



(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 I455212 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 10 月 01 日

(21) 申請案號：101101109

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 11 日

(51) Int. Cl. : H01L21/336 (2006.01)

H01L21/28 (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：張翼 CHANG, EDWARD YI (TW)；黃祿哲 HUANG, LUCHE (TW)；張嘉華
 CHANG, CHIAHUA (TW)；林岳欽 LIN, YUEHCHIN (TW)；成維華 CHIENG,
 WEIHUA (TW)；劉世謙 LIU, SHIHCHEN (TW)

(74) 代理人：蔡坤財；李世章

(56) 參考文獻：

US 4587138

US 2002/0155665A1

US 2009/0206369A1

US 2010/0184262A1

審查人員：陳建丞

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 0 頁

(54) 名稱

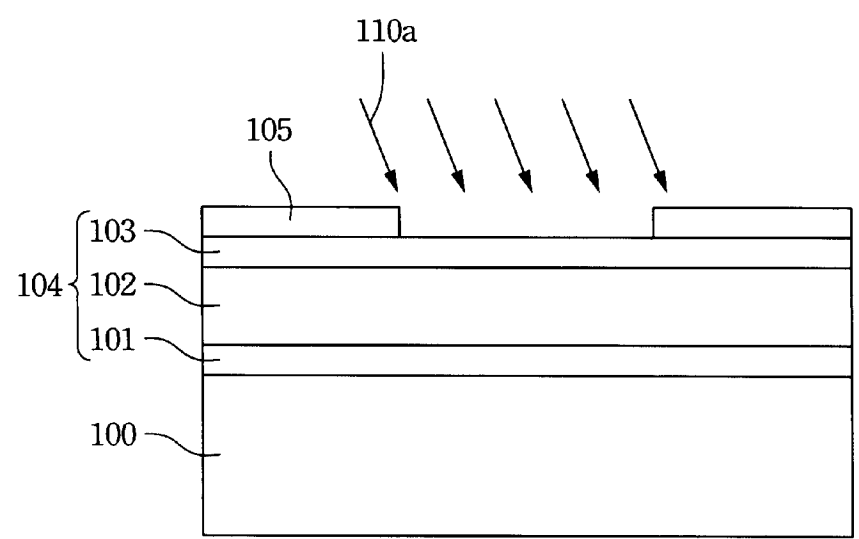
形成一 T 型閘極結構的方法

METHOD FOR FORMING A T-SHAPED GATE STRUCTURE

(57) 摘要

形成 T 型閘極結構的方法。首先，提供一半導體基材，並於半導體基材上形成一具有至少兩種顯影速率之光阻體結構。接著，根據一遮罩，圖案化光阻體結構，其中係對該光阻體結構進行斜向曝光，並根據該至少兩種顯影速率顯影曝光後之光阻體結構，來形成一光阻槽道並暴露出部分半導體基材，其中所形成之光阻槽道具有一相較於底部還要寬的上方部分。接著，將閘極材質回填於光阻槽道，並移除圖案化光阻體結構，形成該 T 型閘極結構。

A method for forming a T-shaped gate structure is disclosed. First, a semiconductor substrate is provided. A photo resist structure comprising at least two developing velocity is formed on the semiconductor substrate. Next, an angle exposure is performed in the photo resist structure based on a mask. Then, the photo resist structure is developed to form a photo resist hole based on the at least two developing velocity to expose the surface of the substrate. The photo resist hole has a wider upper portion compared with the bottom portion. Then, gate material is filled in the photo resist hole. Finally, the photo resist structure is removed to form the T-shaped gate structure.



