

發明專利說明書 200541076

(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：93116682

※申請日期：93.6.10

※IPC 分類：

H01L<sup>29</sup>/386

**壹、發明名稱：**(中文/英文)

低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法

**貳、申請人：**(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

國立交通大學 / National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)(簽章)張俊彥 / Chun-Yen Chang

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

國籍：(中文/英文) 中華民國

**參、發明人：**(共3人)

發明人(一)：葉清發 / Ching-Fa Yeh

住址：新竹市建功一路 31 號 5 樓之 3

發明人(二)：陳添富 / Tien-Fu Chen

住址：高雄縣大寮鄉保生街 43 巷 7 號

發明人(三)：羅正忠 / Jen-Chung Lou

住址：新竹市大學路 1001 號交通大學電子工程學系暨電子研究所

國籍：(中文/英文)(一)中華民國；(二)中華民國；(三)中華民國

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

**伍、中文發明摘要：**

本發明係一種低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其係利用具單一方向性之非等向性電漿蝕刻（Anisotropic Plasma Etching）在薄膜電晶體主動層側壁形成一間距矽（silicon-spacer），該間距矽提供了一雷射側向再結晶機制與可防止雷射再結晶後主動層微縮或剝落變形等現象，此發明技術可使通道內之矽晶粒變大但在製程上不需額外光罩，如此同時提升元件特性、提高元件均勻度與節省製程成本，此技術在現今低溫多晶矽薄膜電晶體（LTPS-TFT）領域中將會是一項關鍵技術。

**陸、英文發明摘要：**

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第( 3 )圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

基板 1

緩衝氧化層 2

間距矽 7

非晶矽主動層的連續波長或準分子雷射再結晶 9

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，尤指一種可使通道內之矽晶粒變大但不需額外光罩，且同時達到提升元件特性、提高元件均勻度與節省製程成本之功效。

### 【先前技術】

按，一般傳統非晶矽薄膜電晶體液晶顯示器（a-Si TFT LCD）因為價格持續滑落，再加上低溫多晶矽（LTPS）薄膜電晶體液晶顯示器在小尺寸的應用領域日漸普及，而該低溫多晶矽的薄膜電晶體液晶顯示器具有解析度、亮度、尺寸及電磁干擾等各方面的優勢，並已逐漸在個人數位助理、數位相機、行動電話等行動終端設備中取得占有率；

其中在傳統雷射退火低溫多晶矽薄膜電晶體（LTPS-TFT）的製造步驟上，會先對非晶矽薄膜進行雷射再結晶後再定義電晶體主動層，可是如此矽晶粒大小會受限於薄膜厚度而無法變更大且不規則的矽晶粒大小分佈於電晶體主動層內會導致元件與元件之間電特性上的差異而使均勻性變差，但是，若先定義電晶體主動層再進行雷射再結晶，則主動層會因矽薄膜全部熔融時所造成的表面張力而對主動層產生微縮現象（Surface Tension induced Shrinkage），如此方法不適用於低溫多

晶矽薄膜電晶體的製造；

另外多晶矽薄膜電晶體（TFT）和矽絕緣層上的金屬氧化物半導體場效電晶體（SOI-MOSFET）等元件其主動層下方為一層導熱效率較差的絕緣層，如此當元件工作在大電流時，主動層的溫度會瞬間上升，載子於主動層內的移動率會因此而下降，便有相關技術者提出將通道寬度  $W$  變成很多小通道寬度  $W_i$  的並聯來改善這自我發熱效應（Self-heating Effect）如第 7 圖所示，其係為傳統解決自我發熱效應的方式。

#### 【發明內容】

本發明之主要目的，在於可使低溫多晶矽薄膜電晶體（LTPS-TFT）之場效載子移動率提高並可降低元件與元件之間的差異，利用此方法來製作電晶體時，當通道寬度越小，通道內的矽晶粒越大，如此用來製作驅動畫素的電晶體可使顯示器之解析度大幅提升，此外雷射再結晶的適用範圍(process window)變寬，並且改善了低溫多晶矽薄膜電晶體的電特性，同時使元件與元件間的差異變小，均勻性提升，如此可改善產品良率。

本發明之另一目的，係在於可具有連續波長（continuous wave, CW）雷射或準分子（Excimer）雷射退火後觸發熔融矽側向再結晶的機制，因此可大幅提升場效載子移動率進而改善元件特性，但製程上不需額外光罩，且厚的間距矽（silicon-spacer）可保證主動層

