



(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 I496310 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 11 日

(21)申請案號：099126308

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 06 日

(51)Int. Cl. : **H01L31/113 (2006.01)****H01L27/144 (2006.01)****H01L31/18 (2006.01)**

(30)優先權：2009/08/24 美國

12/546,097

(71)申請人：萬國商業機器公司(美國) INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：阿弗瑞斯 飛登 AVOURIS, PHAEDON (US)；林佑明 LIN, YU MING (TW)；繆勒湯瑪士 MUELLER, THOMAS (AT)；夏豐年 XIA, FENGNIAN (CN)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

CN 101385126A

US 2006/0022218A1

US 2009/0020764A1

US 2009/0174435A1

審查人員：李瑋倫

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 17 頁

(54)名稱

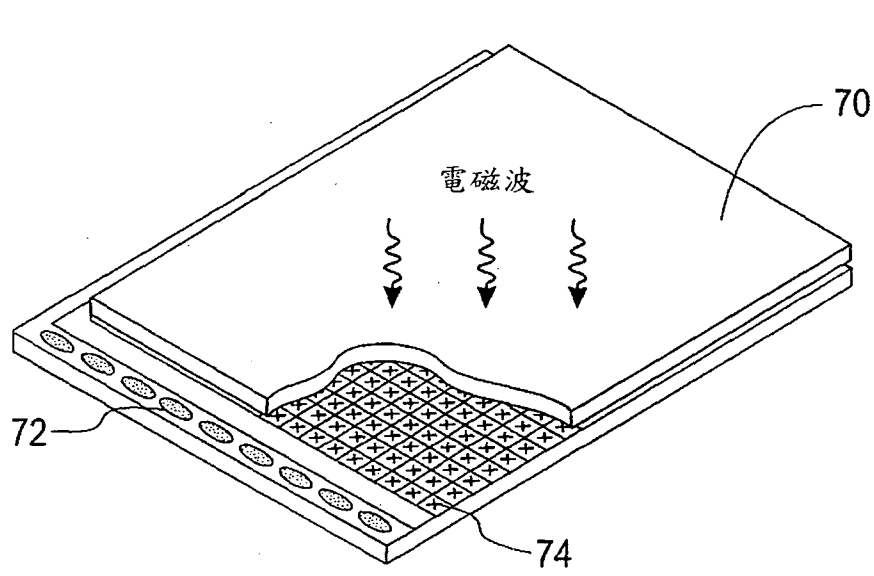
以單層或多層石墨烯為基底的測光裝置

SINGLE AND FEW-LAYER GRAPHENE BASED PHOTODETECTING DEVICES

(57)摘要

本發明揭示一種使用單層或多層石墨烯當成測光層之測光器。在此使用不同的電極組態 (configurations) 揭示多種具體實施例。此外，揭示包含多個測光元件的測光器陣列，用於如成像與監控等應用。

A photodetector which uses single or multi-layer graphene as the photon detecting layer is disclosed. Multiple embodiments are disclosed with different configurations of electrodes. In addition, a photodetector array comprising multiple photodetecting elements is disclosed for applications such as imaging and monitoring.



- 70 . . . 石墨烯層
- 72 . . . 信號處理電路
- 74 . . . 測光元件

圖 7

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：99126308

※ 申請日：99年08月06日

※IPC 分類：

H01L 31/113 (2006.01)
H01L 27/144 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)

發

一、發明名稱：(中文/英文)

以單層或多層石墨烯為基底的測光裝置

SINGLE AND FEW-LAYER GRAPHENE BASED PHOTODETECTING
DEVICES

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種使用單層或多層石墨烯當成測光層之測光器。在此使用不同的電極組態 (configurations) 揭示多種具體實施例。此外，揭示包含多個測光元件的測光器陣列，用於如成像與監控等應用。