- 100 . . . 基板
- 101 . . . 第一光阻層
- 102 . . . 第二光阻層
- 103 . . . 第三光阻層
- 104 . . . 三層光阻體結構
- 105 . . . 圖案化金屬層
- 110a . . . 光線

第 2 圖

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： 101101109

H01L21/736 (2006.01)

※申請日： 101. 1. 11 ※IPC 分類：

H01L21/28 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

(中文) 形成一 T 型閘極結構的方法

(英文) Method for forming a T-shaped gate structure

二、中文發明摘要：

形成 T 型閘極結構的方法。首先，提供一半導體基材，並於半導體基材上形成一具有至少兩種顯影速率之光阻體結構。接著，根據一遮罩，圖案化光阻體結構，其中係對該光阻體結構進行斜向曝光，並根據該至少兩種顯影速率顯影曝光後之光阻體結構，來形成一光阻槽道並暴露出部分半導體基材，其中所形成之光阻槽道具有一相較於底部還要寬的上方部分。接著，將閘極材質回填於光阻槽道，並移除圖案化光阻體結構，形成該 T 型閘極結構。

三、英文發明摘要：

A method for forming a T-shaped gate structure is disclosed. First, a semiconductor substrate is provided. A photo resist structure comprising at least two developing velocity is formed on the semiconductor substrate. Next, an angle exposure is performed in the photo resist structure based on a mask. Then,

the photo resist structure is developed to form a photo resist hole based on the at least two developing velocity to expose the surface of the substrate. The photo resist hole has a wider upper portion compared with the bottom portion. Then, gate material is filled in the photo resist hole. Finally, the photo resist structure is removed to form the T-shaped gate structure.

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：

100 基板

101 第一光阻層

102 第二光阻層

103 第三光阻層

104 三層光阻體結構

105 圖案化金屬層

110a 光線

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種閘極製程方法，且特別是有關於一種 T 型閘極製程方法。

【先前技術】

具有極低雜訊比值的砷化鎵電晶體放大器乃是製造高性能的衛星接收器所必備。而極小線幅寬及低閘極阻值 T 型閘極乃是達到高增益及低雜訊所必備條件。在此種型閘極結構中，閘極上層較寬的部份乃是為了爭加橫截面面積及降低閘極電阻。而較窄的閘極根部乃是為了減少閘極電容。但因為閘極金屬蝕刻困難，因此常見之製程方法為利用電子束微影製程，於基板上製作一個已定型的 T 型開口，並回填閘極金屬形成 T 型閘電極。然而，此種製程相當緩慢。

因此，需要一種改良式的 T 型閘極形成方法。

【發明內容】

有鑑於此，本發明的目的在提供一個 T 型閘極形成方法，以增進 T 型閘電極上下寬度比，彌補先前技術的缺點。

本發明之一態樣在提供一種形成 T 型閘極結構的方法。首先，提供一半導體基材，並於半導體基材上形成一具有至少兩種顯影速率之光阻體結構。接著，根據一遮罩，圖案化光阻體結構，其中係對該光阻體結構進行斜向曝光，並根據該至少兩種顯影速率顯影曝光後之光阻體結

構，來形成一光阻槽道並暴露出部分半導體基材，其中所形成之光阻槽道具有一相較於底部還要寬的上方部分。接著，將閘極材質回填於光阻槽道，並移除圖案化光阻體結構，形成該 T 型閘極結構。

在一實施例中，以剝脫(lift-off)技術移除該圖案化光阻體結構。

在一實施例中，該光阻體結構之高度約為 1 μ m。

在一實施例中，對該光阻體結構進行斜向曝光更包括：對該光阻體結構進行一第一斜向曝光；以及對該光阻體結構進行一第二斜向曝光，其中該第一斜向曝光和該第二斜向曝光之光線彼此交叉且交會於遮罩開口處。其中該第一斜向曝光以及該第二斜向曝光，係以相對於基板表面 25 度至 60 度之斜角對該光阻體結構進行曝光。

在一實施例中，於半導體基材上形成一光阻體結構更包括：形成一第一光阻層於該半導體基材上；形成一第二光阻層於該第一光阻層上；以及形成一第三光阻層於該第二光阻層上，其中該第一光阻層以及該第三光阻層與該第二光阻層相較，具有較低之顯影速率。

