



(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 I426633 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：098142258

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 10 日

(51)Int. Cl. : H01L51/42 (2006.01) H01L51/48 (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：陳方中 CHEN, FANG CHUNG (TW)；吳志力 WU, JYH LIH (TW)；洪毅 HUNG, YI (TW)

(74)代理人：吳冠賜；林志鴻

(56)參考文獻：

US 2006/0292736A1

Efficient semitransparent inverted organic solar cells with indium tin oxide top electrode, Applied Physics Letters, Vol. 94, 243302, 2009

The use of ZnO as optical spacer in polymer solar cells: Theoretical and experimental study, Applied Physics Letters, Vol. 91, 113520, 2007

Highly efficient inverted polymer solar cell by low temperature annealing of Cs2O3 interlayer, Applied Physics Letters, Vol. 92, 173303, 2008

審查人員：彭大慶

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：11 共 0 頁

(54)名稱

倒置式有機太陽能元件及其製作方法

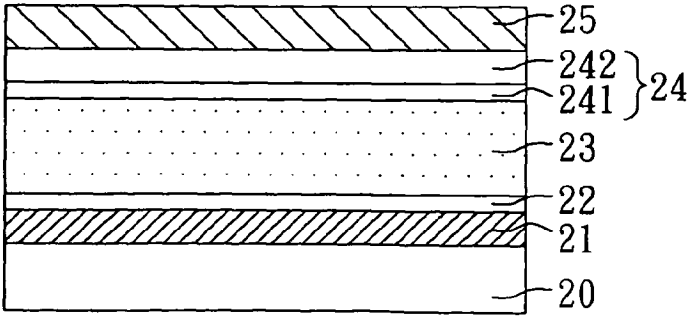
INVERTED ORGANIC SOLAR CELL AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)摘要

本發明係有關於一種倒置式有機太陽能元件及其製作方法，其中，倒置式有機太陽能元件係包括：一基板；一第一電極，係位於基板上；一有機主動層，係位於第一電極上；一光學間隙物，其包括一緩衝層、以及一光學介面層，緩衝層係位於有機主動層上，而光學介面層係層疊於緩衝層上，使緩衝層位於有機主動層與光學介面間；以及一第二電極，係位於光學間隙物上。藉由設置此適當厚度之光學間隙物，可增加有機主動層光的吸收，進而提升有機太陽能元件之能量轉換效率。

An inverted organic solar cell and a method for manufacturing the same are disclosed, wherein the inverted organic solar cell comprises: a substrate; a first electrode disposed on the substrate; an active layer disposed on the first electrode; an optical spacer containing a buffer layer and an optical interfacial layer, wherein the buffer layer is laminated on the active layer, the optical interfacial layer is laminated on the buffer layer, and the buffer layer is disposed between the active layer and the optical interfacial layer; and a second electrode disposed on the optical spacer. The introduction of the optical spacer with a favorable thickness can enhance light absorption in the active layer, and therefore the power conversion efficiency of the organic solar cell can be improved.

圖 2F



- 20 . . . 基板
- 21 . . . 第一電極
- 22 . . . 修飾層
- 23 . . . 有機主動層
- 24 . . . 光學間隙物
- 241 . . . 緩衝層
- 242 . . . 光學介面層
- 25 . . . 第二電極

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： 98.14.2258 H01L 51/42 (2006.01)
※申請日： 98.12.10 ※IPC 分類： H01L 51/48 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

倒置式有機太陽能元件及其製作方法 / Inverted
organic solar cell and method for manufacturing the
same

二、中文發明摘要：

本發明係有關於一種倒置式有機太陽能元件及其製作方法，其中，倒置式有機太陽能元件係包括：一基板；一第一電極，係位於基板上；一有機主動層，係位於第一電極上；一光學間隙物，其包括一緩衝層、以及一光學介面層，緩衝層係位於有機主動層上，而光學介面層係層疊於緩衝層上，使緩衝層位於有機主動層與光學介面間；以及一第二電極，係位於光學間隙物上。藉由設置此適當厚度之光學間隙物，可增加有機主動層光的吸收，進而提升有機太陽能元件之能量轉換效率。