三、英文發明摘要：

A photodetector which uses single or multi-layer graphene as the photon detecting layer is disclosed. Multiple embodiments are disclosed with different configurations of electrodes. In addition, a photodetector array comprising multiple photodetecting elements is disclosed for applications such as imaging and monitoring.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 7。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

70	石墨烯層
72	信號處理電路
74	測光元件

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】

本發明係關於使用單層或多層石墨烯當成測光層的測光器。

【先前技術】

測光器用於偵測或感應光線或其他電磁能量，目前可用的測光器一般用於許多實際應用，像是有線與無線通訊、感應、監控、科學儀器、國防等等。

許多光學測光器使用半導體材料作為測光材料系統，不過半導體材料具有帶隙，因此只能夠偵測到具有能量大於帶隙的光子，無法偵測潛在離開的光子。此外，半導體型測光器的原生頻寬受到測光區內載子通行時間的限制，這些限制都造成較差的光學測光器。

【發明內容】

本發明提供一種其中單層或多層石墨烯作為導光層的測光裝置。

根據本發明的一個態樣，提供其上沈積閘極氧化物層的基板。然後將石墨烯通道層沈積在該閘極氧化物層上，並且在該石墨烯通道層上製作出源極與汲極接觸區圖案。

根據其他態樣，在該源極與汲極區頂端上提供分離閘，另外可提供多個源極與汲極區。

根據其他態樣，搭配傳統單處理讀取電路提供多測光元件，來建立測光陣列。

【實施方式】

此處的具體實施例及其許多特徵和優點細節都將參考附圖內說明的無限制具體實施例和範例以及下列說明中的細節進行更廣泛的說明。熟知的部件與處理技術之說明可省略，以免不必要地模糊本說明書的具體實施例。在製作本說明書所述結構時，可運用半導體製程內已知的傳統製程。此處使用的範例僅為了幫助瞭解本說明書具體實施例的實踐方式，並且進一步讓精通此技術的人士實踐本說明書中的具體實施例。因此，不得將範例作為本說明書中具體實施例領域的限制。

本發明使用單層或多層石墨烯當成測光器內的測光層。因為石墨烯具有零或非常小帶隙物質之獨特特性，所以可吸收任何波長(或任何能階)上的光子。因此，石墨烯可用來作為波長範圍至少從紫外線至遠紅外線的各種光子應用之萬用材料。高電場下石墨烯內載子運送速率可達到費米(Fermi)速率每秒 10^6 米，這比傳統半導體內的載子運送速率高出 10 至 100 倍。這可導致測光器具有較高頻寬。本發明所製作的裝置在光電流產生路徑之間無直接外部偏壓之下也可運作，這自然導致零暗電流，並且可啟用基本上屬於低暗電流的許多成像、遠端感測以及監控之應用。本發明所製作的裝置在光電流產生路徑之間有直接外部偏壓之下也可運作，這通常導致

較佳效率，但是具有某些暗電流 (dark current)。

請參閱圖 1，依照本發明所製造的測光器之第一具體實施例具有一種類似於傳統場效電晶體(FET, field effect transistor)之基本設計，其中利用供應閘極偏壓來建立石墨烯 p-n 接合面以便將偵測效果最大化，來實現測光。背閘極 10 包含矽背閘極(重度摻雜或輕度摻雜)。在背閘極 10 的頂端上，沈積閘極氧化物層 12 作為絕緣層。閘極氧化物層可為 SiO_2 或任何介電質材料。在閘極氧化物層 12 上製作汲極 6 和源極 8 接點的圖案。汲極 6 和源極 8 接點之間為石墨烯 14 的通道層，厚度可為一或多層。石墨烯層 14 可摻雜或未摻雜。石墨烯層可由許多製程建造，包括機械剝離、化學沈積或成長。