在一實施例中，第一光阻層以及第三光阻層為一聚甲基丙烯酸甲酯層 (Polymethylmethacrylate, PMMA)，而第二光阻層為一聚甲基異丙基酮層 (POLY METHYL ISOPROPENYL KETONE, PMIPK) 或是一聚合物層 (Copolymer)。

綜合上述所言，本發明藉由斜向曝光，來增加第三光阻層與第二光阻層之曝光量，進而在顯影時，可使得第三

光阻層與第二光阻層相對於第一光阻層有更大之溶解量。從而使得 T 型閘極結構之上層金屬層與下層金屬層具有明顯之寬度比，形成優良之 T 型閘極結構。

【實施方式】

以下為本發明較佳具體實施例以所附圖示加以詳細說明，下列之說明及圖示使用相同之參考數字以表示相同或類似元件，並且在重複描述相同或類似元件時則予省略。

本發明是利用兩種具不同顯影速率的光阻，於基板上依序形成低顯影速率-高顯影速率-低顯影速率三層光阻體，並利用斜向曝光方法，使紫外光對準照射此三層光阻體，藉由不同之顯影速率，於顯影後，於基板上形成 T 型光阻槽道，在由蒸鍍法沉積閘極金屬後，移除光阻來形成 T 型閘極結構。

第 1 圖至第 6 圖所示為根據本發明一較佳實施例之 T 型閘極結構形成方法。首先請參閱第 1 圖所示，於基板 100 上依序形成一第一光阻層 101、一第二光阻層 102 以及一第三光阻層 103 之三層光阻體結構 104，並於該三層光阻體結構 104 上沉積一金屬層，並利用光學微影及蝕刻製程，形成一具開口 105a 之圖案化金屬層 105，開口 105a 用以定義出 T 型閘極於基板 100 上之位置。在一實施例中，開口 105a 之寬度約為 2 μ m，金屬層 105 為一鈦金屬層，而在其他之實施例中，亦可選擇鎳，金，鋁或銅，並利用濕式蝕刻圖案化鈦金屬層。此外，第一光阻層 101 以及第三光阻層 103 與第二光阻層 102 相較，具有較低之顯影速率。

此第一光阻層 101 以及第三光阻層 103 為聚甲基丙烯酸甲酯層 (Polymethylmethacrylate, PMMA)，而第二光阻層 102 為聚甲基異丙基酮層 (POLY METHYL ISOPROPENYL KETONE, PMIPK)或是一聚合物層 (Copolymer)。因此，此三層光阻體結構 104 為 PMMA/PMIPK/PMMA，或是 PMMA/Copolymer/PMMA。在一實施例中，三層光阻體結構 104 之高度約為 1 μ m。

接著，請參閱第 2 圖所示，利用圖案化金屬層 105 作為罩幕，對三層光阻體結構 104 作光線 110a 與金屬層 105 非垂直之第一斜向曝光，以形成圖案並轉印於該三層光阻體結構 104。此步驟之斜向角度係用以控制第二光阻層 102 相對於第一光阻層 101 在正 x 方向之內凹深度，以及第三光阻層 103 與基板 100 表面的傾角 α_1 。在一實施例中，第一斜向曝光之角度與 Y 軸間之夾角為 25~60 度。

請參閱第 3 圖所示，利用圖案化金屬層 105 作為罩幕，對三層光阻體結構 104 作光線 110b 與金屬層 105 非垂直之第二斜向曝光形成圖案並轉印於該三層光阻體結構 104。此步驟之斜向角度係用以控制第二光阻層 102 相對於第一光阻層 101 在負 x 方向之內凹深度，以及第三光阻層 103 與基板 100 表面的傾角 α_2 。在一實施例中，第二斜向曝光之角度與 Y 軸間之夾角為 25~60 度。其中第一斜向曝光和第二斜向曝光之光線彼此交叉且交會於開口 105a，第一斜向曝光和第二斜向曝光分別使用 1/2 曝光劑量。