三、英文發明摘要：

An inverted organic solar cell and a method for manufacturing the same are disclosed, wherein the inverted organic solar cell comprises: a substrate; a first electrode disposed on the substrate; an active layer disposed on the first electrode; an optical spacer containing a buffer layer and an optical interfacial layer, wherein the buffer layer is laminated on the active layer, the optical interfacial layer is laminated on the buffer layer, and the buffer layer is disposed between the active layer and the optical interfacial layer; and a second electrode disposed on the optical spacer. The introduction of the optical spacer with a favorable thickness can enhance light absorption in the active layer, and therefore the power conversion efficiency of the organic solar cell can be improved.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 (2F) 。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20	基板	21	第一電極
22	修飾層	23	有機主動層
24	光學間隙物	241	緩衝層
242	光學介面層	25	第二電極

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】

本發明係關於一種倒置式有機太陽能元件及其製作方法，尤指一種包含光學間隙物之倒置式有機太陽能元件及其製作方法。

【先前技術】

目前人類主要仰賴之石油已漸漸使用殆盡，且燃燒石油會產生廢氣會造成環境污染。因此，太陽能被視為較環保的替代能源，因其能將光能直接轉變成電能之太陽能電池，而受到各界之矚目。

現今已研發出之太陽能電池有矽晶太陽能電池、及有機太陽能電池等。其中，雖矽晶太陽能電池之光電轉換效率較高，但以矽製造之太陽能電池模組卻面臨面積大、笨重、價格昂貴等缺點。因此，有關有機太陽能電池之研究目前不斷的蓬勃發展中，以期可開發出一種具有高光電轉換效率之有機太陽能電池。

如圖1A所示，習知之有機太陽能電池係包括：一基板10、一ITO電極11、一電洞傳輸層17、一有機主動層13、以及一鈣鋁雙層電極16。其中，ITO電極11係做為陽極，而鈣鋁雙層電極16係做為陰極；電洞傳輸層17之材料多使用PEDOT及PSS之混合物；而有機主動層13之材料多使用P3HT及PCBM之混合物。然而，由於電洞傳輸層17所使用之PEDOT為一水溶性酸性物質，容易造成有機主動層13劣

化，且雙層電極16中的鈣容易氧化，進而影響到有機太陽能電池之效率及穩定度。據此，目前已發展出一種無需使用PEDOT之倒置式有機太陽能電池，以提升元件穩定度。

如圖2所示，習知之倒置式有機太陽能電池係包括：一基板10、一ITO電極11、一有機主動層13、以及一銀電極18。其中，ITO電極11係做為陰極，而銀電極18係做為陽極；而有機主動層13之材料多使用P3HT及PCBM之混合物。由於倒置式有機太陽能電池無須使用酸性之PEDOT，而無有機主動層13劣化之問題，故元件穩定性較非倒置式有機太陽能電池要佳。

無論是倒置式或非倒置式有機太陽能電池，由於有機材料的載子遷移率較低，故有機主動層之厚度通常需低於250 nm，但此舉卻也往往限制了光吸收量，而無法發展出高效率的有機太陽能電池。

因此，目前亟需發展出一種倒置式有機太陽能電池，其可解決PEDOT損害有機材料層之問題，更可大幅提升光吸收量，進而達到增加整體元件能量轉換效率之目的。

【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種倒置式有機太陽能元件，俾能提升元件穩定性，且增加元件之能量轉換效率。

本發明之另一目的係在提供一種倒置式有機太陽能元件之製作方法，俾能製作出穩定性佳且能量轉換效率高之倒置式有機太陽能元件。

為達成上述目的，本發明係提供一種倒置式有機太陽能元件，其包括：一基板；一第一電極，係位於基板上；一有機主動層，係位於第一電極上；一光學間隙物，其包括一緩衝層、以及一光學介面層，緩衝層係層疊於有機主動層上，而光學介面層係層疊於緩衝層上，使緩衝層位於有機主動層與光學介面層間；以及一第二電極，係位於光學間隙物上。