施加閘極偏壓 V_G 來將石墨烯場摻雜至通道層 14 的中間，接近並且位於源極和汲極底下的石墨烯摻雜由接點主導，而非背閘極。在適當選擇閘極偏壓 V_G 之下，因為在源極(或汲極)-石墨烯介面上形成石墨烯 p-n 接合面，所以可獲得良好的偵測效率。

圖 2 顯示通過圖 1 中通道層 14 的寬度 d 所產生之內部電位。如所了解，最大測光區域相當靠近汲極 6 和源極 8 區，在其上形成石墨烯 p-n 接合面並且此區域內有最大電場，導致光產生載子有效分離。

請參閱圖 3，依照本發明所製作的測光器之其他實施使用一種分離閘結構，如此可建立高電場測光區。源極區 30 與汲

極區 32 分別沈積在單一或多(2 至 5)石墨烯層 38 之上。閘極介電質層(可具有高 K 或低 K) 40 沈積在石墨烯 38、源極區 30 與汲極區 32 之上，然後在介電質層 40 之上製作閘極 42 和 44 的圖案。

圖 3

在操作上，分別將閘極偏壓施加至閘極 42 和 44，在其中產生可觀電場的通道 38 內建立敏感的測光區。閘極電壓的幅度與頂端閘極介電質 40 的厚度有關。圖 4 以圖形例示圖 3 內裝置的源極區 30 與汲極區 32 之間頂端閘極 42 和 44 所產生之電位。

圖 5 顯示圖 3 內所見的分離閘極測光裝置，但是另外具有光波導 50。此裝置的操作方式與圖 3 的測光裝置一樣，但是因為波導 50 擷取更大面積上撞擊裝置的光子，並將光子疏通至石墨烯層 36 之特性，所以更有效率。波導 50 可使用像是材料成長、晶圓接合、濕式或乾式蝕刻等一般半導體製程，由矽、氮化矽、氮氧化矽或任何低耗損材料來製造。

圖 6 顯示石墨烯為基底的測光器的其他實施。分叉式指狀構造 60-67 定義多個源極區和汲極區，這都以圖案方式製作於石墨烯層 70 頂端上。因為大幅增強有效測光區域，所以此實施提供非常敏感的測光器。如此可使用具有不同作用的不同源極與汲極金屬，以便在零源極-汲極偏壓上產生內部電位用於分離光子和載子。施加源極-汲極偏壓可進一步增強測光效率。不過在此案例中，暗電流將導入操作當中。再者，若源極與汲極接點使用相同金屬，則可使用陰影遮罩阻擋源極/

石墨烯或汲極/石墨烯接點內吸收光線，來增強光電流產生。

測光器陣列在像是成像(在非常廣的波長範圍內，至少從遠紅外線至可見光)以及監控應用方面非常有用。本發明的石墨烯為基底的測光器也可使用標準半導體製程，如圖 7 內所指示以陣列 70 來製作。加入傳統信號處理電路 72 可提供偵測器陣列內所有測光元件 74 之讀數。

吾人可瞭解，所提供的例示範例並未徹底涵蓋本揭示內容的許多可能用途。

從上述描述當中，精通技術人士可輕易確定本揭示內容的基本特性，並且在不悖離本發明精神與領域之下，可對本發明進行許多變更與修改，以適用於許多用途與情況。

吾人將瞭解，本揭示內容並不受限於上述具體實施例，而是涵蓋下列申請專利範圍的領域內之任何與所有具體實施例。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示石墨烯為基底的測光器的簡單 FET 實施。

圖 2 為顯示通過石墨烯為基底的測光器通道產生內部電位之圖式。

圖 3 顯示石墨烯為基底的測光器的分離閘式 FET 實施。

圖 4 為顯示通過分離閘式石墨烯為基底的測光器通道產生內部電位之圖式。

圖 5 顯示具備整合式波導結構的石墨烯為基底的測光器之分離閘式、石墨烯為基底的 FET 實施。

圖 6 顯示含金屬分叉式指狀構造，用來強化有效測光區域的石墨烯為基底的測光器。

圖 7 顯示石墨烯為基底的測光器陣列的俯視圖。

【主要元件符號說明】

6	汲極
8	源極
10	背閘極
12	閘極氧化物層
14	石墨烯層
30	源極區
32	汲極區
36	石墨烯層
38	石墨烯層
40	閘極介電質層
42	閘極
44	閘極
50	光波導
60-67	分叉式指狀構造
70	石墨烯層
72	信號處理電路
74	測光元件