接著，如第 4 圖所示，蝕刻移除金屬層 105，在一實施例中，是以濕式蝕刻，例如稀釋氫氟酸(DHF)蝕刻移除金

屬層 105。並對三層光阻體結構 104 進行光阻顯影，在一實施例中，若此三層光阻體結構 104 為 PMMA/PMIPK/PMMA，則一 1:3 甲基異丁基酮(MIBK)和異丙醇(IPA)的混合顯影液被用來對此三層光阻體結構 104 進行顯影，並暴露出基板 100 表面，而緊接著進行一個乾式或濕式的浸洗製程，此一浸洗製程較佳為使用傳統稀釋氯化氫，而形成如第 4 圖所示之 T 型光阻槽道 107。其中所謂之 T 型光阻槽道 107，具有對稱且往下逐漸縮小的 T 形外觀，於第一光阻層 101 中具有相對於基板 100 形成傾角 α_1 和 α_2 之兩傾斜側壁，共同構成此 T 型光阻槽道 107 之頸部。T 型閘極結構之下層金屬層佈設於頸部中，而 T 型閘極結構之上層金屬層則是延著兩傾斜側壁延展而佈設於第一光阻層 101 上。其中，T 型光阻槽道 107 之寬度由最上方開口 107a 往下先擴大再縮小至頸部之開口 107b 並暴露出基板 100 之表面。T 型光阻槽道之最上方開口 107a 可決定閘極阻值，而 T 型光阻槽道 107 之頸部開口 107b 則用以決定閘極之有效長度。

接著，如第 5 圖所示，以蒸鍍法沉積閘極金屬 106，填滿 T 型光阻槽道 107。其中閘極金屬材質較佳為使用鎳/金，在其他實施例中，可以由其它材質所組成，例如金屬鈾、鎢、鈦、鉑以及銨或是以上物質的混合物。最後，如第 6 圖所示，利用剝脫(lift-off)技術移除光阻體結構 104，而形成本發明之 T 型閘極結構 108，在一實施例中，T 型閘極結構 108 為鎳/金雙層結構，其中鎳厚度約為 200 埃，而金厚度約為 3000 埃。

第 7 圖所示為根據本發明之方法完成之 T 型閘極結構電子顯微鏡影像。其中，此 T 型閘極結構具有 0.6 微米之閘極有效長度，以及傾角約為 30 度之兩傾斜側壁。

綜合上述所言，由於被曝光之光阻層會發生光分解反應，並被顯影液所溶解而從基板上移除。因此，本發明藉由斜向曝光，來增加第三光阻層與第二光阻層之曝光量，進而在顯影時，可使得第三光阻層與第二光阻層相對於第一光阻層有更大之溶解量。且藉由斜向曝光，可於第一光阻層中形成大傾角之兩傾斜側壁，從而使得 T 型閘極結構之上層金屬層與下層金屬層之間具有明顯之寬度比，形成優良之 T 型閘極結構。

雖然本發明已以實施方式揭露如上，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，當可作各種之更動與潤飾，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。

【圖式簡單說明】

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式之說明如下：

第 1 圖至第 6 圖所示為根據本發明一較佳實施例之 T 型閘極結構形成方法。

第 7 圖所示為根據本發明之方法完成之 T 型閘極結構電子顯微鏡影像。

【主要元件符號說明】

- 100 基板
- 101 第一光阻層
- 102 第二光阻層
- 103 第三光阻層
- 104 三層光阻體結構
- 105 圖案化金屬層
- 105a 開口
- 106 閘極金屬
- 107 T型光阻槽道
- 107a 和 107b 開口
- 108 T型閘極結構
- 110a 和 110b 光線
- $\alpha 1$ 和 $\alpha 2$ 傾角

