



(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 I460873 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 11 日

(21) 申請案號：099124447

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 07 月 23 日

(51) Int. Cl. : **H01L31/113 (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：冉曉雯 ZAN, HSIAO WEN (TW)；孟心飛 MENG, HSIN FEI (TW)；蔡娟娟 TSAI, CHUANG CHUANG (TW)；陳蔚宗 CHEN, WEI TSUNG (TW)；趙宇強 CHAO, YU CHIANG (TW)

(74) 代理人：蔡坤財；李世章

(56) 參考文獻：

TW 200725926

TW 201000308A1

JP 2010-34534A

US 2010/0124245A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：10 共 18 頁

(54) 名稱

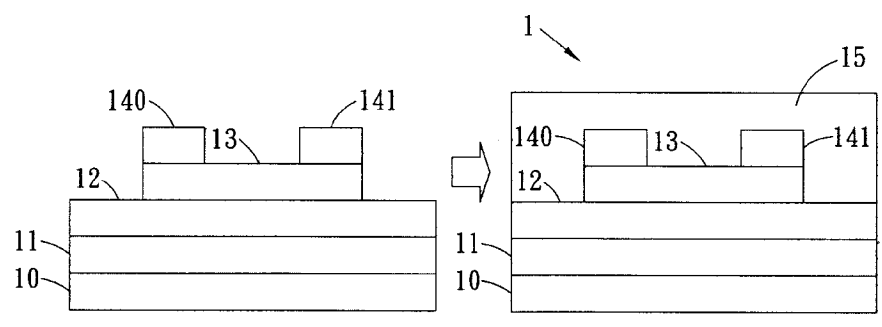
光電晶體

PHOTO TRANSISTOR

(57) 摘要

本發明係揭露一種光電晶體，該光電晶體包含有一基板、一閘極層、一介電層、一主動層、一源極及一汲極及一光吸收層。閘極層係設於基板上，而介電層則設於閘極層上。主動層係具有一第一能隙並設於介電層上，而源極及汲極則係設於主動層上。其中，光吸收層係具有一第二能隙並覆蓋主動層、源極及汲極，且第二能隙小於第一能隙。

The present invention discloses a photo transistor. The photo transistor comprises a substrate, a gate layer, a dielectric layer, an active layer, a source/drain and a light absorption layer. The gate layer is disposed on the substrate, and the dielectric layer is disposed on the gate layer. The active layer disposed on the dielectric layer has a first band gap, and the source/drain layer is disposed on the active layer. The light absorption layer disposed covers the active layer and the source/drain layer has a second band gap, and the second band gap is smaller than the first band gap.



- 1 . . . 光電晶體
- 10 . . . 基板
- 11 . . . 閘極層
- 12 . . . 介電層
- 13 . . . 主動層
- 140 . . . 源極
- 141 . . . 汲極
- 以及
- 15 . . . 光吸收層

第 2 圖

專利案號：099124447



日期：99年07月23日

公告本

發明專利說明書

※申請案號：099124447

※IPC分類：

H01L 31/113 (2006.01)

※申請日：99.7.23

## 一、發明名稱：

光電晶體

PHOTO TRANSISTOR

## 二、中文發明摘要：

本發明係揭露一種光電晶體，該光電晶體包含有一基板、一閘極層、一介電層、一主動層、一源極及一汲極及一光吸收層。閘極層係設於基板上，而介電層則設於閘極層上。主動層係具有一第一能隙並設於介電層上，而源極及汲極則係設於主動層上。其中，光吸收層係具有一第二能隙並覆蓋主動層、源極及汲極，且第二能隙小於第一能隙。

## 三、英文發明摘要：

The present invention discloses a photo transistor. The photo transistor comprises a substrate, a gate layer, a dielectric layer, an active layer, a source/drain and a light absorption layer. The gate layer is disposed on the substrate, and the dielectric layer is disposed on the gate layer. The active layer disposed on the dielectric layer has a first band gap, and the source/drain layer is disposed on the active layer. The light absorption layer disposed covers the active layer and the source/drain layer has a second band gap, and the second band gap is smaller than the first band gap.