七、申請專利範圍：

1. 一種測光裝置，包含：
 - a. 一基板；
 - b. 一閘極氧化物層，沈積於該基板上；
 - c. 一石墨烯通道層，作為一測光層沈積於該閘極氧化物層上；以及
 - d. 源極與汲極接點區，沈積於該石墨烯通道層上，其中提供多個源極與汲極區。
2. 如申請專利範圍第1項之測光裝置，其中該通道層為單一石墨烯層。
3. 如申請專利範圍第1項之測光裝置，其中該通道層不超過10層石墨烯。
4. 如申請專利範圍第1項之測光裝置，其中該基板包含矽。
5. 一種測光裝置，包含：
 - a. 一基板；
 - b. 一石墨烯通道層，作為一測光層沈積於該基板上；
 - c. 源極與汲極接點區，沈積於該石墨烯通道層上；
 - d. 一閘極介電質層，沈積於該石墨烯通道層上；以及
 - e. 分離閘極，沈積於該閘極介電質層上，用來施加一電場通過該石墨烯通道層。
6. 如申請專利範圍第5項之測光裝置，其中該通道層為單一石墨

烯層。

7. 如申請專利範圍第 5 項之測光裝置，其中該通道層不超過 10 層石墨烯。
8. 如申請專利範圍第 5 項之測光裝置，其中該基板為矽。
9. 一種測光裝置，包含：
 - a. 一基板；
 - b. 一光波導，整合至該基板；
 - c. 一石墨烯通道層，作為一測光層沈積於該基板上；
 - d. 源極與汲極接點區，沈積於該石墨烯通道層上；
 - e. 一閘極介電質層，沈積於該石墨烯通道層上；以及
 - f. 分離閘極，沈積於該閘極介電質層頂端上。
10. 如申請專利範圍第 9 項之測光裝置，其中該通道層為單一石墨烯層。
11. 如申請專利範圍第 9 項之測光裝置，其中該通道層不超過 10 層石墨烯。
12. 如申請專利範圍第 9 項之測光裝置，其中該基板為矽。
13. 如申請專利範圍第 9 項之測光裝置，其中該光波導為一低耗損材料。

14. 如申請專利範圍第 9 項之測光裝置，其中該光波導選自於矽、氮化矽以及氮氧化矽所組成群組之中。
15. 一種測光陣列，由複數個具有石墨烯作為一測光層的測光元件所構成。
16. 一種製作一測光裝置之方法，包含：
 - a. 提供一基板；
 - b. 將一閘極氧化物層沈積於該基板上；
 - c. 將一石墨烯通道層沈積於該閘極氧化物層上；以及
 - d. 在該石墨烯通道層上製作源極與汲極接點區圖案；及
 - e. 形成多個源極與汲極區在該接點區上。
17. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中沈積一單一石墨烯層作為該通道層。
18. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該通道層為不超過 10 層的石墨烯。
19. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該基板為矽。