七、申請專利範圍：

1. 一種形成一 T 型閘極結構的方法，至少包括以下步驟：

提供一半導體基材；

於該半導體基材上形成一光阻體結構，其中該光阻體結構具有至少兩種顯影速率；

形成一遮罩於該光阻體結構上，其中該遮罩具有一開口；

以該遮罩為罩幕，圖案化該光阻體結構，其中對該光阻體結構進行斜向曝光，以及根據該至少兩種顯影速率顯影該曝光後光阻體結構，形成一光阻槽道並暴露出部分半導體基材，其中該光阻槽道具有一相較於底部還要寬的上方部分；

將閘極材質回填該光阻槽道；以及

移除該圖案化光阻體結構，形成該 T 型閘極結構。

2. 如請求項 1 所述之方法，其中係以剝脫(lift-off)技術移除該圖案化光阻體結構。

3. 如請求項 1 所述之方法，其中該光阻體結構之高度約為 1 μ m。

4. 如請求項 1 所述之方法，其中該開口寬度為 2 μ m。

13年4月22日修正對線(頁本)

2014年4月22日修正替換頁

5. 如請求項 1 所述之方法，其中對該光阻體結構進行斜向曝光更包括：

對該光阻體結構進行一第一斜向曝光；以及

對該光阻體結構進行一第二斜向曝光，其中該第一斜向曝光和該第二斜向曝光之光線彼此交叉且交會於該開口處。