Intellectual  
Property  
Office

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1：光電晶體；

10：基板；

11：閘極層；

12：介電層；

13：主動層；

140：源極；

141：汲極；以及

15：光吸收層。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

Intellectual  
Property  
Office

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明是有關於一種光電晶體，特別是有關於一種可感測多頻段的光之光電晶體。

### 【先前技術】

[0002] 目前，寬能隙之半導體元件，如金屬氧化物電晶體（Metal oxide transistor），皆具有優秀的電流驅動能力、可在低溫環境下製造以及製程簡單等優點，其係為下一世代的高潛力元件。其中，以半導體為基礎的光感測元件，通常係利用光子來激發出可移動之載子，並且反應在電流驅動力上。此種光感測元件的架構包含了簡單的光導體、二極體或光電晶體。其中，電晶體為三端元件，可放大光反應訊號，具有較好的調節性及光響應（photo responsivity）。

[0003] 寬能隙之半導體中不乏傳輸性能優秀的材料，以金屬氧化物材料為例，屬於II-VI族半導體，具備有直接能隙及透明性等特性，是很好的光電材料，可應用在顯示器驅動、發光或光感測元件上。然而，因為其具有之能隙較寬（通常大於3eV以上），所以對可見光、紅外光或長波長之電磁波的吸收是很差的。請參閱第1圖，其係為氧化銦鎵錫的穿透光譜圖。如圖所示，其光學能隙大約在3.2eV左右，故可見至紅外光區域（光波長>400 nm）對氧化銦鎵錫薄膜來說是透明的，也就是說氧化銦鎵錫薄膜對此範圍的電磁波並不會有明顯的吸收。因此，若欲以其作為可見光或紅外光等具有長波長電磁波的感測

元件，勢必要做結構上的修正。

【發明內容】

- [0004] 有鑑於上述習知技藝之問題，本發明之目的就是在提供一種光電晶體，以解決習知之光電晶體無法感測可見光至紅外光的問題。
- [0005] 根據本發明之目的，提出一種光電晶體，其包含一基板、一閘極層、一介電層、一主動層、一源極、一汲極及一光吸收層。閘極層係設於基板上；一介電層則設於閘極層上。主動層係具有一第一能隙並設於介電層上；源極及汲極則係設於主動層上。其中，光吸收層係具有一第二能隙並覆蓋主動層及源極及汲極，且第二能隙小於第一能隙。
- [0006] 其中，主動層係為氧化銦 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、氧化鎵 ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )、氧化錫 ( $\text{SnO}_2$ )、氧化鎂 ( $\text{MgO}$ )、氧化鋅 ( $\text{ZnO}$ )、氧化銦鋅 (IZO)、氧化銦鎵鋅 (IGZO) 或以至少一上述材料為基底材料所組成之化合物。
- [0007] 其中，第一能隙係為至少3電子伏特。
- [0008] 其中，光吸收層之傳導帶能階係高於主動層之傳導帶能階。
- [0009] 其中，光吸收層係為聚3-己基噻吩 (P3HT)、酞菁鉛 ( $\text{PbPc}$ ) 或稠五苯 (Pentacene)。
- [0010] 其中，光電晶體更包含一濾光層設於光吸收層上，濾光層係具有一第三能隙，第三能隙係小於第一能隙且不等於第二能隙。

[0011] 根據本發明之目的，提出一種光電晶體，其包含一基板、一閘極層、一介電層、一主動層、一源極、一汲極及一光吸收層。閘極層係設於基板上；一介電層則設於閘極層上。源極及汲極則係設於介電層上；主動層係具有一第一能隙並設於源極及汲極上。其中，光吸收層係具有一第二能隙並覆蓋主動層及源極及汲極，且第二能隙小於第一能隙。

[0012] 其中，主動層係為氧化銦 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、氧化鎵 ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )、氧化錫 ( $\text{SnO}_2$ )、氧化鎂 ( $\text{MgO}$ )、氧化鋅 ( $\text{ZnO}$ )、氧化銦鋅 (IZO)、氧化銦鎵鋅 (IGZO)，或以至少一上述材料為基底材料所組成之化合物。

