

# 發明專利說明書

(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：96109111

※申請日期：96.3.16

※IPC 分類：G02F 1/136 (2006.01)

H01L 29/286 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

氮化鋁疏水薄膜結構與製造方法及其在有機薄膜電晶體之應用

二、申請人：(共2人)

姓名或名稱：(中文/英文)

1. 友達光電股份有限公司
2. 國立交通大學

代表人：(中文/英文) 1. 李昆耀 2. 吳重雨

住居所或營業所地址：(中文/英文)

1. 新竹科學工業園區力行二路1號
2. 新竹市大學路1001號

國籍：(中文/英文) 中華民國 TW

三、發明人：(共7人)

姓名：(中文/英文)

顏國錫  
冉曉雯  
黃振昌  
陳建勳  
葉峻銘  
劉薄寬  
古國欣

國籍：(中文/英文)

中華民國 TW (均同)

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：95年9月19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：

一種氮化鋁疏水薄膜結構與製造方法及其在有機薄膜電晶體之應用，乃提出具有高疏水性的氮化鋁薄膜，其具有高的水滴接觸角以及低的表面能，而利於成長疏水性薄膜，構成良好匹配之氮化鋁疏水薄膜結構，並適合作為有機薄膜電晶體的閘極介電層，以降低疏水性有機半導體薄膜與氮化鋁薄膜之間的介面缺陷，且兼具低閘極漏電及高介電係數等特質。

### 六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10 氮化鋁疏水薄膜結構

20 氮化鋁薄膜

30 疏水性薄膜

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】

本發明係有關一種高介電薄膜結構，特別是指一種利用氮化鋁薄膜達到良好匹配之氮化鋁疏水薄膜結構與製造方法及其在有機薄膜電晶體之應用。

### 【先前技術】

這幾年，有機薄膜電晶體（OTFT）有極大的潛力可以實現在主動陣列顯示器與可撓曲電子元件上，但操作電壓卻可能是發展有機元件的限制。為了克服這個重要的課題，許多研究者提出以高介電係數的介電層來降低電晶體的操作電壓，但是提出的介電層多為氧化物質，表面的極性多為親水性。而對於疏水性薄膜（如有機或高分子薄膜）而言，若該疏水性薄膜沈積在極性相斥的表面，容易產生介面缺陷，且無法得出好的元件性能。

許多專利前案使用高分子或有機等物質製作有機薄膜電晶體之介電層，以利於和疏水性高的半導體膜結合，如美國專利第 6,905,906 號。另外，美國專利第 6,768,132 號是藉由自聚式單分子層改善介電層疏水特性，使疏水性高的半導體薄膜更容易沉積在介電層上。美國專利第 6,433,359 號則合成不同官能基的自聚式單分子層來改變介電層接觸角，以最佳化半導體與介電層間的介面特性。

可是，上述有機介電層的介電常數值通常不高（約 2.0~4.0），無法達到高介電特性的要求。

### 【發明內容】

鑒於以上的問題，本發明的主要目的在於提供一種氮化鋁疏水薄膜結構與製造方法及其在有機薄膜電晶體之應用，係利用氮化鋁薄膜具有高疏

水性，適合作為疏水性薄膜成長或沉積的表面，有效降低疏水性薄膜與介電層之間的介面缺陷，進而可實現在低電壓有機薄膜電晶體元件上，將高疏水性之氧化鋁薄膜做為電晶體的介電層，此介電層不但具有高介電係數，且不同於傳統的氧系介電層，與疏水性之有機半導體薄膜有相當好的親合性，可以全面的改善有機薄膜電晶體之特性。

因此，為達上述目的，本發明所揭露之氮化鋁疏水薄膜結構是使用射頻濺鍍法（RF-sputtering），通入氮氣與氫氣並以鋁鈮作為濺鍍源，來製作高疏水性的氮化鋁薄膜，然後成長疏水性薄膜於氮化鋁薄膜上。氮化鋁薄膜為一低表面能的介電層，其表面能與疏水性薄膜相近，有利疏水性薄膜的成長，使得此氮化鋁疏水薄膜結構的介面缺陷非常的低。