6. 如請求項 5 所述之方法，其中該第一斜向曝光以及該第二斜向曝光，係以相對於基板表面 25 度至 60 度之斜角對該光阻體結構進行曝光。

7. 如請求項 1 所述之方法，其中該遮罩為鈦，鎳，金，鋁或銅金屬。

8. 如請求項 1 所述之方法，其中於該半導體基材上形成一光阻體結構更包括：

形成一第一光阻層於該半導體基材上；

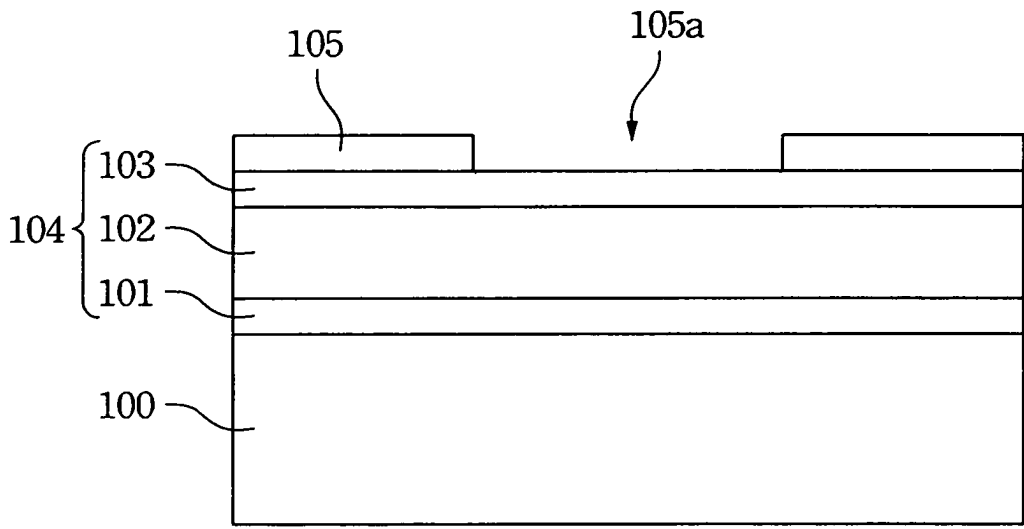
形成一第二光阻層於該第一光阻層上；以及

形成一第三光阻層於該第二光阻層上，其中該第一光阻層以及該第三光阻層與該第二光阻層相較，具有較低之顯影速率。

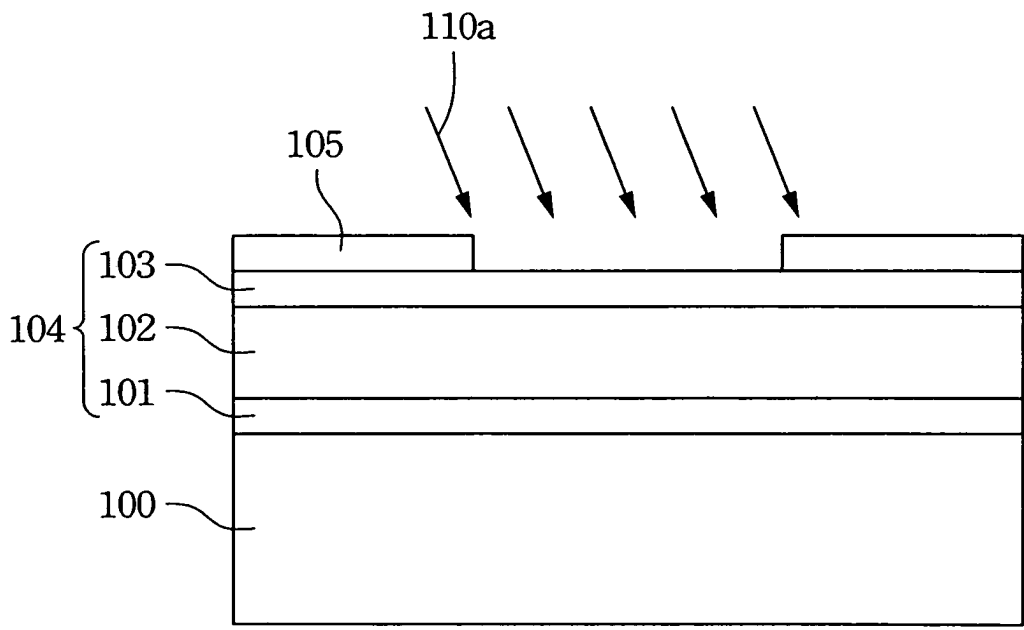
9. 如請求項 8 所述之方法，其中該第一光阻層以及

該第三光阻層為一聚甲基丙烯酸甲酯層 (Polymethylmethacrylate, PMMA)，而該第二光阻層為一聚甲基異丙基酮層 (POLY METHYL ISOPROPENYL KETONE, PMIPK)或是一聚合物層 (Copolymer)。

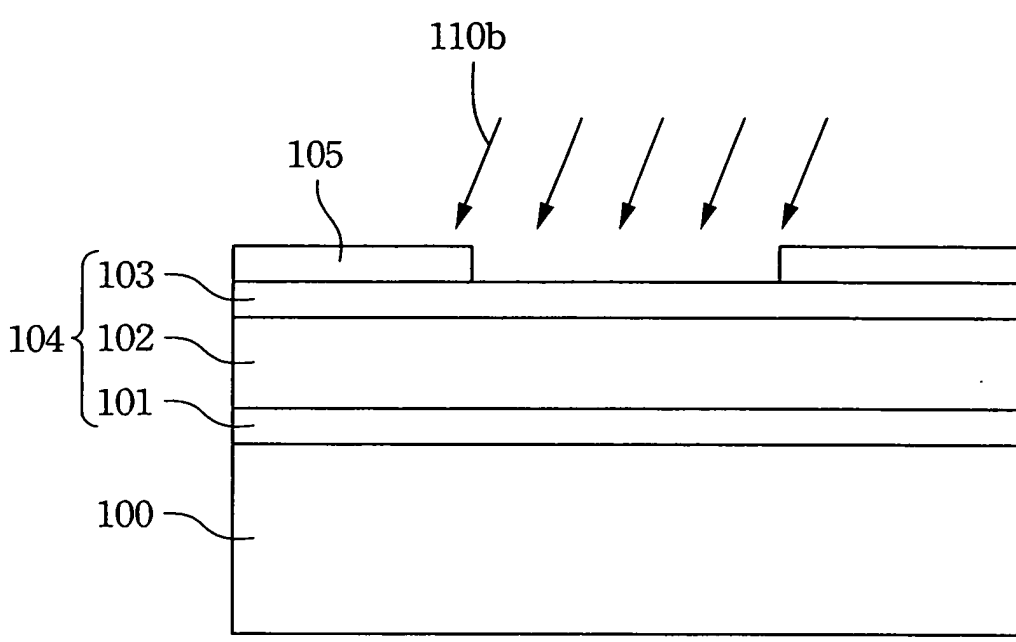
10. 如請求項 1 所述之方法，其中該 T 型閘極結構為鎳/金雙層結構，其中該鎳厚度約為 200 埃，而該金厚度約為 3000 埃。



