

發明專利說明書

LP510-7

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93139632

※ 申請日期：93.12.20

※IPC 分類：H05B33/20

一、發明名稱：(中文/英文)

與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體之裝置

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章) ID：

國立交通大學

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)

張俊彥

CHANG, CHUN-YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 Ta-Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan R.O.C.

國 籍：(中文/英文)

中華民國

R.O.C.

三、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文) ID：

- | | |
|-----------------------|---------------|
| 1.孟心飛/MENG, HSIN-FEI | ID：F122232833 |
| 2.洪勝富/HORNG, SHENG-FU | ID：S121276457 |
| 3.許千樹/HSU, CHIEN-SHU | ID：P101984179 |
| 4.劉文燦/LIU, WEN-TSANG | ID：A110512536 |
| 5.楊欲忠/YANG, YU-ZHONG | ID：M121700775 |

國 籍：(中文/英文)

- 1.~5.中華民國
R.O.C.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☐ 申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

☐ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明係有關於一種與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體之裝置，此裝置至少包括透明基板、有機電晶體與有機發光二極體。其中有機電晶體更至少包括一有機半導體層，這些有機半導體層的其中之一層係作為有機發光二極體的可機主動層，且此有機主動層與其它有機半導體層形成異質接面。本發明利用此有機半導體層來同時製作有機電晶體之有機主動層，使得有機發光二極體與有機電晶體能輕易地整合在一起，以解決習知中整合有機電晶體與有機發光二極體發光效率不佳以及製作成本過高之問題。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 5 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 10 基板
- 20 銦錫氧化物(ITO)
- 25 閘極
- 30 二氧化矽
- 40 汲極
- 45 源極
- 50 P3HT
- 60 發光層
- 70 電極
- 80 有機薄膜電晶體
- 90 有機發光二極體

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種有機發光二極體與有機電晶體，且特別是有關於一種與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體。

【先前技術】

有機發光二極體 (OLED: organic light emitting diode)，由於其具有低操作電壓、高亮度、輕量薄型、廣視角以及高對比等多項優點，逐漸在平面面板顯示器 (FPD: flat panel display) 嶄露頭角。而非晶矽薄膜電晶體 (OTFT: organic thin film transistor)、多晶矽薄膜電晶體 (poly-Si TFT: thin film transistor) 以及有機薄膜電晶體 (a-Si: amorphous thin film transistor)，均可作為驅動有機發光二極體之元件。為了簡化製程步驟及降低製作成本，使用 OTFT 驅動 OLED 則是最佳的選擇。因此目前已有許多團隊提出整合 OTFT 與 OLED 的製作技術，用以製作用在有機主動式矩陣顯示之元件。

目前發展中的有機主動式矩陣畫素，其有機發光二極體與驅動電晶體是分開製作，且電晶體之半導體層材料與發光二極體之有機層材料均不相同，因此製程的複雜度與成本很高。假若能將有機發光二極體與有機薄膜電晶體整合在一起製作，則勢必能大幅降低製程複雜度與製作成本。

習知 U.S. Pat. No. 6,150,668，已記載著 OTFT 與 OLED 可同時製作之技術。如其中選擇有機半導體材料可應用於

OTFT 的半導體層，並且也可同時應用於 OLED 的電洞傳輸層。然而，此專利並未提及利用有機半導體材料當作 OLED 的電洞傳輸層所製作出來的 OLED，發光效率上是否會降低或者有不同於利用 PEDOT 當做電洞傳輸層的 PLED。

習知 Ngami 在 U.S. Pat. No. 6,037,718 中，提出堆疊式的有機 npn 型電晶體和 OLED 的整合元件。此有機 npn 型電晶體堆疊在 OLED 上，並可提供大電流來驅動 OLED。在此結構中，n 型有機半導體材質可當作 npn 之集極亦可作為 OLED 之電子傳輸層。此外，P 型有機半導體材質可作為 pnp 之集極亦可當作 OLED 之電洞傳輸層。然而，製作過程需堆疊多層之有機材料和電極，使得製程複雜化，且也未提及 OLED 的發光效率是否受到影響。並且目前並無適當的高導電性之 n 型有機半導體材料。