本發明之氮化鋁疏水薄膜結構係可應用在具有電容結構的元件如電晶體、記憶體、薄膜電晶體（TFT）等。本發明以應用於有機薄膜電晶體的情形為例，由於氮化鋁薄膜具有高介電係數，藉此可有效降低薄膜電晶體的操作電壓，同時，氮化鋁薄膜具有高疏水性，可與疏水性之有機半導體層形成良好介面，藉以改善元件缺陷與良率。

為使對本發明中專利範圍能有進一步的了解，茲舉出具體實施例詳細說明如下：

### 【實施方式】

請參閱第 1 圖，為本發明所提供之氮化鋁疏水薄膜結構 10 之示意圖。本發明乃提供一適合疏水性薄膜 30（疏水性材料可為有機或無機）成長或接觸的氮化鋁薄膜 20 表面，可藉此降低元件缺陷。本發明中，以液體與固態薄膜間的接觸角度作為判斷薄膜極性（疏水或親水）的方法。藉由水滴

接觸角的量測可發現，水滴與氮化鋁薄膜的表面接觸角可達 77 度，水滴不易在氮化鋁表面攤平，顯示氮化鋁為高疏水性的材料，有利疏水性薄膜在其表面成長或與其形成接面，將可減少氮化鋁疏水薄膜結構之介面缺陷。

而本發明進一步與其他常使用在電晶體上的介電層相比較，介電層的液體接觸角如下表一所示：

表一、使用在有機薄膜電晶體上的介電層與其相對應的接觸角量測與表面能

介電層	液體和樣品間之接觸角			表面自由能 (mJ/m <sup>2</sup> )
	去離子 水	甘油	二碘甲 烷	
氧化鋁 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	20-37			68-78
氮化矽 (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )	20-30			55-60
氧化矽 (SiO <sub>2</sub> )	35.7	22.4	25.1	60
聚乙烯醇 (PVA)	64±0.9		25±0.7	54.5
六甲基二矽胺 +氧化矽 (HMDS+ SiO <sub>2</sub> )	53.7	53.7	43.9	45.4
聚乙烯 (PVP)				42
並五苯 (pentacene)				42-48

氮化鋁 (AlN)	77.0±2	56.1±1	40.4±4	38.5
十八烷基三氯 矽烷(OTS)	78.9	81.8	43.9	34.9

由上表可知，高疏水性的氮化鋁薄膜具有相當大的水滴接觸角（大於75度），此水滴接觸角（77度）幾乎與經過自我組織分子層處理的介電層（78.9度）相似，甚至比其他的高分子介電層還要低。而與一般常見的無機化合物介電層相比，氮化鋁薄膜之水滴接觸角幾乎大了二倍以上。經由表面能的計算，可以發現氮化鋁薄膜為一低表面能的介電層，其表面能與疏水性薄膜相近，且比有機半導體薄膜還要低，有利疏水性薄膜的成長。

此高疏水性的氮化鋁薄膜將可運用在以下的有機薄膜電晶體結構中的閘極介電層。請參照第2圖，為本發明之實施例所提供之底部閘極之有機薄膜電晶體之示意圖。為更詳細說明本發明，首先係以本發明之氮化鋁疏水薄膜結構於底部閘極（bottom gate）的反堆疊式（inverter staggered）之有機薄膜電晶體元件的應用為例。

本實施例所提供之有機薄膜電晶體90，是在基板40上成長一閘極層50；然後，使用射頻濺鍍法，以氮氣與氫氣混合及高純度鋁鈮作為濺鍍源，在0~300°C溫度下，沉積一高介電係數的低溫氮化鋁薄膜作為閘極介電層60；再以一有機半導體層70於閘極介電層60上，由於高疏水性的氮化鋁薄膜本身的接觸角與疏水性高的有機半導體層70相近，其介面間缺陷相當低，而有機半導體層70可為一般常見的半導體有機分子或半導體高分子，半導體有機分子可選自銅酞菁(CuPc)或並五苯(pentacene)；最後，再於有機