[0013] 其中，第一能隙係為至少3電子伏特。

[0014] 其中，光吸收層之傳導帶能階係高於主動層之傳導帶能階。

[0015] 其中，光吸收層係為聚3-己基噻吩 (P3HT)、酞菁鉛 (PbPc) 或稠五苯 (Pentacene)。

[0016] 其中，光電晶體更包含一濾光層設於光吸收層上，濾光層係具有一第三能隙，第三能隙係小於第一能隙且不等於第二能隙。

[0017] 承上所述，依本發明之光電晶體，其可具有一或多個下述優點：

(1) 此光電晶體可藉由設置窄能隙的光吸收材料覆蓋於主動層上，藉此可提高光電晶體之感光的範圍。

(2) 此光電晶體可藉由設置不同的濾光層，藉此可選擇

性感測不同頻段的光，有效提升光電晶體的使用彈性。

【實施方式】

[0018] 請參閱第2圖，其係為本發明之光電晶體1之示意圖。如圖所示，本發明之光電晶體1包含一基板10、一閘極層11、一介電層12、一主動層13、一源極140及一汲極141及一光吸收層15。閘極層11係設於基板10上；一介電層12則設於閘極層11上。主動層13係具有一第一能隙130（如第3圖所示）並設於介電層12上；源極140及汲極141則設於主動層13上。在其他較佳的實施例中（未繪示），源極140及汲極141係設於介電層12上；主動層13則設於源極140及汲極141上。在本實施例中，主動層13係可為氧化銦（ $\text{In}_2\text{O}_3$ ）、氧化鎵（ $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ）、氧化錫（ $\text{SnO}_2$ ）、氧化鎂（ $\text{MgO}$ ）、氧化鋅（ $\text{ZnO}$ ）、氧化銦鋅（IZO）、氧化銦鎵鋅（IGZO），或以至少一上述材料為基底材料所組成之化合物。光吸收層15則可為為聚3-己基噻吩（P3HT，能隙2.1eV）、酞菁鉛（PbPc）或稠五苯（Pentacene，能隙1.8eV）。

[0019] 請同時參閱第3圖，其係為本發明之光電晶體之能階示意圖。在一些實施例中，光吸收層15係具有一第二能隙150並覆蓋主動層13及源極140及汲極141，且第二能隙150小於第一能隙130。而在另一些較佳的實施例中，第一能隙130係可為至少3電子伏特，而第二能隙150則小於3電子伏特。如此主動層13便僅可對能量較3電子伏特高的光產生光電反應。另外，又如圖中所示，光吸收層15之傳導帶能階係大於主動層13之傳導帶能階，如此在光吸收



層15吸收較長波長光時，其所產生電子電洞對之電子便較易由光吸收層15的傳導帶遷移至主動層13的傳導帶，以作為主動層13中的載子。

[0020] 請參閱第4圖，其係為本發明之光電晶體之實施例示意圖。如圖所示，在本實施例中，主動層13係為氧化銦鎵鋅，其所具有的能階約為3電子伏特，對應吸收的光的波長則為390奈米，大約是紫外光的範圍。此時，若欲增加光電晶體1對可見光或紅外光等長波長電磁波的靈敏度，此發明所提出的方式為覆蓋一層能隙較主動層13之能隙為低之光吸收層15於光電晶體1上。此光吸收層15由光激發所產生的電子，係可以有效的注入到光電晶體1之主動層13來增加傳導電子。在本實施例中，光吸收層15可以是有機半導體，某些有機半導體可以覆蓋在金屬氧化物半導體上而不會造成其在電性上明顯的變化。

[0021] 在本實施例中，氧化銦鎵鋅電晶體 (IGZO, 能隙3.2 eV) 上係覆蓋了聚3-己基噻吩 (P3HT, 能隙2.1 eV) 作為光吸收層15。此光吸收層15之能隙具有較主動層13之能隙為窄的特質，所以可以吸收波長較長的電磁波 (光子能量較低)。而如第3圖所示之寬能隙IGZO與窄能隙的有機半導體P3HT接面所具有的能帶關係，入射光子可被P3HT層吸收，隨後產生載子並轉移到IGZO層。再如第4圖所示，光子能量小於主動層13 (IGZO) 能隙的入射光在照射此光電晶體1後，會被最表層的光吸收層15 (P3HT) 或主動層13/光吸收層15 (P3HT/IGZO) 介面吸收而產生激子2，接著在P3HT/IGZO介面拆解激子2 (電子電洞

對) 進而增加主動層之載子 $20$ 數(此處為電子)。光激發載子可以以電子的形式在IGZO主動層 $13$ 傳導而形成光電流。

[0022] 請參閱第5圖，其係為本發明之光電晶體之特性轉移示意圖。如圖所示，本圖同時比較了兩種元件的特性，圖左為未覆蓋P3HT光吸收層的IGZO光電晶體，圖右則為覆蓋P3HT光吸收層的IGZO光電晶體。可以發現，在照光之後，具有P3HT光吸收層的光電晶體在同一閘極電壓下的汲極電流明顯提高，因此P3HT光吸收層確實讓IGZO電晶體具有相對明顯的光反應(白光)。

[0023] 請參閱第6圖，其係為本發明之光電晶體之感光能力示意圖。如圖所示，上方兩條曲線係為覆蓋有P3HT光吸收層的光電晶體(P3HT-capped device)，照光 $120$ 秒及 $20$ 秒的光響應及閘極電壓關係，下方的兩條曲線則為未加P3HT光吸收層的標準光電晶體(STD device)之照光 $120$ 秒及 $20$ 秒的光響應及閘極電壓關係。很明顯的可以看出在同一閘極電壓下，具備光吸收層覆蓋的光電晶體係具有較優異的光感測能力。