習知由 Henning Sirringhaus, Nir Tessler, and Richard H. Friend 於 Science, 280, 1741(1998)所提出的 "Integrated Optoelectronic Devices Based on Conjugated Polymers" 其元件結構為在矽基板上，以高分子 P3HT 為薄膜電晶體之半導體層材料，驅動以高分子 MEH-PPV 為發光層材料的有機發光二極體，且其二極體發光路徑為向上透過二極體陰極發光，因此其發光效率因電極的吸收而下降。其元件製程步驟相當複雜。

習知 A. Dodabalapur, Z. Bao, A. Makhija, J. G. Laquindanum, V. R. Raju, Y. Feng, H. E. Katz, and J. Rogers 於 Appl. Phys. Lett., 73, 142 提出的 "Organic

smart pixels” 其元件結構為在同一玻璃基板上，以高分子 P3HT 為薄膜電晶體之半導體層材料，驅動以小分子 Alq 為發光層材料之發光二極體。其電晶體電性量測結果，電流並無飽和現象。發光效率低，且其發光二極體之有機材料為小分子，須以高真空腔體蒸鍍，製程成本較高。並且 P3HT 不可出現於 LED 結構中。

習知 Rogers, J.A.; Bao, Z.; Dodabalapur, A.; Makhija, A. 於 IEEE Electron Devices Lett., 21, 100(2000) 所提出之 ” Organic smart pixels and complementary inverter circuits formed on plastic substrates by casting and rubber stamping” 以圖章印刷方式製成電晶體，在同一基板上驅動有機發光二極體。其製程步驟較為簡易，但圖章印刷方式之解析度較低，因此元件尺寸較大。發光二極體之電洞傳輸層為 PEDOT，因此在旋轉塗佈成膜時，需考量塗佈區域與電晶體主動層之距離，而不致影響電晶體之特性。此因素造成電洞傳輸層成膜之困擾。

習知 M. Kitamura, T. Imada, and Y. Arakawa 於 Appl. Phys. Lett., 83, 3410(2003) 提出之 ” Organic light-emitting diodes driven by pentacene-based thin-film transistors ” 以有機小分子稠五苯 (pentacene) 為薄膜電晶體之半導體層材料，驅動以有機小分子 Alq₃ 為發光層材料的有機發光二極體。其製程需要高真空腔體蒸鍍小分子材料，製程成本較高。

習知 Masatoshi KITAMURA¹, Tadahiro IMADA¹ and Yasuhiko ARAKAWA¹ 於 Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42(2003) pp.2483-2487 提出之 ” Organic transistor circuits for application to organic light emitting diode displays ” 以小分子 CuPc 製作主動式畫素。其結構中包含兩個有機薄膜電晶體，一個電容，及一個有機發光二極體。而有機薄膜電晶體中以 CuPc 當作主動層的半導體材料，而在有機發光二極體中的電洞傳輸層也使用 CuPc 的小分子材料。因此可減少製程步驟，然而此文獻中並未提及，以 CuPc 當作 HTL 之 OLED 發光效率是否有所增加或減少。

習知 Ching-Ian Chao and Show-An Chen 於 Appl. Phys. Lett., 73, 426(1998)提出之 ” White light emission from exciplex in a bilayer device with two blue lightemitting polymers ” 以兩種藍光高分子材料 poly(N-vinylcarbazole)(PVK) , poly(2-dodecyl-p-phenylene)(C120-PPP)，製作成雙層結構的高分子二極體，若界面處不互溶，則產生如單層結構 C120-PPP 分光二極體產生的藍光。若有界面互溶效應，則會有激活錯體(exciplex)的產生，激活錯體發光之光色疊加在母體激子光色，於是產生白光，因此便可製作成有機白光發光二極體。但此結構的有機發光二極體，效率並不好，亮度也不高，元件製作的過程也不容易和有機電子元件做整合。

在目前的有機發光二極體中，若想要發光不同的光

色，則需使用化學合成的方法，合成出不同的有機發光材質，此方法需耗費相當多的人力、物力以及時間來進行。且習知中有機全彩顯示器，大部份以紅、藍與綠三色材料定位搭配而成，然而此定位步驟尚有許多困難仍需解決。