半導體層 70 上定義出源極和汲極層 80，包括形成有位於相對兩側之源極與汲極以及兩者間的通道，即完成一個簡易底部閘極之有機薄膜電晶體 90 製作。

並且，本實施例之有機薄膜電晶體亦可適用於下接觸式 (bottom contact)、上接觸式 (top contact)、與頂部閘極 (top gate) 之薄膜電晶體，如第 3 圖~第 5 圖所示，分別顯示共平面式 (coplanar)、反共平面式 (inverted coplanar) 與堆疊式 (staggered) 薄膜電晶體。

以傳統介電物質：氧化矽、氮化矽、氧化鋁製作的有機薄膜電晶體多操作在相當高的電壓 (大於 20 伏特)。在本發明中，利用高疏水性的無機薄膜 (即氮化鋁薄膜) 做為有機薄膜電晶體的介電層，則操作電壓則可低於 5 伏特。

請參閱第 6 圖，為氮化鋁有機薄膜電晶體的特性曲線。可以發現，有機薄膜電晶體可在 5 伏特的偏壓內驅動，且有機薄膜電晶體的次臨界擺幅僅為 0.140V/decade。而利用次臨界擺幅所估計出的有機疏水性薄膜/介電層間的介面缺陷密度僅為  $4.2 \times 10^{11} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ ，比目前已知期刊發表的介面缺陷密度 ( $10^{12} \sim 10^{13} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ ) 更低。證實低表面能的高疏水性的氮化鋁薄膜與有機疏水性薄膜有相當良好的親和性。

綜合上述的實驗結果，可見高疏水性的氮化鋁薄膜具有相當低的表面能，可與疏水性薄膜或有機半導體薄膜有良好的親和性。同時，氮化鋁薄膜具有高的介電常數，可製作大電容的半導體元件，而利用大的介電層電容，可有效降低薄膜電晶體的操作電壓。

因此，本發明係利用高疏水性的氮化鋁介電層與疏水性薄膜形成良好界面，可降低疏水性薄膜與介電層間的缺陷密度，改善元件缺陷與良率，並進而降低有機元件的操作電壓。再者，本發明可應用於具有電容結構的元件如電晶體、記憶體、薄膜電晶體等，其主動或被動層可為無機或有機的疏水性材料。

另外，本發明可以射頻濺鍍法，於 300°C 以下的低溫製作氮化鋁介電層，並可簡單透過調變氣體混合比或是降低沉積溫度的方式來降低薄膜漏電，此氮化鋁薄膜本身具有相當高的疏水性，若直接作為介電層就不需要額外的處理，製程極為簡便。

雖然本發明以前述之實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。在不脫離本發明之精神和範圍內，所為之更動與潤飾，均屬本發明之專利保護範圍。關於本發明所界定之保護範圍請參考所附之申請專利範圍。

### 【圖式簡單說明】

第 1 圖係本發明之氮化鋁疏水薄膜結構之示意圖；

第 2 圖係本發明之實施例所提供之底部閘極之有機薄膜電晶體之示意圖；

第 3 圖~第 5 圖分別為本發明之實施例之共平面式、反共平面式與堆疊式薄膜電晶體之示意圖；及

第 6 圖為本發明之實施例之氮化鋁有機薄膜電晶體的輸出特性曲線示意圖，三條曲線由上而下分別表示於汲極電壓為-3 伏特、-1 伏特及-0.5 伏特下之汲極電流與閘極電壓對應關係。

### 【主要元件符號說明】

10 氮化鋁疏水薄膜結構

- 20 氮化鋁薄膜
- 30 疏水性薄膜
- 40 基板
- 50 閘極層
- 60 閘極介電層
- 70 有機半導體層
- 80 源極和汲極層
- 90 有機薄膜電晶體

## 十、申請專利範圍：

### 1. 一種有機薄膜電晶體，係包含：

一基板；

一源極與汲極層，包含有一源極、一汲極與一通道，該源極與該汲極係設置於該基板之相對兩側，並於該源極與汲極間定義出一通道；

一閘極層，對應於該源極與汲極層之該通道的垂直方向設置於該基板上；

一氮化鋁之閘極介電層，係隔絕該源極與汲極層及該閘極層；及

一有機半導體層，係和該源極與汲極層以及該閘極介電層連接。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之有機薄膜電晶體，其中該閘極層位於該基板上，該閘極介電層位於該基板上並覆蓋該閘極層，該源極與汲極層位於該基板上並覆蓋該閘極介電層，該有機半導體層位於該源極與汲極層上。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之有機薄膜電晶體，其中該閘極層位於該性基板上，該閘極介電層位於該基板上並覆蓋該閘極層，該有機半導體層位於該基板上並覆蓋該閘極介電層，該源極與汲極層位於該有機半導體層上。