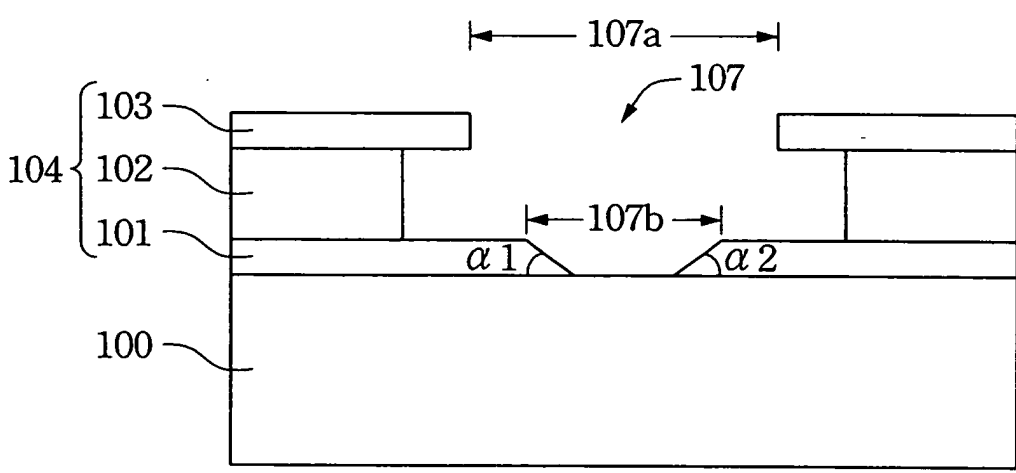
第 1 圖



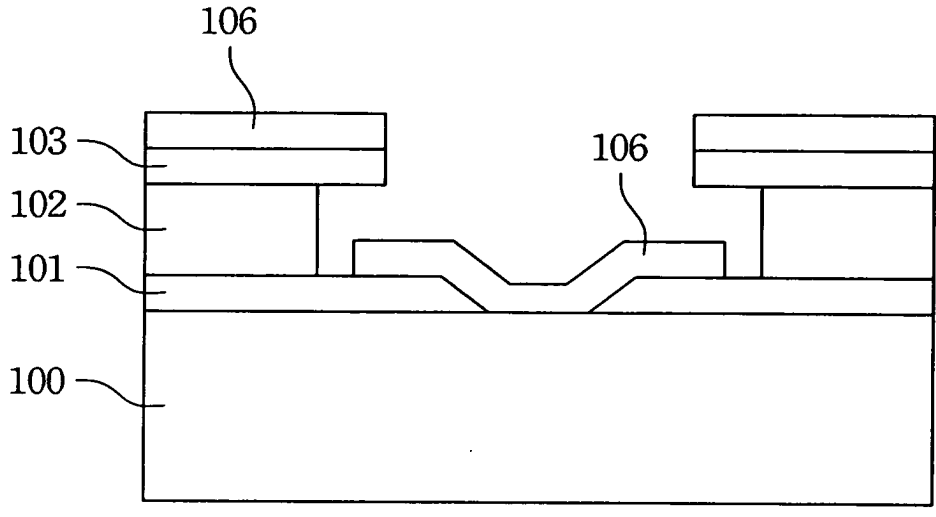
第 2 圖



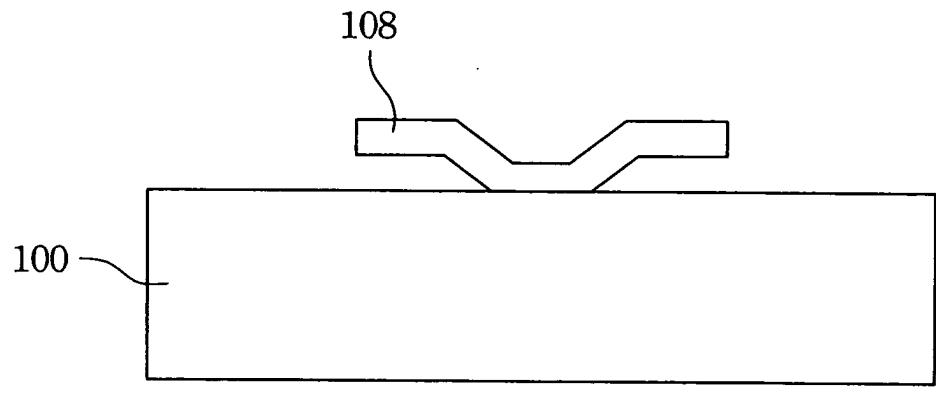