【發明內容】

因此，本發明之目的就是要提出一種與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體之裝置。本發明在有機半導體材料上成膜另一有機材質，而此有機半導體材料與有機材質間形成異質接面，而本發明係利用此異質接面之發光來製作有機發光二極體，並同樣地使用此有機半導體材料來製作有機電晶體，使得有機發光二極體與有機電晶體能輕易地整合在一起，以解決習知中整合有機電晶體與有機發光二極體發光效率不佳與製程複雜與成本過高之問題。

為達本發明上述之目的，本發明提出一種與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體之裝置。此裝置至少包括：透明基板、有機電晶體與有機發光二極體。其中有機電晶體包括源極、汲極、閘極與至少一有機半導體層；有機發光二極體包括陽極、陰極與有機主動層。其中源極或汲極耦接至陽極。有機電晶體與有機發光二極體形成於透明基板上，有機半導體層的其中之一層係作為有機發光二極體之有機主動層，且有機主動層與其它些有機半導體層便形成異質接面。其中有機發光二極體為異質接面發光、兩個以上之異質接面所產生之合成光或由異質接面和母體激子所產生之合成光。本發明於一較佳實施中亦可疊加出

具有三元色之白光，

綜上所述，由於目前發展中的有機主動式矩陣畫素，其有機發光二極體與驅動電晶體是分開製作的，且電晶體之半導體層材料與發光二極體之有機層材料均不相同，因此製程的複雜度與成本很高。而本發明係將電子元件與發光元件整合在可繞式基板上一起製作，利用發光二極體之有機半導體層來同時作為有機電晶體之主動層，以達到大幅降低製程的複雜度與製作成本。再者，只需在有機半導體材料上成膜不同的有機發光材質，並且選擇適當的能隙 (Energy Gap: EG)，即可利用異質接面產生所需要之光色。例如，產生白色光源，此白色光源可大面積成膜，不需要定位，只要搭配彩色濾光片，即可達到全彩顯示的目的。所以，本發明之裝置，可製作出具高效率之有機主動式矩陣畫素。

為達本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖示，做詳細說明如下：

【實施方式】

第 1a 與 1b 圖係根據本發明較佳實施例之有機異質接面發光二極體之結構能帶圖。第 1c 與 1d 圖係根據本發明較佳實施例之以亞乙基二氧硫代酚 (PEDOT) (Poly EthyleneDioxyThiophene) 當作電洞傳輸層 (Hole transport layer, HTL) 之有機發光二極體之比較圖。請同時參考第 1a、1b、1c 與 1d 圖，其中用 PEDOT 當作電洞傳

輸層的有機發光二極體結構中，可控制有機發光層厚度，當有機發光層厚時，本體之發光較佔優勢，異質接面的發光部份則相對小很多，使得整體的光色偏有機發光層本身的光色。當有機發光層薄時，則接面發光部份較佔優勢，並可利用激活錯體 (exciplex) 產生所需要得光色。

在本發明一較佳實施例中，第 3a 與第 3b 圖則是顯示本發明之使用 P3HT+PF 綠光材料光譜圖以及使用 P3HT+PF 綠光材料發光亮度與電流密度關係圖。另外，參考第 4 圖，其中紅光係由 P3HT 與 G1100 的異質接面激活錯體 (exciplex) 所產生的，而綠光以及藍光則分別由 G1100 與 PFO 所產生。而第 2 圖則係顯示本發明聚 3 己基一硫二烯伍圖 (P3HT) (poly-(3-hexylthiophene)) 之結構式。

第 5 圖係根據本發明較佳實施例之有機薄膜電晶體驅動有機發光二極體的結構。請參考第 5 圖，製作本發明之與有機發光二極體 90 異質接面整合之有機薄膜電晶體 80 之裝置，其製作方法如下列步驟：首先，蝕刻透明電極銦錫氧化物 10(ITO)(得到發光二極體之陽極 20 及電晶體閘極 25，厚度為 150nm)；然後，成長二氧化矽 30，並圖樣化二氧化矽 30；接著，以黃光微影、熱蒸鍍金，再加上剝離步驟完成電晶體源極 45 與汲極 40 之成膜，其中金厚度為 200nm；然後，旋轉塗佈有機半導體層 50 材料(如 0.6% P3HT in toluene, 厚度為 35nm)，並以真空 (10^{-3} torr) 125℃ 烘烤 100 分鐘；接下來，旋轉塗佈發光二極體 90 發光層材料 60(如 2%PF 綠光材料 in toluene, 厚度 180nm)，

