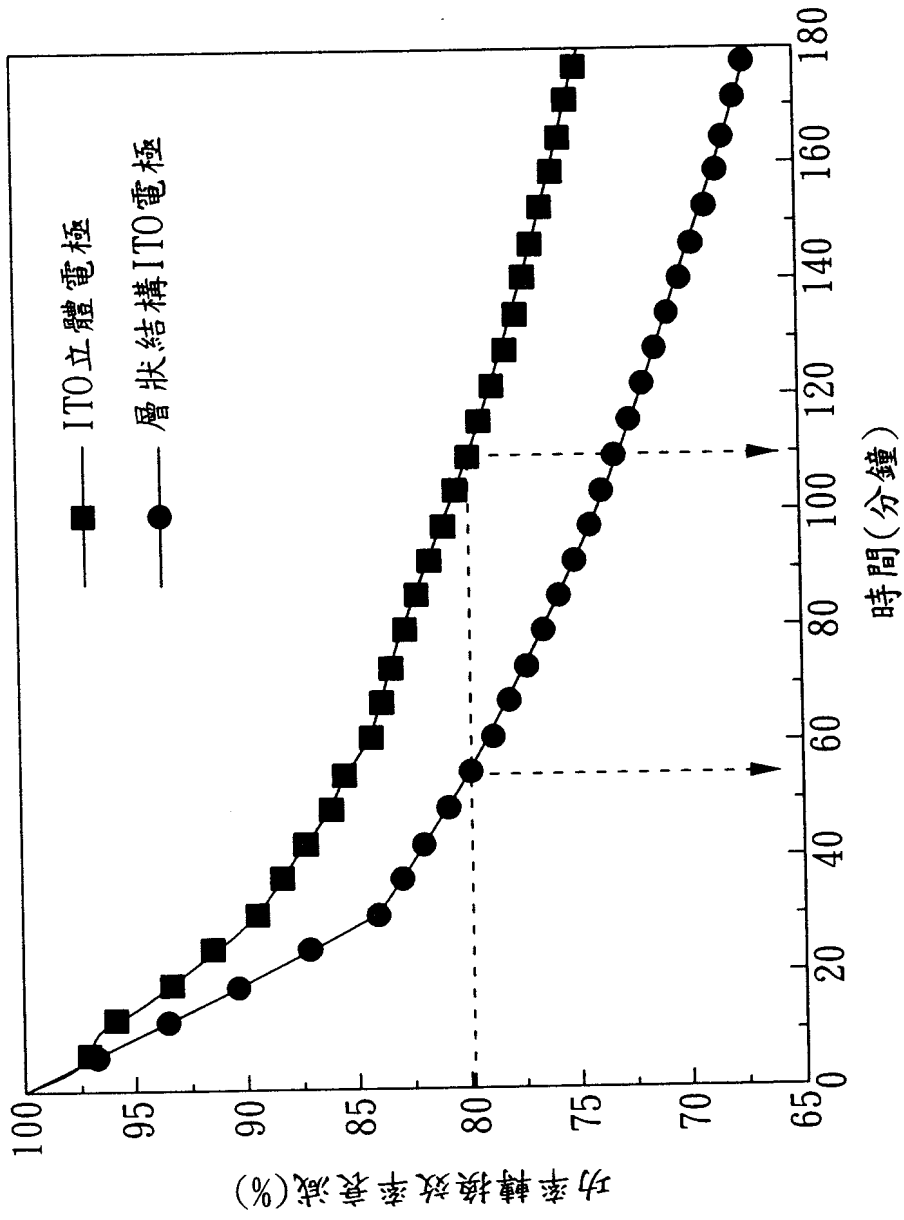


圖8