在雷射照射後不會微縮變形，若利用高能量雷射對狗骨頭形狀（dog-bone shape）的主動層經源極—汲極（Source-Drain）方向進行掃描，可得到單獨一顆矽晶粒於電晶體通道內的狀況，進而可製作高性能（high performance）、高均勻度（good uniformity）的低溫多晶矽薄膜電晶體，用本發明來實現較大通道寬度  $W$  的元件時，可以利用小通道寬度  $W_i$  並聯的方式以符合各種電流需求，如此仍可保持較大矽晶粒於通道內，且可順便改善元件自我發熱效應（Self-heating Effect）。

為達上述之目的，本創係一種低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，包含下列步驟：

步驟一：提供一基板；

步驟二：該基板上係形成一緩衝氧化層（Buffer Oxide）；

步驟三：在該緩衝氧化層上沈積一非晶矽薄膜層（amorphous silicon）；

步驟四：再於該非晶矽薄膜層上沈積一低溫氧化層（Low Temperature Oxide），而該低溫氧化層係為了作為後續製程時，矽薄膜非等向性電漿蝕刻（Anisotropic Plasma Etching）的停止層、雷射退火時防止熱量散逸的保溫層和作為再結晶後去除間距矽的硬式光罩（Hard Mask）；

步驟五：之後利用一光阻層（Photoresist）作為硬

式光罩，利用非等向性電漿蝕刻將低溫氧化層完全蝕刻後再部分蝕刻下方的非晶矽薄膜層；

步驟六：去除光阻層後再沈積上另一非晶矽薄膜層時，原本下方之非晶矽薄膜層會與該非晶矽薄膜層相接，再以非等向性電漿蝕刻形成間距矽於主動層邊緣，接下來執行非晶矽主動層的連續波長雷射或準分子雷射再結晶後，即可使主動層的矽晶粒變大，最後再利用非等向性電漿蝕刻完全去除間距矽與主動層上方的低溫氧化層。

#### 【實施方式】

請參閱『第 1 ~ 7 圖』，係本發明之成形之垂直電流方向剖面示意圖、本發明之重要描述在電晶體上的相對位置俯視圖、本發明之 SEM (Scanning Electron Microscope) 圖、本發明在使用連續波長 (continuous wave, CW) 雷射再結晶時主動層圖形方位與雷射掃瞄方向之示意圖、習用解決較大通道寬度電晶體自我發熱效應 (Self-heating Effect) 方式之示意圖。如圖所示：本發明係一種低溫多晶矽薄膜電晶體 (LTPS-TFT) 主動層之雷射再結晶方法，包含下列步驟：

步驟一：提供一基板 1；

步驟二：該基板 1 上係形成一緩衝氧化層 2 (Buffer Oxide)；

步驟三：在該緩衝氧化層 2 上沈積一非晶矽薄膜層



3 (amorphous silicon);

步驟四：再於該非晶矽薄膜層 3 上沈積一低溫氧化層 4 (Low Temperature Oxide)，而該低溫氧化層 4 係可作為後續製程時，矽薄膜非等向性電漿蝕刻 (Anisotropic Plasma Etching) 的停止層、雷射退火時防止熱量散逸的保溫層和作為再結晶後去除間距矽 (silicon-spacer) 的硬式光罩 (Hard Mask)；

步驟五：之後利用一光阻層 (Photoresist) 5 作為硬式光罩，利用非等向性電漿蝕刻 8 將低溫氧化層 4 完全蝕刻後再部分蝕刻下方的非晶矽薄膜層 3；

步驟六：去除光阻層 5 後再沈積上另一非晶矽薄膜層 3a 時，原本下方之非晶矽薄膜層 3 會與該非晶矽薄膜層 3a 相接，再以非等向性電漿蝕刻 8 形成間距矽 7 於主動層邊緣，接下來執行非晶矽主動層的連續波長或準分子雷射再結晶 9 後，即可使主動層的矽晶粒變大，最後再利用非等向性電漿蝕刻 8 完全去除間距矽 7 與主動層上方的低溫氧化層 4。

以上所述之該間距矽係可包括複晶矽薄膜 (polycrystalline silicon film) 與非晶矽薄膜 (amorphous silicon film) 所形成的間距 (spacer)。且該步驟六中製作間距矽係包括用於薄膜電晶體 (TFT) 和矽絕緣層上的金屬氧化物半導體場效電晶體 (SOI-MOSFET) 之主動層邊緣 (包含填入主動層邊緣下