真空 (10^{-3} torr) 125°C 烘烤 60 分鐘；最後，蒸鍍 (10^{-6} ~ 10^{-7} torr) 陰極 70 (如鈣 (10nm 至 50nm) 以鋁 (50nm 至 100nm) 覆蓋)。

第 6a 圖係根據本發明較佳實施例之有機薄膜電晶體之特性圖，由圖可知，本發明之有機薄膜電晶體，最大提供電流為 3.6A，場效電洞載子遷移率為 $0.0047\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，起始電壓為 15.4 伏特。第 6b 圖係根據本發明較佳實施例之整合有機發光二極體與有機薄膜電晶體特性圖，其中 I_p 為光偵測器所偵測到的光出強度。

第 7 圖為當 P3HT 與 PEDOT 作為電洞傳輸層，以及使用不同的發光材料的效率與亮度的比較表，由此表可知，使用 P3HT 之有機發光二極體的效率只比傳統的 PEDOT 低三倍左右。

在本發明一較佳實施例中，有機主動層至少是下列半導體材料之一：區域規則性聚(3-烷基噻吩)(Regioregular poly(3-alkylthiophene))、稠五苯(Pentacene)、寡噻吩(oligothiophene)、聚噻吩(polythiophene)，聚乙炔(polyacetylene)，銅酞青素(Polyacetylene copper phthalocyanine(CuPc))、聚-9,9'-二辛基-芴-共-雙噻吩(F8T2)(poly-9,9' dioctyl-fluorene-co-bithiophene(F8T2))、聚(2-甲氧基-5(2'-乙基-己氧基)-1,4-伸苯基伸乙烯基)(MEH-PPV)(Poly (2-methoxy-5 (2'-ethyl-hexyloxy) -1,4-phenylene vinylene)、酞青素配位化合物(Phthalocyanine coordination

compounds)、雙-苯並二噻吩(bis-benzodithiophene)、二-R-蒽二噻吩(Di-R-anthrathiodithiophene)，其中 R 係 C_mH_{2m+1} ，其中 m 係 0 至 18 或 $C_yH_{2y+1}OC_zH_{2z}$ ，其中 $z+y=4$ 至 17，y 係大於零，且 z 係大於 2，聚(2,5-伸噻噁基伸乙烯基)(Poly(2,5 thienylenevinylene))、聚(對伸苯基伸乙烯基)(PPV)(poly(p-phenylene vinylene)及其衍生物、聚(蒽)(PF)及其衍生物(poly(fluorene)(PF)、聚(對伸苯基)(PPP)及其衍生物。

在本發明一較佳實施例中，本發明所整合之異質接面之有機發光二極體與有機電晶體，其中由異質接面和母體激子所產生之合成光，可疊加出具有三元色之白光，並可製作出具有三元色白光之白光發光二極體。另外，如白光發光二極體亦可配置彩色濾光片，以組成有機全彩顯示器。

在本發明另一較佳實施例中，異質接面之發光機制至少為激活錯體的發光、準分子(excimer)發光、電子異構體(electromer)發光或電活錯體(exectroplex)發光。

在本發明一較佳實施例中，其中係利用有機半導體材料來製作有機電晶體，並與有機發光二極體整合，以製作有機主動式矩陣全彩顯示器。此有機電晶體至少為有機薄膜電晶體、有機場效電晶體、有機雙載子接面電晶體、有機垂直式電晶體或有機金屬基極電晶體。

雖然本發明已以一較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許之更動與潤飾，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。