八、圖式：

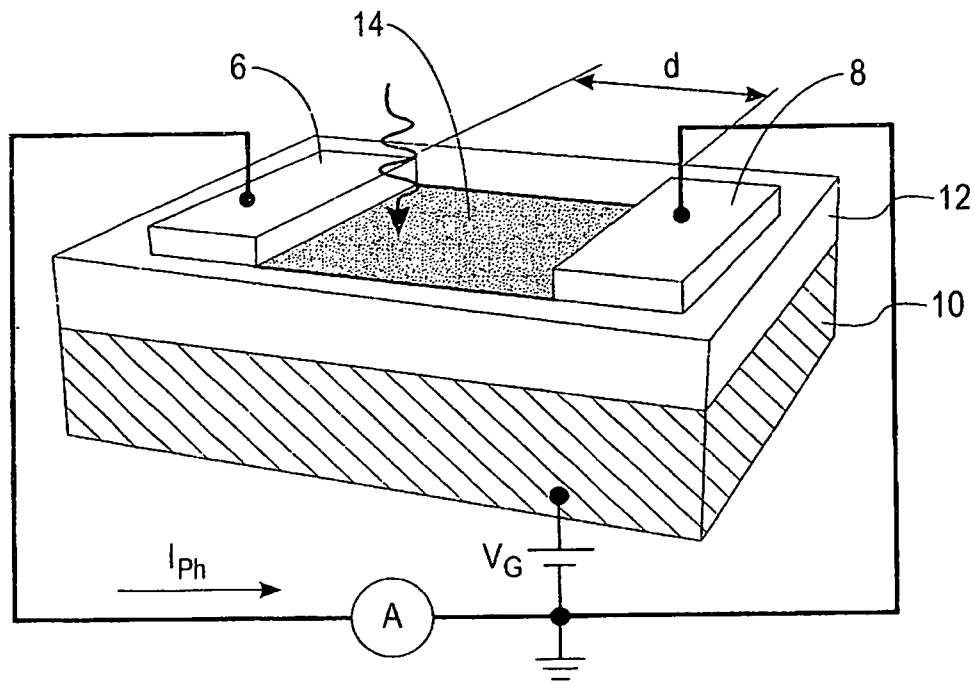


圖 1

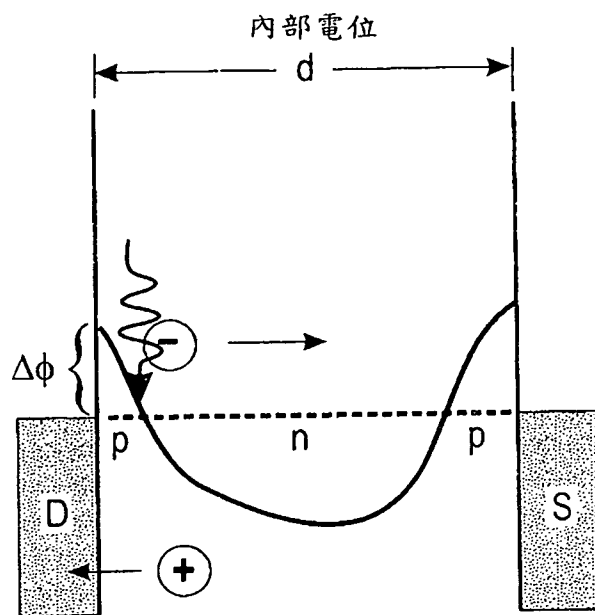


圖 2