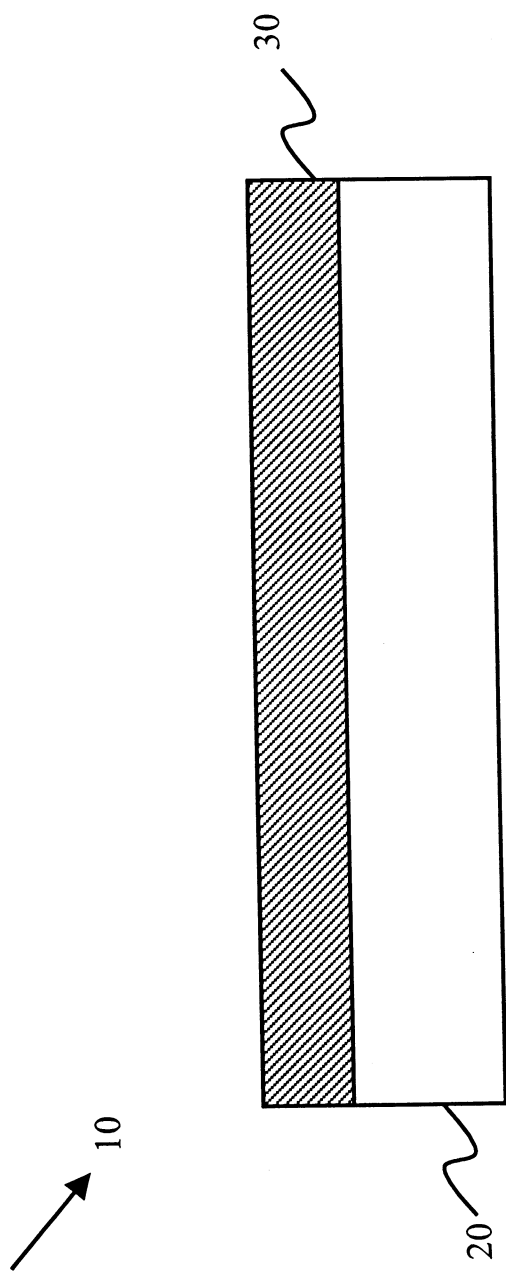
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之有機薄膜電晶體，其中該有機半導體層位於該基板上，該源極與汲極層位於該基板上並覆蓋該有機半導體層，該閘極介電層位於該基板上並覆蓋該源極與汲極層，該閘極層位於該閘極介電層上。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之有機薄膜電晶體，其中該源極與汲極層位