【圖式之簡單說明】

第 1a 與 1b 圖係根據本發明較佳實施例之有機異質接面發光二極體之結構能帶圖；

第 1c 與 1d 圖係根據本發明較佳實施例之以 PEDOT 當作電洞傳輸層之有機發光二極體之比較圖；

第 2 圖係顯示根據本發明較佳實施例之半導體材料 P3HT 之結構式；

第 3a 圖係根據本發明較佳實施例之使用 P3HT+PF 綠光材料光譜圖；

第 3b 圖係根據本發明較佳實施例之 P3HT+PF 綠光材料發光亮度與電流密度關係圖；

第 4 圖係根據本發明較佳實施例之白光光譜圖；

第 5 圖係根據本發明較佳實施例之有機薄膜電晶體驅動有機發光二極體的結構；

第 6a 圖係根據本發明較佳實施例之有機薄膜電晶體之特性圖；

第 6b 圖係根據本發明較佳實施例之整合有機發光二極體與有機薄膜電晶體特性圖。

第 7 圖為當 P3HT 與 PEDOT 作電洞傳輸層，以及使用不同的發光材料的效率與亮度的比較表。

【主要元件符號說明】

10 基板

20 銦錫氧化物 (ITO)

25 閘極

30 二氧化矽

40 汲極

45 源極

50 P3HT

60 發光層

70 電極

80 有機薄膜電晶體

90 有機發光二極體

十、申請專利範圍：

1. 一種與有機發光二極體異質接面整合之有機電晶體之裝置，包括：一透明基板；一有機電晶體，包括一源極、一汲極、一閘極與至少一有機半導體層；一有機發光二極體，包括一陽極、一陰極與一有機主動層，以及其中該有機電晶體與該有機發光二極體形成於該透明基板上，其特徵為該些有機半導體層的其中之一層係作為該有機發光二極體之該有機主動層，且該有機主動層與其它該些有機半導體層形成異質接面。
2. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中作為該有機主動層之該有機半導體層至少為下列材料：區域規則性聚(3-烷基噻吩)、稠五苯、寡噻吩、聚噻吩、聚乙炔、銅酞青素(CuPc)、聚-9,9'-二辛基-蒽-共-雙噻吩(F8T2)、聚(2-甲氧基-5-(2'-乙基-己氧基)-1,4-伸苯基伸乙烯基)(MEH-PPV)、酞青素配位化合物、雙-苯並二噻吩、二-R-蒽二噻吩，其中 R 係 C_mH_{2m+1} ，其中 m 係 0 至 18 或 $C_yH_{2y+1}OC_zH_{2z}$ ，其中 $z+y=4$ 至 17，y 係大於零，且 z 係大於 2、聚(2,5-伸噻吩基伸乙烯基)、聚(對伸苯基伸乙烯基)(PPV)及其衍生物、聚(蒽)(PF)及其衍生物或聚(對伸苯基)(PPP)及其衍生物。
3. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中該有機發光二極體係為異質接面發光、兩個以上之異質接面所產生之合成光或由異質接面和母體激子所產生之合成光。
4. 如申請專利範圍第 3 項之裝置，其中由異質接面和母體

激子所產生之合成光，可疊加出具有三元色之白光。

5.如申請專利範圍第4項之裝置，其可製作出具有該三元色白光之白光發光二極體。

6.如申請專利範圍第5項之裝置，其中該白光發光二極體係可配置彩色濾光片，以組成有機全彩顯示器。

7.如申請專利範圍第1項之裝置，其中該異質接面之一發光機制至少為激活錯體的發光、準分子發光、電子異構體發光或電活錯體發光。

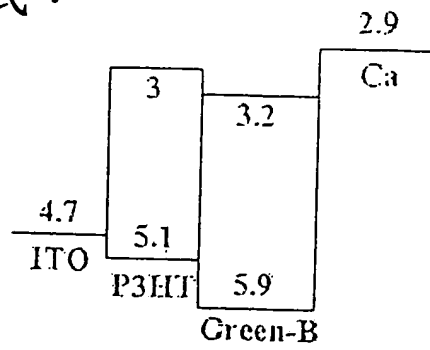
8.如申請專利範圍第1項之裝置，其中該源極或該汲極耦接至該陽極。

9.如申請專利範圍第1項之裝置，其中該閘極與該陽極為銮錫氧化物。

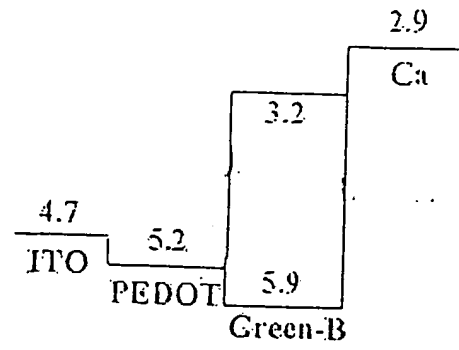
10.如申請專利範圍第2項之裝置，其中係利用該有機半導體層材料來製作該有機電晶體，並與該有機發光二極體整合，以製作有機主動式矩陣全彩顯示器。