[0024] 請參閱第7圖，其係為本發明之光電晶體之及時光測試示意圖。如圖所示，上方曲線係為覆蓋有P3HT光吸收層的光電晶體(P3HT-capped device)，其對光開關及時的反應關係，下方的曲線則為未加P3HT光吸收層的標準電晶體(STD device)之其對光開關及時的反應關係。

[0025] 在有P3HT光吸收層覆蓋的IGZO光電晶體，其電流在光線

明暗切換的狀況下，元件電流可以呈現明顯的亮/暗對比。故此發明係可作為一有效率的光偵測元件。

[0026] 請參閱第8圖，其係為本發明之光電晶體之另一實施例示意圖。其中，光電晶體1更包含一濾光層16設於光吸收層15上，濾光層16係具有一第三能隙，第三能隙係小於第一能隙130且不等於第二能隙150。在本實施例中，光吸收層15或許不太具有光波的選擇性，此時可以搭配一濾光層16覆蓋於光吸收層15之上，用以濾掉某些頻域的電磁波，使得以此建構的光電晶體1可以具有窄頻的感測能力。例如以濾光層16（例如P3HT）吸收過濾掉可見光區域的電磁波後，再以光吸收層15（PbPC）感應紅外光，使光電晶體1只會單獨對紅外線有反應。請同時參閱第9圖，其係為本發明之另一實施例之吸收光譜圖。如圖所示，其分別為P3HT， PbPC， IGZO的吸收光譜。可以瞭解到，它們對於不同光色的吸收性具有相當大的差異。當光線照射此元件時，P3HT會將光線中的可見光吸收大部分，剩餘的近紅外光則可以進入到PbPC層並在此感光層被吸收後產生激子，激子在PbPC/IGZO介面拆解成分離的電子電洞對，電子進入IGZO層進行傳輸而形成光電流。

[0027] 儘管前述在說明本發明之光電晶體的過程中，亦已同時說明本發明之光電晶體之製造方法的概念，但為求清楚起見，以下仍另繪示流程圖詳細說明。

[0028] 請參閱第10圖，其係為本發明之光電晶體之製造方法之流程圖。如圖所示，本發明之光電晶體之製造方法，包

含下列步驟：(S10) 提供一基板；(S20) 設置一閘極層於基板上；(S30) 設置一介電層於閘極層上；(S40) 設置一主動層於介電層上，主動層係具有一第一能隙；(S50) 設置一源極及一汲極於主動層上；(S60) 設置一光吸收層覆蓋主動層及源極及汲極，光吸收層係具有一第二能隙，且第二能隙小於第一能隙。

[0029] 在一些較佳的實施例中（未繪示），在步驟（S30）之後，更包含步驟（S41）設置一源極及一汲極於介電層上；以及（S51）設置一主動層於源極及汲極上。接著再進行（S60）。

[0030] 上述光電晶體之製造方法流程所製造之光電晶體的詳細說明，係同於前述光電晶體的解說，在此便不再贅述。

[0031] 在本發明當中，主要利用適當的光吸收層來輔助寬能隙電晶體的光反應能力。此光吸收層係具有有效的光吸收能力、適當的能階結構、與寬能隙半導體之相容性及相對低落的傳導性（即在源/汲極間所造成的傳導，機制可以是吸光層本身的高電阻性或是與源/汲極間形成阻礙傳導的蕭基位障）。換句話說，光吸收層僅扮演光吸收及光電子注入角色，而不會影響寬能隙電晶體暗態下操作特性，進而有效地光電晶體之感光的範圍。

[0032] 以上所述僅為舉例性，而非為限制性者。任何未脫離本發明之精神與範疇，而對其進行之等效修改或變更，均應包含於後附之申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

- [0033] 第1圖係為氧化銦鎵錫的穿透光譜圖；  
 第2圖係為本發明之光電晶體之示意圖；  
 第3圖係為本發明之光電晶體之能階示意圖；  
 第4圖係為本發明之光電晶體之實施例示意圖；  
 第5圖係為本發明之光電晶體之特性轉移示意圖；  
 第6圖係為本發明之光電晶體之感光能力示意圖；  
 第7圖係為本發明之光電晶體之及時光測試示意圖；  
 第8圖係為本發明之光電晶體之另一實施例示意圖；  
 第9圖係為本發明之光電晶體之另一實施例之吸收光譜圖；  
 以及  
 第10圖係為本發明之光電晶體之製造方法之流程圖。