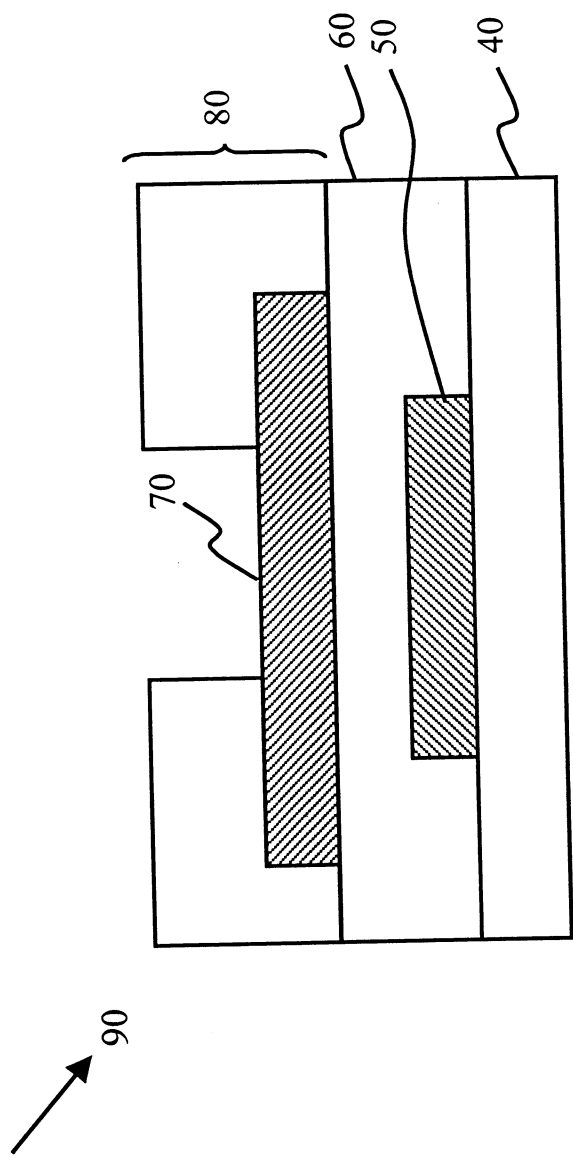
於該基板上，該有機半導體層位於該基板上並覆蓋該源極與汲極層，該閘極介電層位於該基板上並覆蓋該有機半導體層，該閘極層位於該閘極介電層上。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之有機薄膜電晶體，其中該有機半導體層係由半導體有機分子或半導體高分子所構成。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構，其中該半導體有機分子係選自銅酞菁(CuPc)或並五苯(pentacene)。
8. 一種氮化鋁疏水薄膜結構，係包含有：
  - 一氮化鋁薄膜；及
  - 一疏水性薄膜，形成於該氮化鋁薄膜上。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構，其中該疏水性薄膜係選自無機或有機材料。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構，其中該有機疏水性薄膜係選自銅酞菁(CuPc)或並五苯(pentacene)。
11. 一種氮化鋁疏水薄膜結構之製造方法，係包含有下列步驟：
  - 提供一基板；
  - 使用射頻濺鍍法 (RF-sputtering)，通入氮氣與氫氣及以鋁鈮作為濺鍍源，沉積一氮化鋁薄膜於該基板上；及
  - 成長一疏水性薄膜於該氮化鋁薄膜上。
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構之製造方法，其中該氮化鋁薄膜之沉積步驟係於 0~300°C 溫度下進行。

13. 如申請專利範圍第 11 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構之製造方法，其中該疏水性薄膜係選自無機或有機材料。
14. 如申請專利範圍第 11 項所述之氮化鋁疏水薄膜結構之製造方法，其中該有機疏水性薄膜係選自銅酞菁(CuPc)或並五苯(pentacene)。