方處)，且不論高、低溫製程都適用此方法。另，該步驟六中製作間距矽薄膜電晶體之主動層邊緣後再進行雷射再結晶，此間距矽主要目的是製造一溫度梯度導致矽薄膜側向再結晶。且該步驟六中覆蓋於薄膜電晶體之主動層側壁の間距矽可以換成介電質（如 Oxide、Nitride、Metal oxide…等）或金屬（如鋁 Al、鎢 W、鉬 Mo、鉻 Cr…）等材料代替，最後再將間距矽選擇性去除（或直接留下）後繼續往下的製程。另外，該步驟六亦可先利用準分子雷射退火（ELA）、固相結晶（SPC）或金屬致側向再結晶（MILC）等方法先對主動層再結晶後，再製作間距矽於薄膜電晶體或矽絕緣層上的金屬氧化物半導體場效電晶體之主動層邊緣。

該間距矽 7 被製作在主動層非晶矽薄膜層 3 的邊緣後，可用高能量連續波長雷射對狗骨頭形狀（dog-bone shape）的主動層進行再結晶，或以準分子（Excimer）雷射進行再結晶 9，其間可使主動層產生一溫度梯度，而使矽晶粒變大（如第 3 圖所示）；

由該第 4 圖觀之，其係顯示了閘極 10（Gate）與源極 11（Source）、汲極 12（Drain）之相對位置，可看到如此之製程，在雷射再結晶之前該間距矽 7 會環繞整個主動層（非晶矽薄膜層 3）邊緣，若後續的非等向性電漿蝕刻 8 沒有完全去除間距矽 7，則殘餘の間距矽 7 並不會對電晶體的電特性產生影響，因為間距矽 7

的結晶特性很差，電壓很難使間距矽 $\gamma$ 導通進而對電流產生貢獻。

第5圖是利用準分子雷射再結晶所得的多晶矽晶粒 (Poly-Si Grains) 於通道內的分佈狀況，此可證明本發明可得較大的矽晶粒於電晶體的通道內，其中原因是因為在雷射照射後較薄的通道區域全部熔融，但較厚的間距矽 $\gamma$ 則部分熔融，全部熔融的區域會以間距矽 $\gamma$ 為晶種 (seed) 而觸發往內再結晶，此外，由第5圖亦可看到該主動層邊緣沒有微縮 (Shrinkage) 變形的現象，所以這方法可以有效的抑制矽薄膜全部熔融後表面張力所導致的微縮效應 (Shrinkage Effect)；而該第6圖為此方法在使用連續波長雷射再結晶時主動層圖形方位與雷射掃瞄方向之最佳狀況，另，第7圖其係為傳統解決自我發熱效應的方式，本發明可進一步利用此方式搭配本發明於製作較大通道寬度  $W$  電晶體時採用小通道寬度  $W_i$  並聯的方式以符合各種電流需求，如此仍可保持較大矽晶粒於通道內，且可順便改善元件自我發熱效應。

由以上詳細說明，可使熟知本項技藝者明瞭本發明的確可達成前述目的，實已符合專利法之規定，爰提出專利申請。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍；故，凡依本發明申請專利範圍及創作說明書內容所作之簡單的等效變化與修

飾，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

## 【圖式簡單說明】

第 1、2、3 圖，係本發明之成形之垂直電流方向剖面示意圖。

第 4 圖，係本發明之重要描述在電晶體上的相對位置俯視圖。

第 5 圖，係本發明之 SEM (Scanning Electron Microscope) 圖。

第 6 圖，係本發明在使用連續波長 (continuous wave, CW) 雷射再結晶時主動層圖形方位與雷射掃描方向之示意圖。

第 7 圖，習用解決較大通道寬度電晶體自我發熱效應 (Self-heating Effect) 方式之示意圖。

## 【圖號說明】

基板 1	緩衝氧化層 2
非晶矽薄膜層 3、3 a	低溫氧化層 4
光阻層 5	間距矽 7
非等向性電漿蝕刻 8	
非晶矽主動層的連續波長或準分子雷射再結晶 9	
閘極 1 0	源極 1 1
汲極 1 2	

拾、申請專利範圍：

1. 一種低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，包含下列步驟：

步驟一： 提供一基板；

步驟二： 該基板上係形成一緩衝氧化層（Buffer Oxide）；

步驟三： 在該緩衝氧化層上沈積一非晶矽薄膜層（amorphous silicon）；

步驟四： 再於該非晶矽薄膜層上沈積一低溫氧化層（Low-temperature Oxide），而該低溫氧化層係為了作為後續製程時，矽薄膜非等向性電漿蝕刻的停止層、雷射退火時防止熱量散逸的保溫層和作為再結晶後去除間距矽（silicon-spacer）的硬式光罩（Hard Mask）；