【主要元件符號說明】

- [0034] 1：光電晶體；  
 10：基板；  
 11：閘極層；  
 12：介電層；  
 13：主動層；  
 130：第一能隙；  
 140：源極；  
 141：汲極；  
 15：光吸收層；  
 150：第二能隙；  
 16：濾光層；  
 2：激子；  
 20：載子；以及  
 S10～S60：步驟。



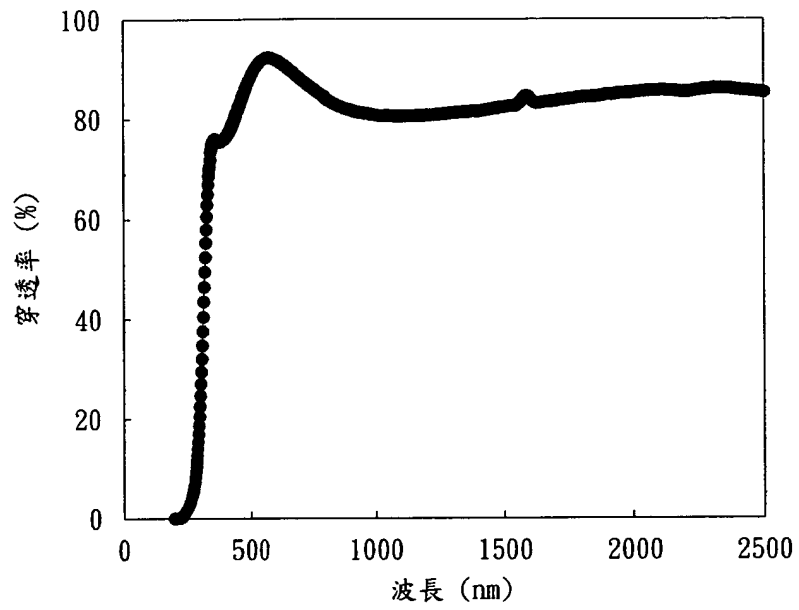
Intellectual  
Property  
Office

## 七、申請專利範圍：

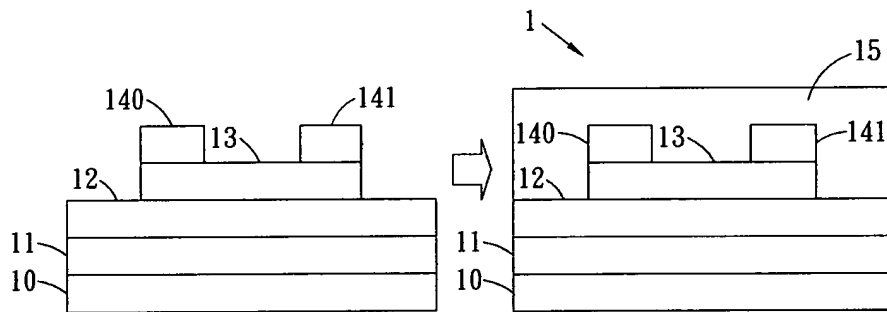
- 1 . 一種光電晶體，其包含：
  - 一基板；
  - 一閘極層，係設於該基板上；
  - 一介電層，係設於該閘極層上；
  - 一主動層，係具有一第一能隙並設於該介電層上；
  - 一源極及一汲極，係設於該主動層上；以及
  - 一光吸收層，係具有一第二能隙並覆蓋該主動層及該源極及該汲極，且該第二能隙小於該第一能隙。
- 2 . 如申請專利範圍第1項所述之光電晶體，其中該第一能隙係為至少3電子伏特。
- 3 . 如申請專利範圍第1項所述之光電晶體，其中該主動層係為氧化銦 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、氧化鎵 ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )、氧化錫 ( $\text{SnO}_2$ )、氧化鎂 ( $\text{MgO}$ )、氧化鋅 ( $\text{ZnO}$ )、氧化銦鋅 (IZO)、氧化銦鎵鋅 (IGZO)，或以至少一上述材料為基底材料所組成之化合物。
- 4 . 如申請專利範圍第1項所述之光電晶體，其中該光吸收層係為聚3-己基噻吩 (P3HT)、酞菁鉛 (PbPc) 或稠五苯 (Pentacene)。
- 5 . 如申請專利範圍第1項所述之光電晶體，其中該光吸收層之傳導帶能階係高於該主動層之傳導帶能階。
- 6 . 如申請專利範圍第1項所述之光電晶體，其更包含一濾光層設於該光吸收層上，該濾光層係具有一第三能隙，該第三能隙係小於該第一能隙且不等於該第二能隙。
- 7 . 一種光電晶體，其包含：