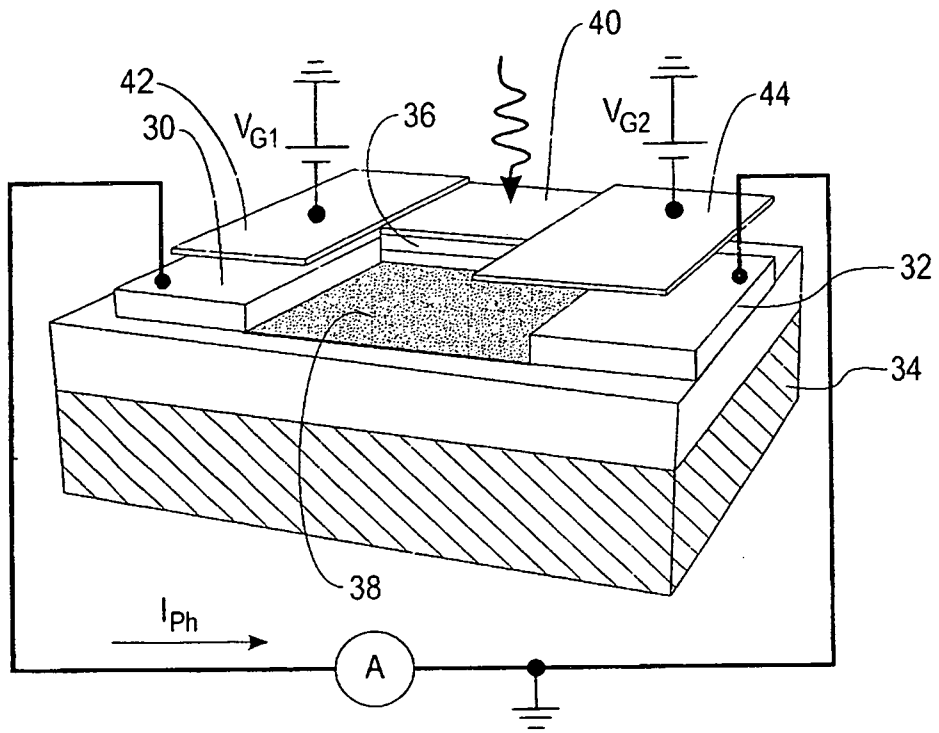


圖 3

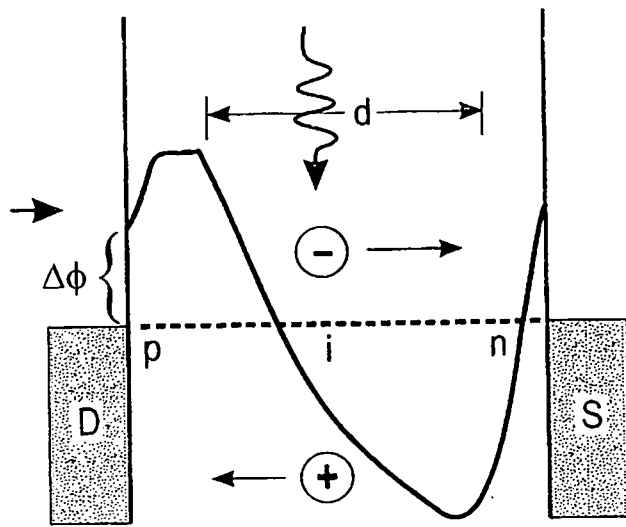


圖 4

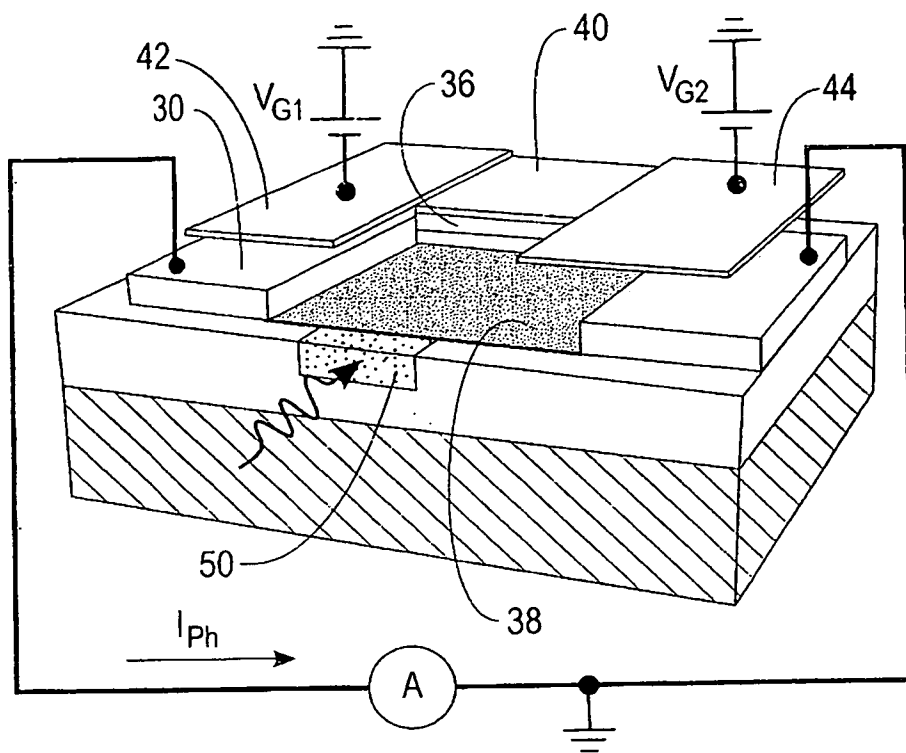