第 3 圖



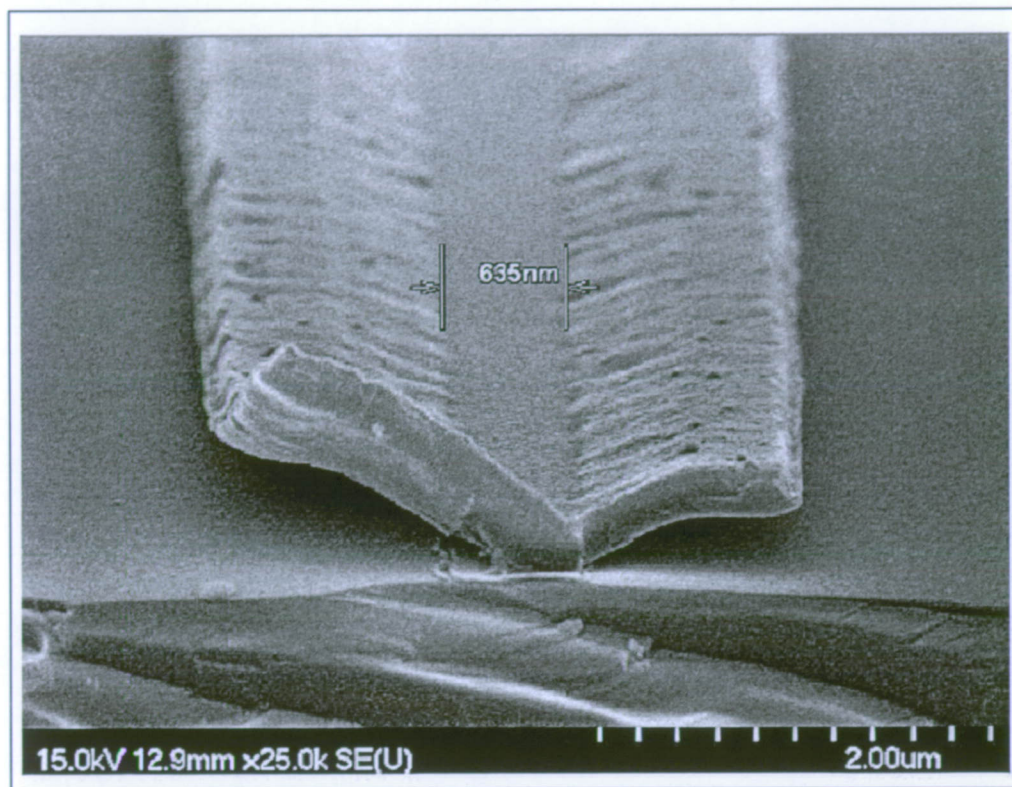
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