- 一基板；
  - 一閘極層，係設於該基板上；
  - 一介電層，係設於該閘極層上；
  - 一源極及一汲極，係設於該介電層上；
  - 一主動層，係具有一第一能隙並設於該源極及該汲極上；
  - 以及
  - 一光吸收層，係具有一第二能隙並覆蓋該主動層及該源極及該汲極，且該第二能隙小於該第一能隙。
- 8 . 如申請專利範圍第7項所述之光電晶體，其中該第一能隙係為至少3電子伏特。
- 9 . 如申請專利範圍第7項所述之光電晶體，其中該主動層係為氧化銦 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、氧化鎵 ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )、氧化錫 ( $\text{SnO}_2$ )、氧化鎂 ( $\text{MgO}$ )、氧化鋅 ( $\text{ZnO}$ )、氧化銦鋅 (IZO)、氧化銦鎵鋅 (IGZO)，或以至少一上述材料為基底材料所組成之化合物。
- 10 . 如申請專利範圍第7項所述之光電晶體，其中該光吸收層係為聚3-己基噻吩 (P3HT)、酞菁鉛 (PbPc) 或稠五苯 (Pentacene)。
- 11 . 如申請專利範圍第7項所述之光電晶體，其中該光吸收層之傳導帶能階係高於該主動層之傳導帶能階。
- 12 . 如申請專利範圍第7項所述之光電晶體，其更包含一濾光層設於該光吸收層上，該濾光層係具有一第三能隙，該第三能隙係小於該第一能隙且不等於該第二能隙。