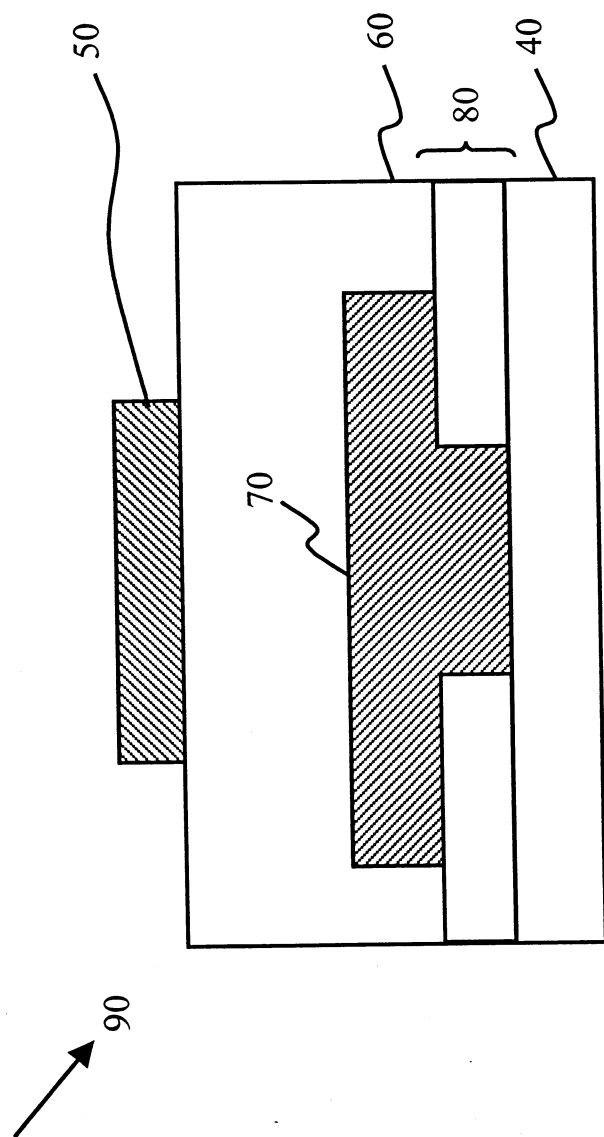


第1圖

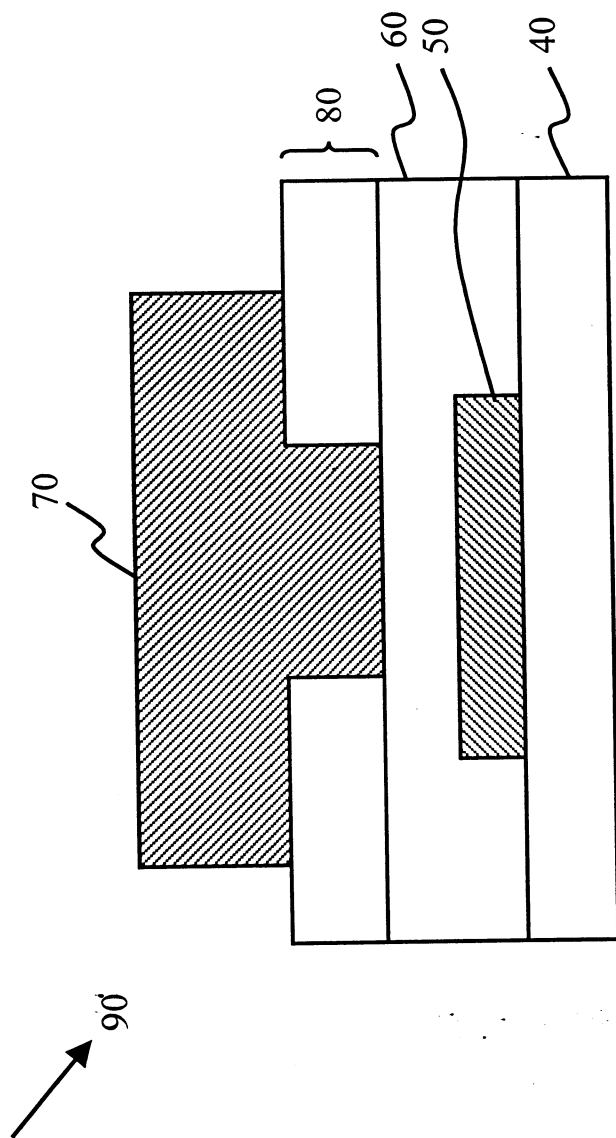


第2圖

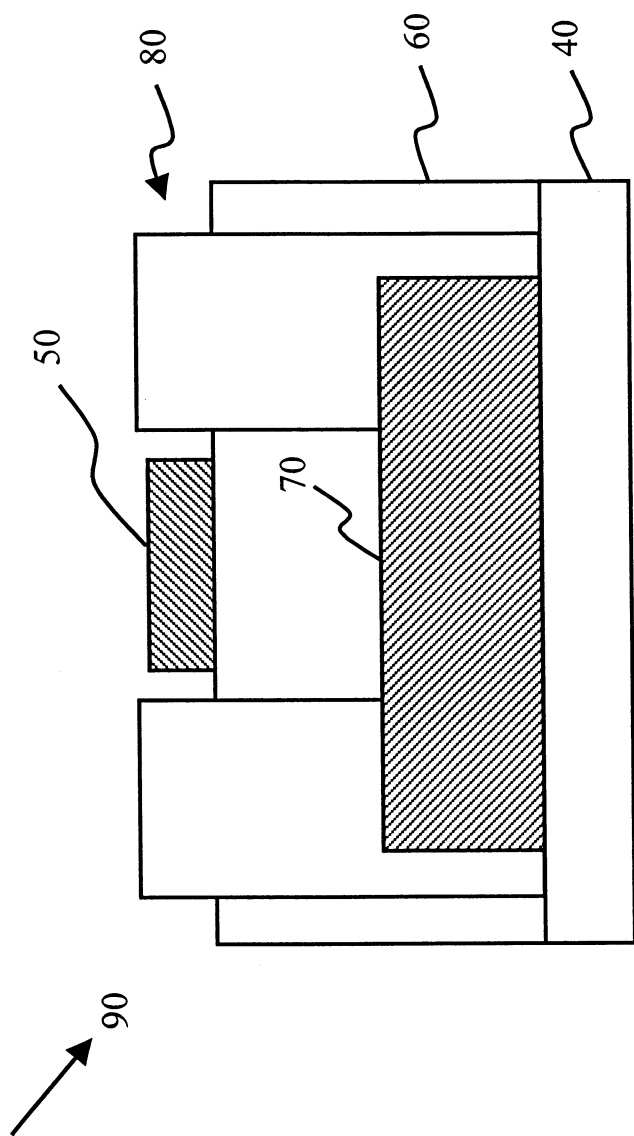