此外，本發明更提供上述倒置式有機太陽能元件之製作方法，係包括下述步驟：(A) 提供一基板，其上方設有一第一電極；(B) 形成一有機主動層於第一電極上；(C) 於有機主動層上依序形成一緩衝層以及一光學介面層，且緩衝層與光學介面層係組成一光學間隙物；以及(E) 形成一第二電極於光學間隙物上。

於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，所謂之「光學間隙物」係為一種可產生光學干涉效應之結構，藉此可調整光場在元件內的分佈，以增加元件的光電流。

此外，於本發明之倒置式有機太陽能電池及其製作方法中，光學間隙物係為一雙層結構，即包含有光學介面層與緩衝層。其中，光學介面層即為可產生光學干涉效應之主要結構，而光學介面層與有機主動層間所設置之緩衝層，可有效改善光學介面層與有機主動層能階不匹配之問題，以提升元件電性，進而更加提升元件效率。

於本發明中，係提供一種簡便的製作方法，以形成一種具有較佳光電轉換效率之有機太陽能電池。同時，本發明係製得一種倒置式有機太陽能電池，因此，相較於習知之有機太陽能電池，倒置式有機太陽能電池具有較佳之元件穩定性。此外，本發明之倒置式有機太陽能電池，係藉由設置一光學間隙物，即便主動層厚度已達適當厚度，仍可有效增加太陽光於主動層的吸收以及元件的光電流，進而提升整體元件之光電轉換效率。

於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，緩衝層之材料可為任何具有高功函數之透明氧化物。較佳的，緩衝層之材料係為 MoO_3 、 V_2O_5 、或 NiO 。更佳的，緩衝層之材料係為 MoO_3 。此外，緩衝層之厚度可介於1~40 nm之間。

另一方面，於本發明之倒置式有機太陽能元件之製作方法中，於步驟(A)後可更包括一步驟(A1)：形成一修飾層於第一電極上，使修飾層位於第一電極與有機主動層間。因此，本發明之倒置式有機太陽能元件可更包括：一修飾層，係位於第一電極上，且修飾層係位於第一電極與有機主動層間。

於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，修飾層之材料可為任何具有低功函數之導電材料。較佳的，修飾層之材料係為 Cs_2CO_3 、 ZnO 、或 TiO_x 。於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，光學介面層之材料係為一種可透光且具導電性之材料。較佳的，光學介

面層之材料係為ITO、IZO、或 TiO_x 。更佳的，光學介面層之材料係為ITO。此外，光學介面層之厚度可介於1~250 nm之間。較佳的，光學介面層之厚度係為50~150 nm之間。更佳的，光學介面層之厚度係為75~125 nm。

於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，有機主動層之材料可為聚三己烷基噻吩(P3HT)、[6,6]-苯基-C61丁酸甲酯(PCBM)、聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐](MDMO-PPV)、或其混合物。較佳的，有機主動層之材料係為P3HT與PCBM之混合物。

此外，於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，基板之材質並無特殊限制，可為任何材質之透明基板；且較佳為一玻璃基板、一石英基板、或一塑膠基板。

再者，於本發明之倒置式有機太陽能元件及其製作方法中，第一電極與第二電極可為常用於有機太陽能元件之電極材料。其中，第一電極可為一透明電極；且較佳為ITO電極、或IZO電極；更佳為ITO電極。此外，第二電極可為一金屬電極；且較佳為一銀電極。據此，本發明之倒置式有機太陽能元件並未使用低功函數之金屬做為電極材料，而可防止電極氧化之缺點。此外，銀電極除了可做為陽極導電層外，更可做為一光反射層，進而提升光吸收量。