11.如申請專利範圍第10項之裝置，其中該有機電晶體至少為：有機薄膜電晶體、有機場效電晶體、有機雙載子接面電晶體、有機垂直式電晶體或有機金屬基極電晶體。

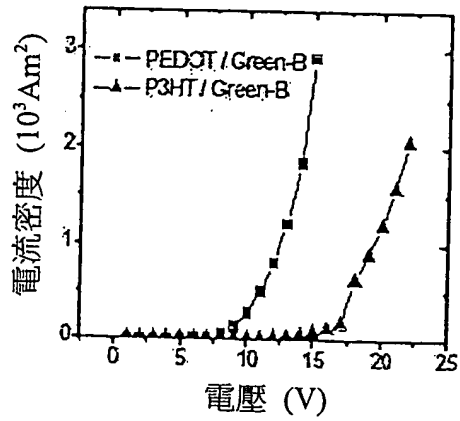
十一、圖式：



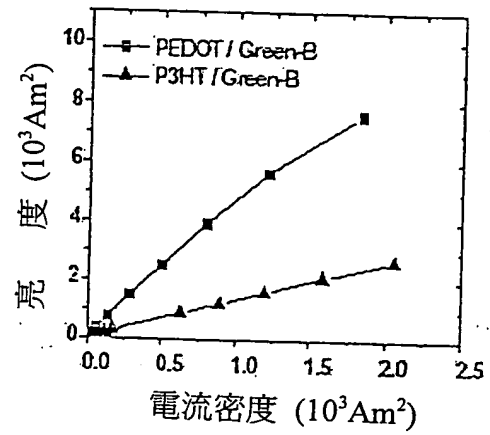
第 1a 圖



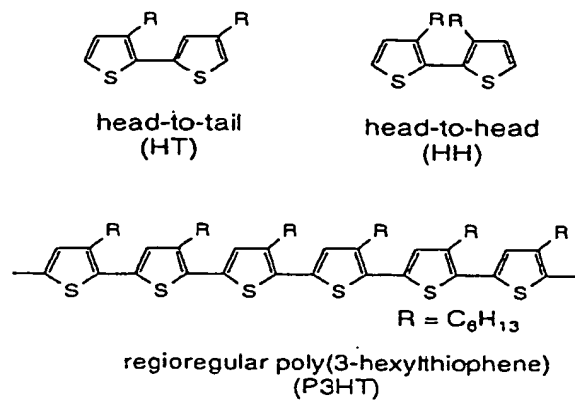
第 1b 圖