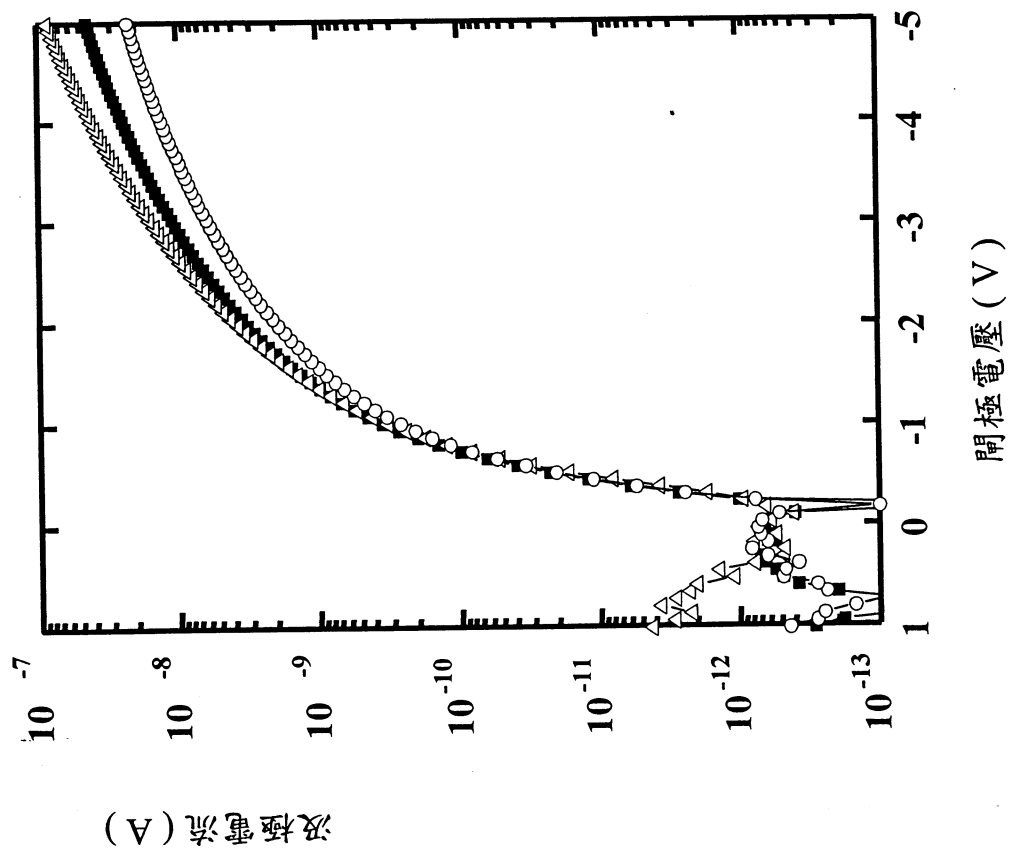
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