步驟五： 之後利用一光阻層（Photoresist）作為硬式光罩，利用非等向性電漿蝕刻（Anisotropic Plasma Etching）將低溫氧化層蝕刻後再部分蝕刻下方的非晶矽薄膜層；

步驟六： 去除光阻層後，再沈積上另一非晶矽薄膜層時，原本之非晶矽薄膜層會與該非晶矽薄膜層相接，再以非等向性電漿蝕刻形成間距矽，再執行非晶矽主動層的連續波長雷射或準分子雷射再結晶，再利用非等向性電漿蝕刻去除間距矽與主動層上方的低溫氧化層。

2. 依申請專利範圍第 1 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶

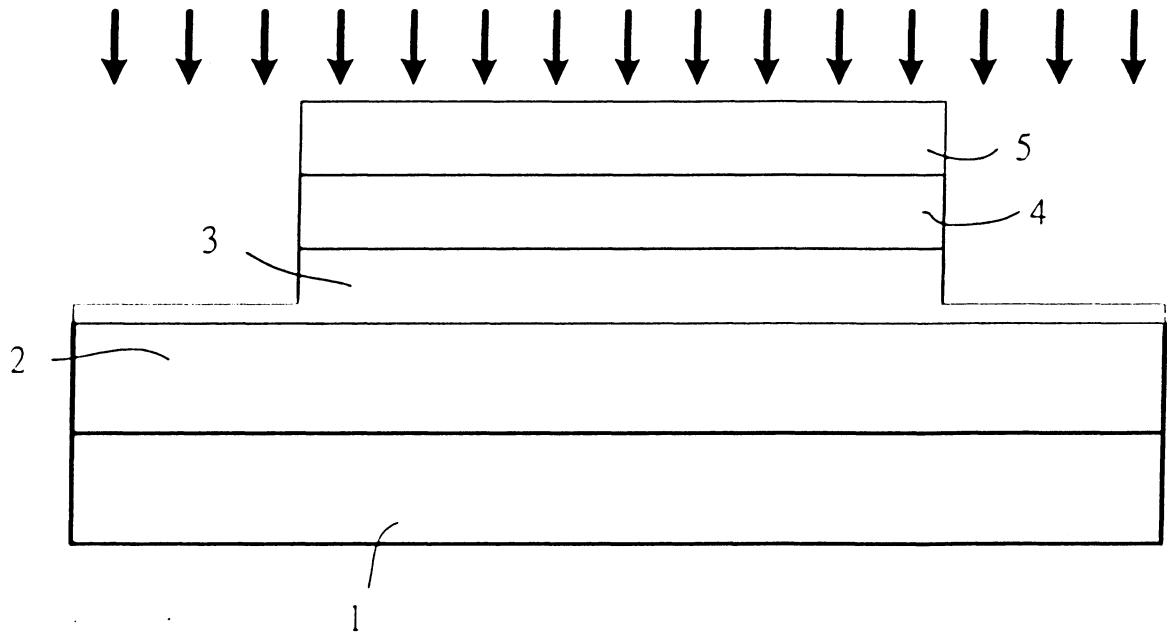
體主動層之雷射再結晶方法，其中，該間距矽包括複晶矽薄膜（polycrystalline silicon film）與非晶矽薄膜（amorphous silicon film）所形成的間距（spacer）。

3. 依申請專利範圍第 1 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中，該步驟六中製作間距矽方式可進一步用於薄膜電晶體（TFT）和矽絕緣層上的金屬氧化物半導體場效電晶體（SOI-MOSFET）之主動層邊緣。
4. 依申請專利範圍第 1 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中，該步驟六中製作間距矽薄膜電晶體之主動層邊緣後再進行雷射再結晶，此間距矽用以製造一溫度梯度導致矽薄膜側向再結晶。
5. 依申請專利範圍第 1 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中，該步驟六中覆蓋於薄膜電晶體之主動層側壁の間距矽材料係可以選自介電質材料或金屬材料。
6. 依申請專利範圍第 5 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中該介電質可選自氧化物（Oxide）或氮化物（Nitride）或金屬氧化物（Metal oxide）。
7. 依申請專利範圍第 5 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中，該金屬係可選自鋁（Al）或鎢（W）或鉬（Mo）或鉻（Cr）。