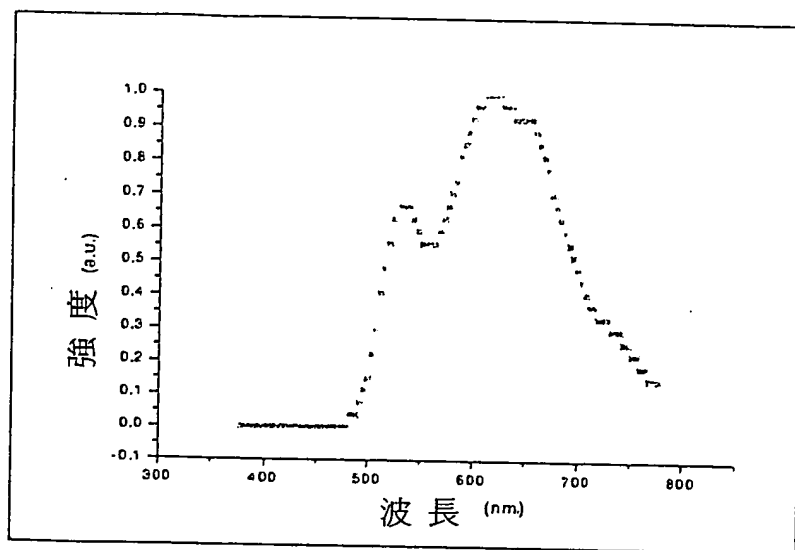
第 1c 圖



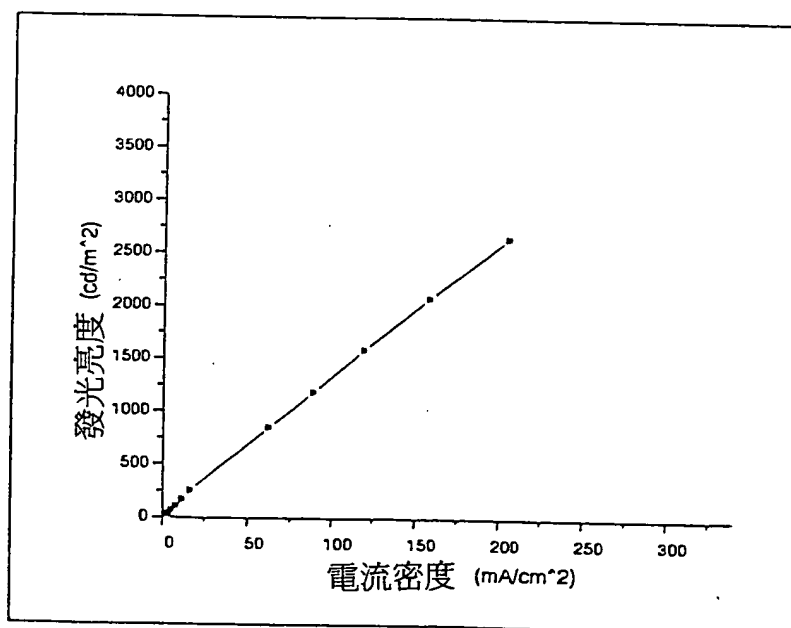
第 1d 圖



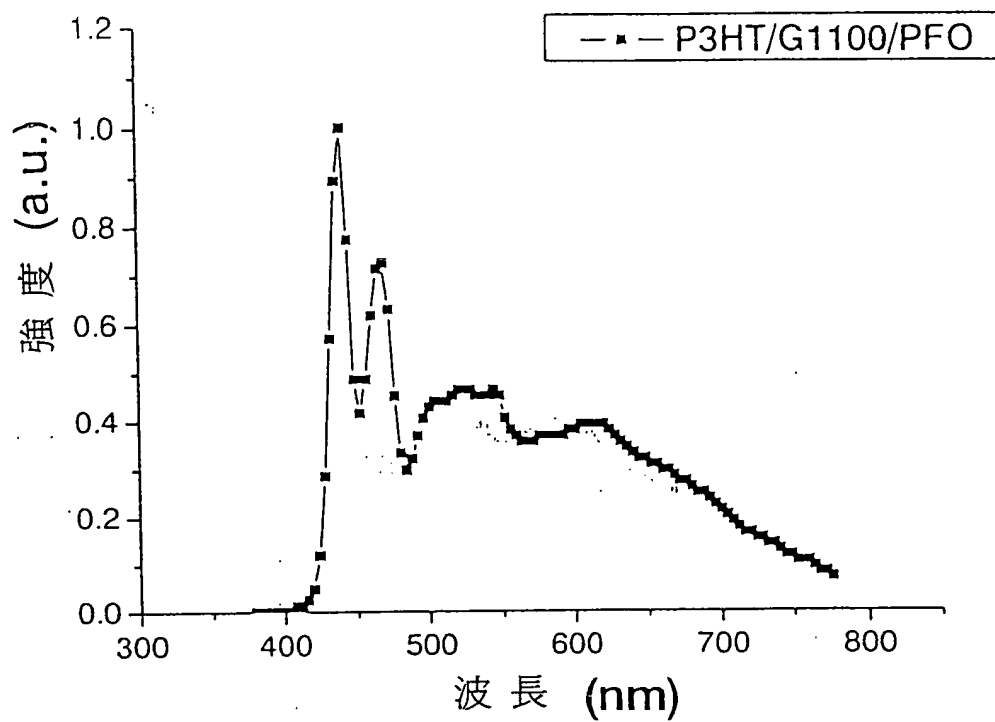
第 2 圖



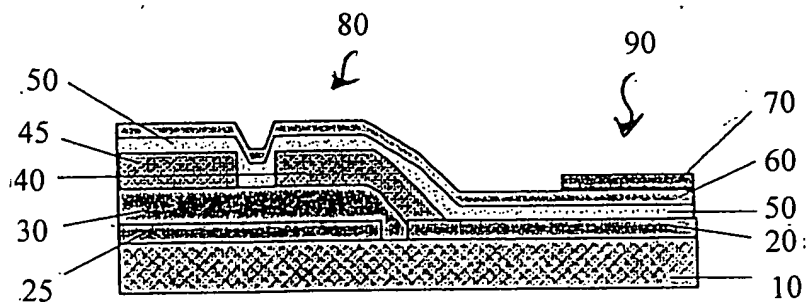
第 3a 圖



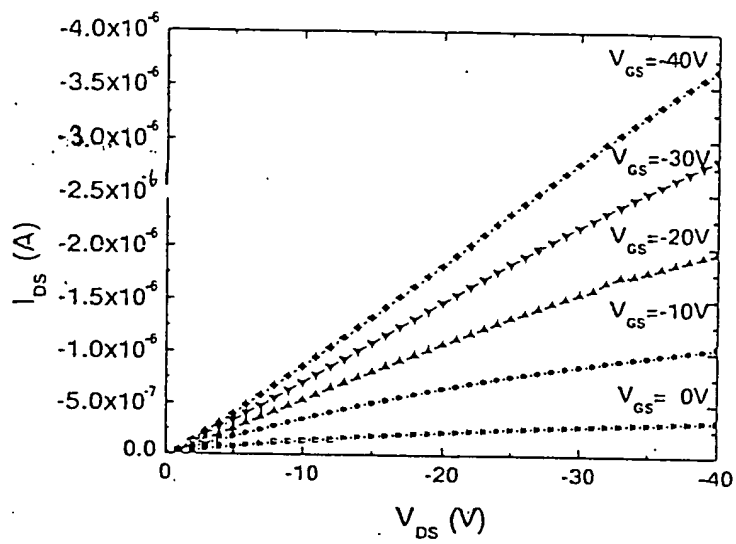