於本發明之倒置式有機太陽能元件製作方法中，各元件層可使用常用於製作有機太陽能元件之製程形成。其中，步驟(B)可以旋轉式塗佈、浸沾式塗佈、滾筒式塗佈、

或印刷法形成有機主動層；步驟(C)可以蒸鍍法形成緩衝層；且步驟(C)可以濺鍍法形成光學介面層。

【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，熟習此技藝之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地了解本發明之其他優點與功效。本發明亦可藉由其他不同的具體實施例加以施行或應用，本說明書中的各項細節亦可針對不同觀點與應用，在不悖離本創作之精神下進行各種修飾與變更。

實施例1

如圖2A所示，提供一基板20，且此基板20上成長有一ITO薄膜，以做為一第一電極21。於本實施例中，基板20係為一玻璃基板。

而後，利用旋轉塗佈法，將 Cs_2CO_3 塗佈於第一電極21上，而形成一修飾層22，如圖2B所示。

接著，將一P3HT及PCBM之混合物沉積於修飾層22上，並經過退火製程後，則製得一有機主動層23，如圖2C所示。於本實施例中，有機主動層23之厚度係為180 nm。

利用蒸鍍法，於有機主動層23上蒸鍍 MoO_3 ，以形成一緩衝層241，如圖2D所示。於本實施例中，緩衝層241之厚度係為20 nm。

而後，於緩衝層241上濺鍍形成一ITO薄膜，以做為一光學介面層242，且緩衝層241與光學介面層242係組成一光

學間隙物24，如圖2E所示。於本實施例中，光學介面層242之厚度係為50 nm。

最後，再利用蒸鍍法，將銀蒸鍍於光學間隙物24上，以形成一第二電極25，如圖2F所示。於本實施例中，第二電極25之厚度係為150 nm。

因此，本實施例所製得之倒置式太陽能元件係包括：一基板20；一第一電極21，係位於基板20上；一有機主動層23，係位於第一電極21上；一光學間隙物24，其包括一緩衝層241、以及一光學介面層242，緩衝層241係層疊於有機主動層23上，而光學介面層242係層疊於緩衝層241上，使緩衝層241位於有機主動層23與光學介面層242間；以及一第二電極25，係位於光學間隙物24上。此外，本實施例之倒置式太陽能元件更包括：一修飾層22，係位於第一電極21上，且修飾層22位於第一電極21與有機主動層23間。

實施例2

本實施例之製作方法及元件結構均與實施例1相同，除了光學介面層242之厚度係為100 nm。

實施例3

本實施例之製作方法及元件結構均與實施例1相同，除了光學介面層242之厚度係為150 nm。

比較例

本比較例之製作方法及元件結構均與實施例1相同，除了本比較例之製作方法中未形成有光學介面層，故本比較

例之倒置式有機太陽能元件不包括一光學介面層，如圖3所示。

據此，本比較例之倒置式太陽能元件係包括：一基板20；一第一電極21，係位於基板20上；一修飾層22，係位於第一電極21上；一有機主動層23，係位於修飾層22上；一緩衝層241，係位於有機主動層23上；以及一第二電極25，係位於緩衝層241上。

測試例

將實施例1至3及比較例之倒置式有機太陽能元件在AM 1.5的照明下，測試其短路電流密度(J_{sc})、開路電壓(V_{oc})、填充因子(FF)、及功率轉換效率(Power Conversion Efficiency, PCE)。

測試結果整理如下表所示：

	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm^{-2})	FF (%)	PCE (%)
比較例	0.61	9.30	0.65	3.70
實施例1	0.61	10.20	0.59	3.66
實施例2	0.61	12.10	0.60	4.43
實施例3	0.61	11.10	0.62	4.19

此外，請參閱圖4及圖5，其分別為本測試例之電壓-電流密度曲線圖(J-V curve)及IPCE測試結果圖。由圖4可知，實施例之電流密度均較比較例高，尤其是實施例2之有機太陽能元件其電流密度最高。再者，由圖5可知，實施例之有機太陽能元件其光譜響應有明顯的變化，此乃由於光學干涉效應，尤其是實施例2之有機太陽能元件，能使波長