八、圖式：

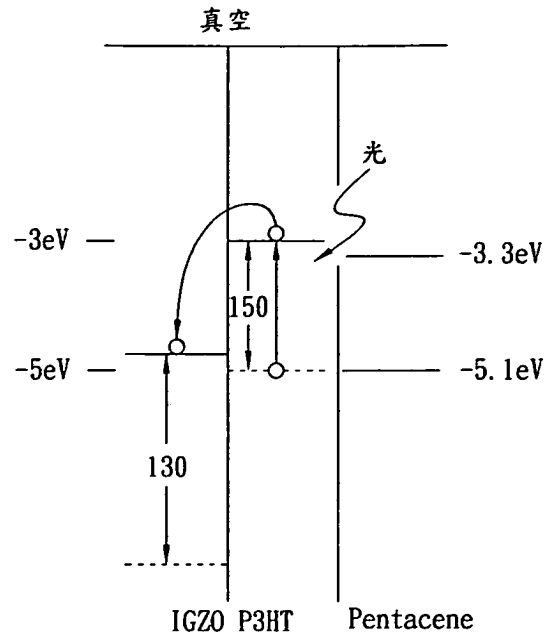


第 1 圖

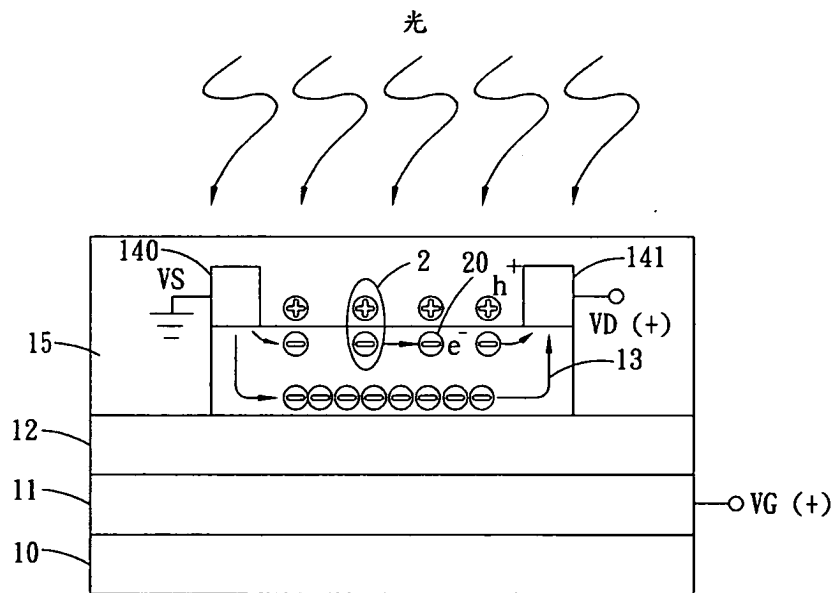


第 2 圖

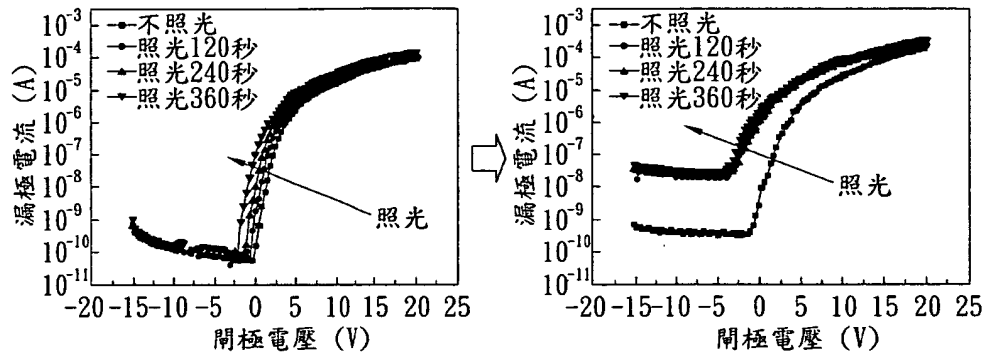




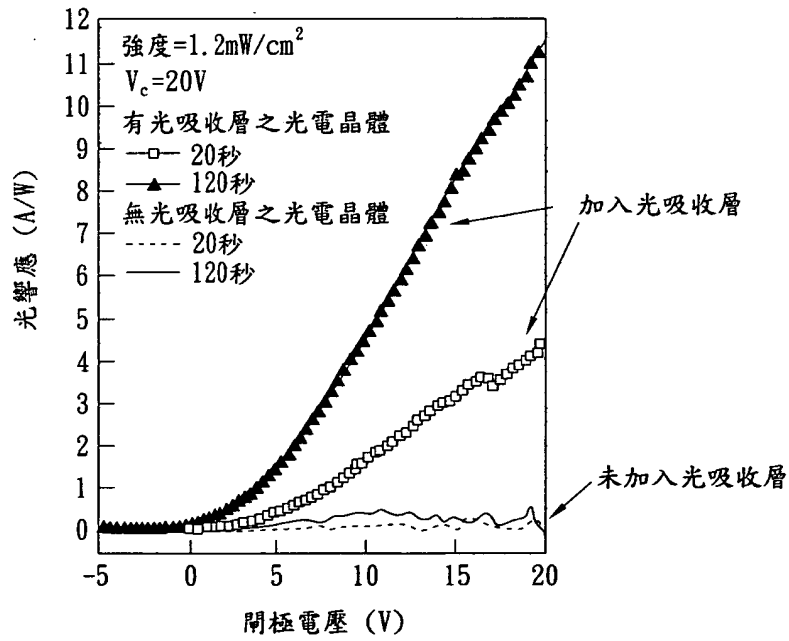
第 3 圖