第 3b 圖



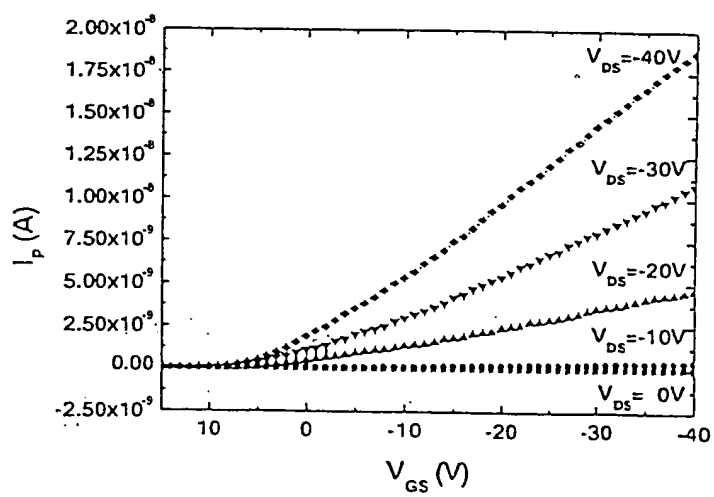
第4圖



第5圖



第 6a 圖



第 6b 圖

電洞傳輸層	發射光	發光效率(cd/A)	亮度(cd/m ²)
P3HT	Green-B	1.5	2649
PEDOT	Green-B	5	10510
P3HT	Blue-J	0.3	240
PEDOT	Blue-J	1.5	600
P3HT	PFO	0.03	118
PEDOT	PFO	0.45	456

第 7 圖