400 nm至600 nm的光電流顯著提升。另一方面，由上表可知，實施例之包含光學間隙物之倒置式有機太陽能元件，可有效提升短路電流密度，且經計算後，功率轉換效率亦大幅提升。特別是，實施例2之太陽能元件，可將短路電流密度可以從9.30提升到12.10 mA/cm²，功率轉換效率則可以從3.70%提升到4.43%。

另一方面，相較於比較例之倒置式有機太陽能元件，實施例2之倒置式有機太陽能元件其激子產生率(maximum exciton generation rate, $G_{\max}$)可由 $4.13 \times 10^{27} \text{ m}^{-3}\text{s}^{-1}$ 提升至 $4.97 \times 10^{27} \text{ m}^{-3}\text{s}^{-1}$ 。此結果說明了在適當的ITO光學介面層與MoO₃緩衝層之厚度條件下，可有效增加光在主動層的吸收，進一步提升元件整體的功率轉換效率。

為了提升有機太陽能元件性能，習知之有機主動層厚度往往低於60 nm，才能利用光學間隙物提升元件效率，然而，此舉反而會導致光吸收量減少，而無法發展出高效率之有機太陽能元件。反觀本發明之倒置式有機太陽能元件，在有機主動層厚度已達180nm，仍可藉由設置一光學間隙物，增加光吸收量以提升有機太陽能元件效率。特別是，本發明之倒置式太陽能元件，藉由設置光學間隙物，並在適當之光學間隙物厚度條件下，可大幅提升元件轉換效率。此外，由於本發明之倒置式有機太陽能元件無須使用PEDOT之酸性物質，而可避免元件劣化，進而提升有機太陽能元件之穩定度。

修正頁
12年08月02日
第13頁(本)

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 1A 係習知之有機太陽能電池之示意圖。
圖 1B 係習知之倒置式有機太陽能電池之示意圖。
圖 2A 至 2F 係本發明一較佳實施例之倒置式有機太陽能元件之製作流程示意圖。
圖 3 係本發明比較例之倒置式有機太陽能元件之示意圖。
圖 4 係本發明測試例之電壓-電流密度曲線圖。
圖 5 係本發明測試例之 IPCE 測試結果圖。

【主要元件符號說明】

10	基板	11	ITO 電極
13	有機主動層	16	鈣鋁雙層電極
17	電洞傳輸層	18	銀電極
20	基板	21	第一電極
22	修飾層	23	有機主動層
24	光學間隙物	241	緩衝層
242	光學介面層	25	第二電極

七、申請專利範圍：

1. 一種倒置式有機太陽能元件，包括：

一基板；

一第一電極，係位於該基板上；

一有機主動層，係位於該第一電極上；

一光學間隙物，其包括一緩衝層、以及一光學介面層，該緩衝層係層疊於該有機主動層上，而該光學介面層係層疊於該緩衝層上，使該緩衝層位於該有機主動層與該光學介面層間，其中該光學介面層之材料係ITO，且其厚度係75~125 nm，該緩衝層之材料係MoO₃、V₂O₅、或NiO，且其厚度係1~40 nm；以及

一第二電極，係位於該光學間隙物上。

2. 如申請專利範圍第1項所述之倒置式有機太陽能元件，更包括一修飾層，係位於該第一電極上，且該修飾層係位於該第一電極與該有機主動層間。

3. 如申請專利範圍第2項所述之倒置式有機太陽能元件，其中該修飾層之材料係為Cs₂CO₃、ZnO、或TiO_x。

4. 如申請專利範圍第1項所述之倒置式有機太陽能元件，其中該有機主動層之材料係為聚三己烷基噻吩(P3HT)、[6,6]-苯基-C61丁酸甲酯(PCBM)、聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐](MDMO-PPV)、或其混合物。