圖 5

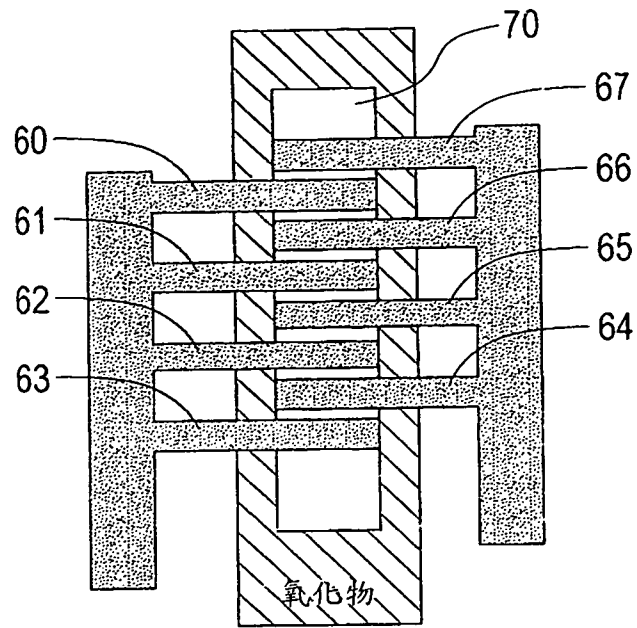


圖 6

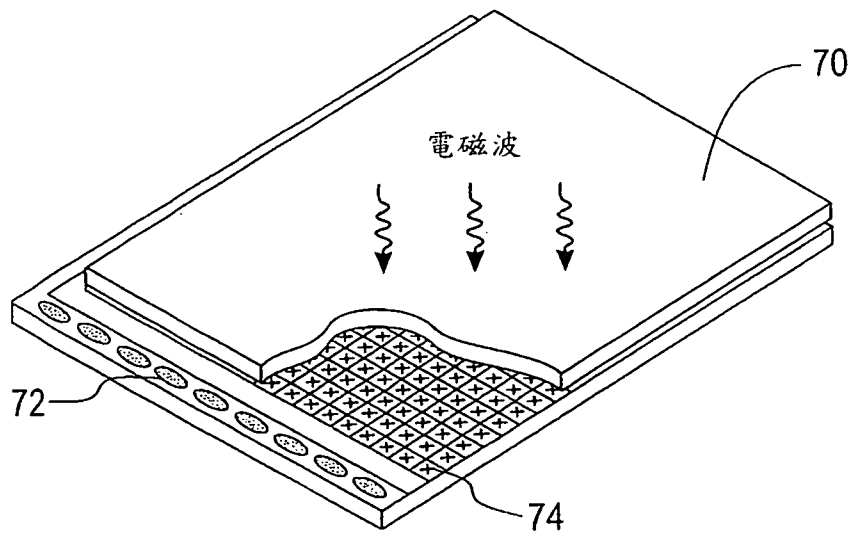


圖 7