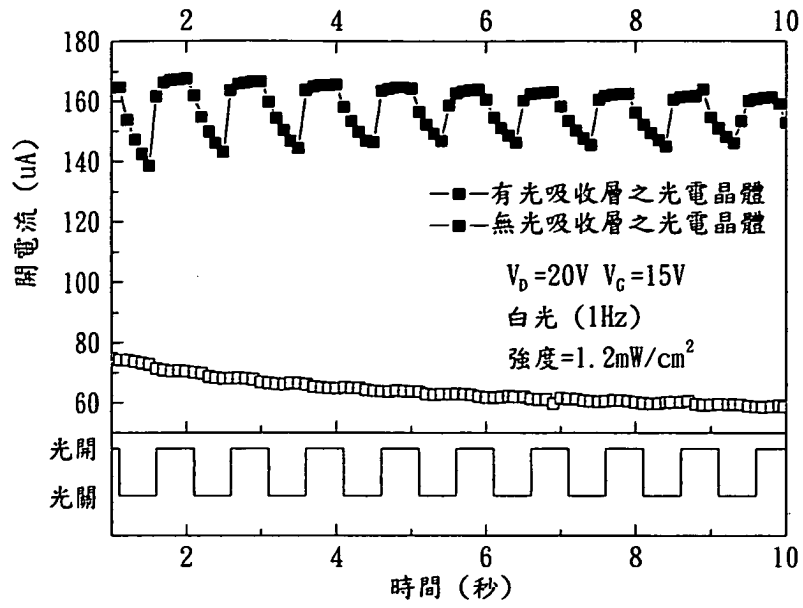
第 4 圖



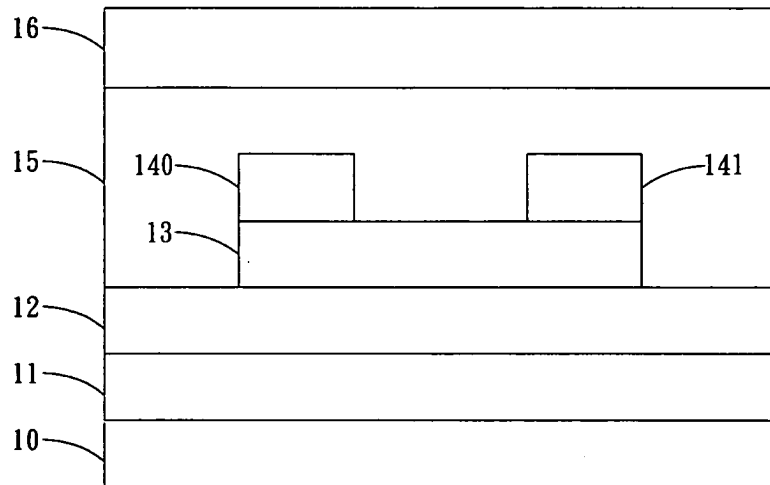
第5圖



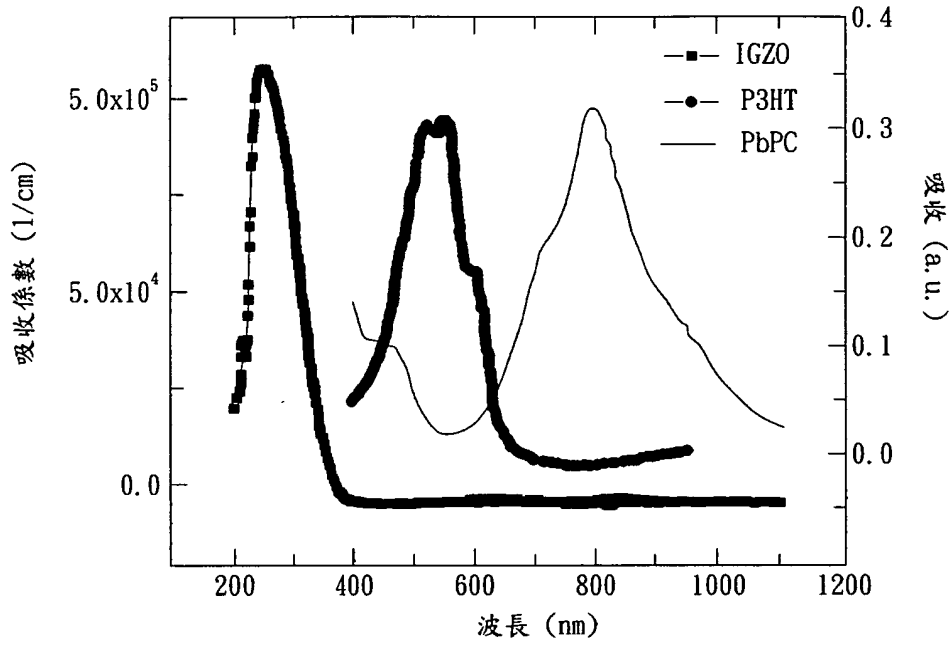
第6圖



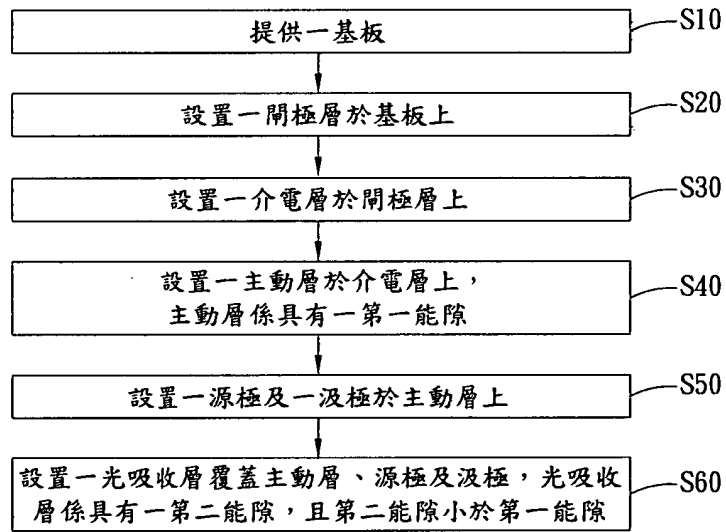
第7圖



第8圖



第9圖



第10圖