5. 如申請專利範圍第1項所述之倒置式有機太陽能元件，其中該基板係為一玻璃基板、一石英基板、或一塑膠基板。

6. 如申請專利範圍第1項所述之倒置式有機太陽能元件，其中該第一電極係為一ITO電極、或一IZO電極。

7. 如申請專利範圍第1項所述之倒置式有機太陽能元件，其中該第二電極係為一金屬電極。

8. 一種倒置式有機太陽能元件之製作方法，包括：

(A) 提供一基板，其上方設有一第一電極；

(B) 形成一有機主動層於該第一電極上；

(C) 於該有機主動層上依序形成一緩衝層、以及一光學介面層，且該光學介面層與該緩衝層係組成一光學間隙物，其中該光學介面層之材料係ITO，且其厚度係75~125 nm，該緩衝層之材料係 MoO_3 、 V_2O_5 、或NiO，且其厚度係1~40 nm；以及

(D) 形成一第二電極於該光學間隙物上。

9. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，於步驟(A)後更包括一步驟(A1)：形成一修飾層於該第一電極上，使該修飾層位於該第一電極與該有機主動層間。

10. 如申請專利範圍第9項所述之製作方法，其中該修飾層之材料係為 Cs_2CO_3 、ZnO、或 TiO_x 。

11. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，其中該有機主動層之材料係為聚三己烷基噻吩(P3HT)、[6,6]-苯基

-C61 丁酸甲酯(PCBM)、聚[2-甲氧基-5-(3',7'-二甲基辛氧基)-1,4-對苯撐乙撐](MDMO-PPV)、或其混合物。

12. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，於步驟(C)中，係以濺鍍法形成該光學介面層。

13. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，於步驟(B)中，係以旋轉式塗佈、浸沾式塗佈、滾筒式塗佈、或印刷法形成該有機主動層。

14. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，於步驟(C)中，係以蒸鍍法形成該緩衝層。

15. 如申請專利範圍第8項所述之製作方法，於步驟(E)中，係以蒸鍍法形成該第二電極，且該第二電極係為一金屬電極。

圖 1A

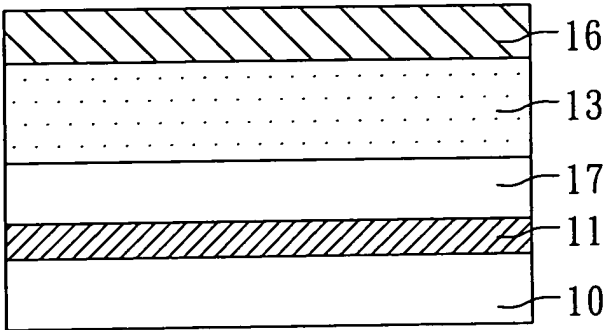


圖 1B

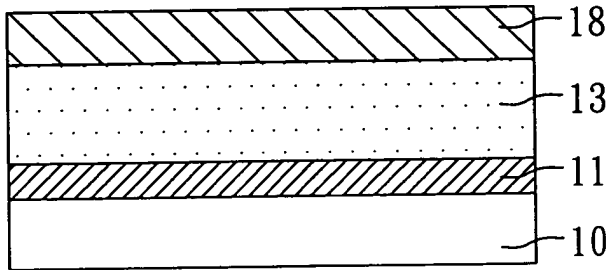


圖 2A

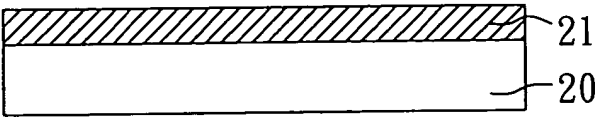


圖 2B

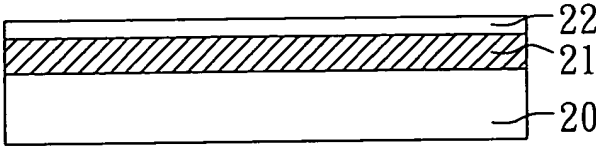


圖 2C

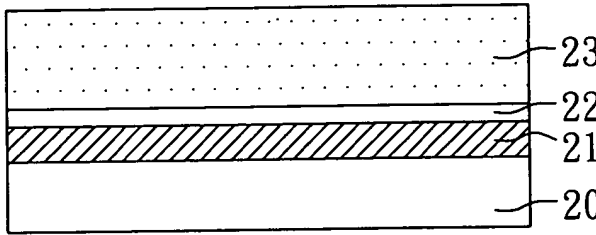


圖 2D

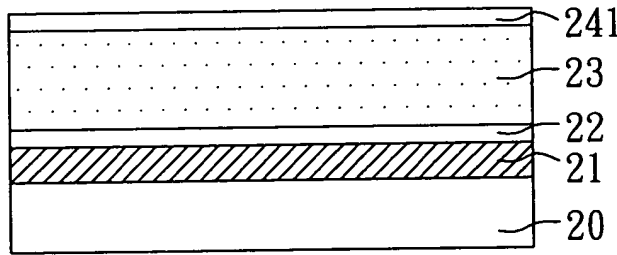


圖 2E

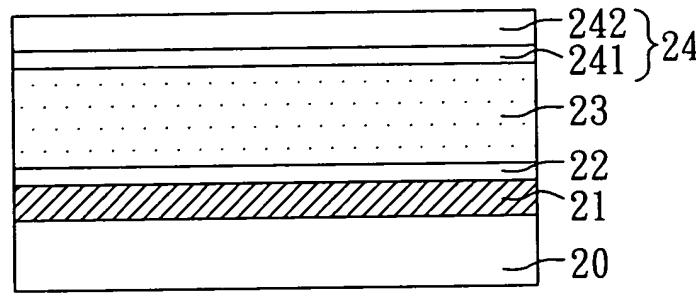
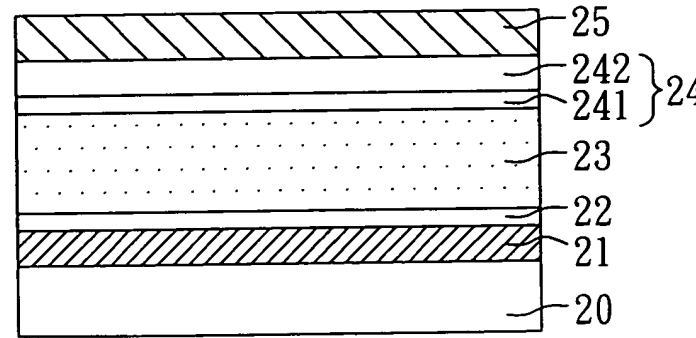


圖 2F



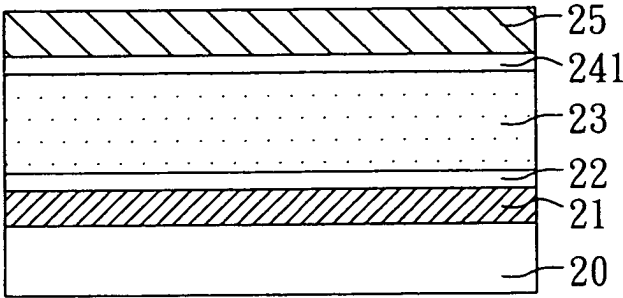


圖3

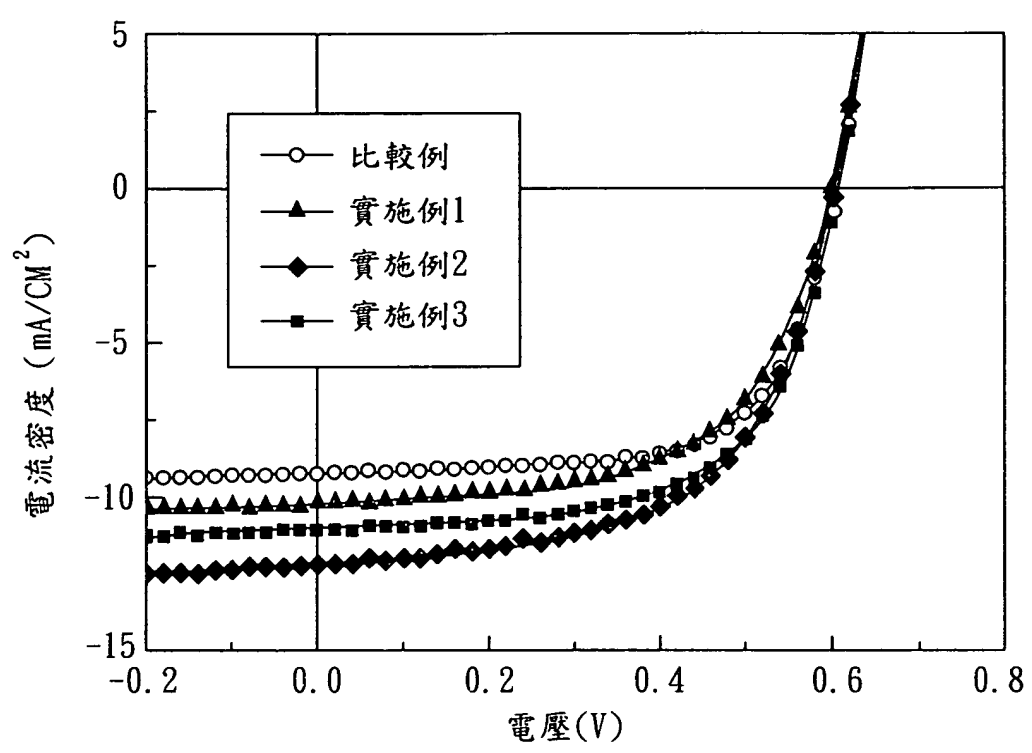


圖4

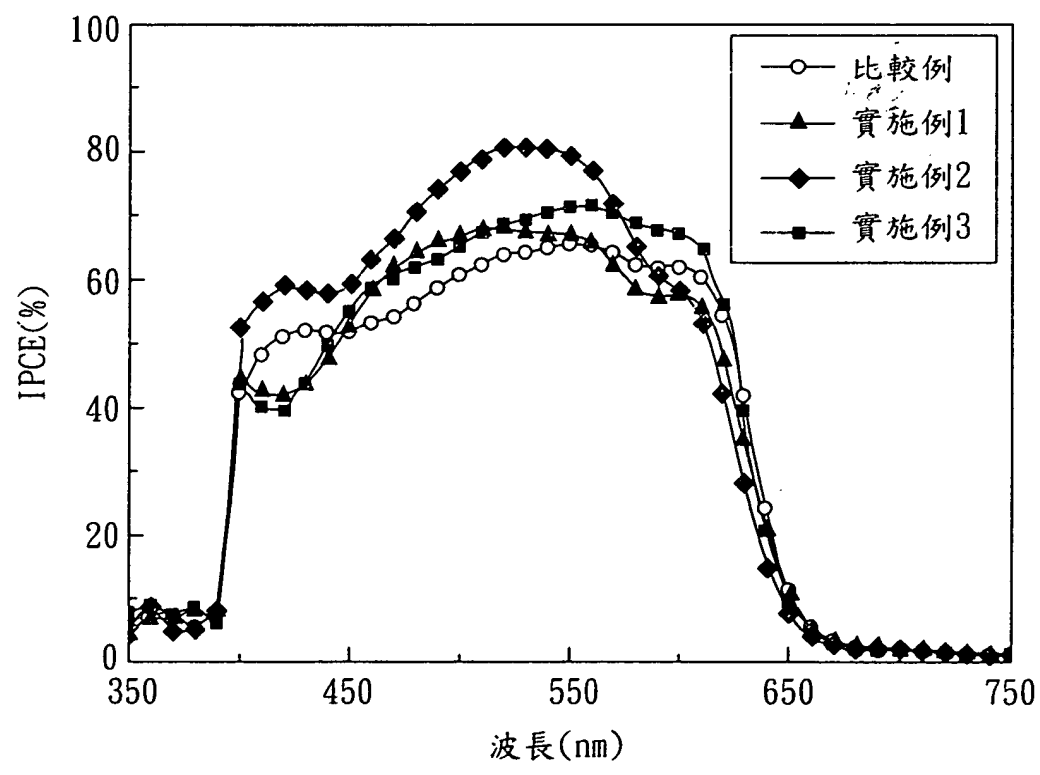


圖5