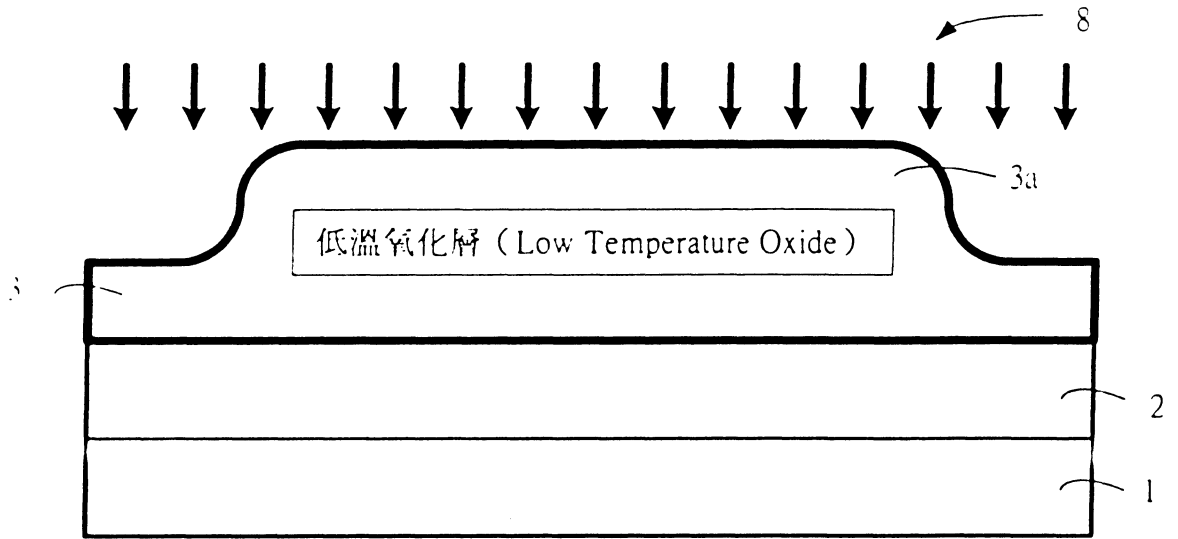
8. 依申請專利範圍第 1 項所述之低溫多晶矽薄膜電晶體主動層之雷射再結晶方法，其中，該步驟六亦可先利用準分子雷射退火（ELA）、固相結晶（SPC）或金屬致側向再結晶（MILC）等方法先對主動層再結晶後，再製作間距矽於薄膜電晶體或矽絕緣層上的金屬氧化物半導體場效電晶體之主動層邊緣。



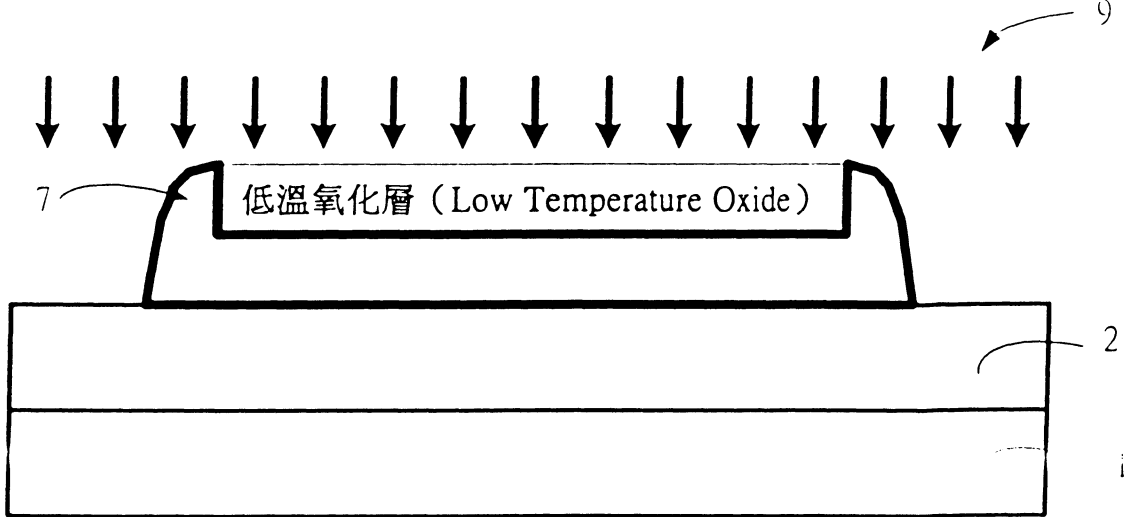
拾壹、圖式：



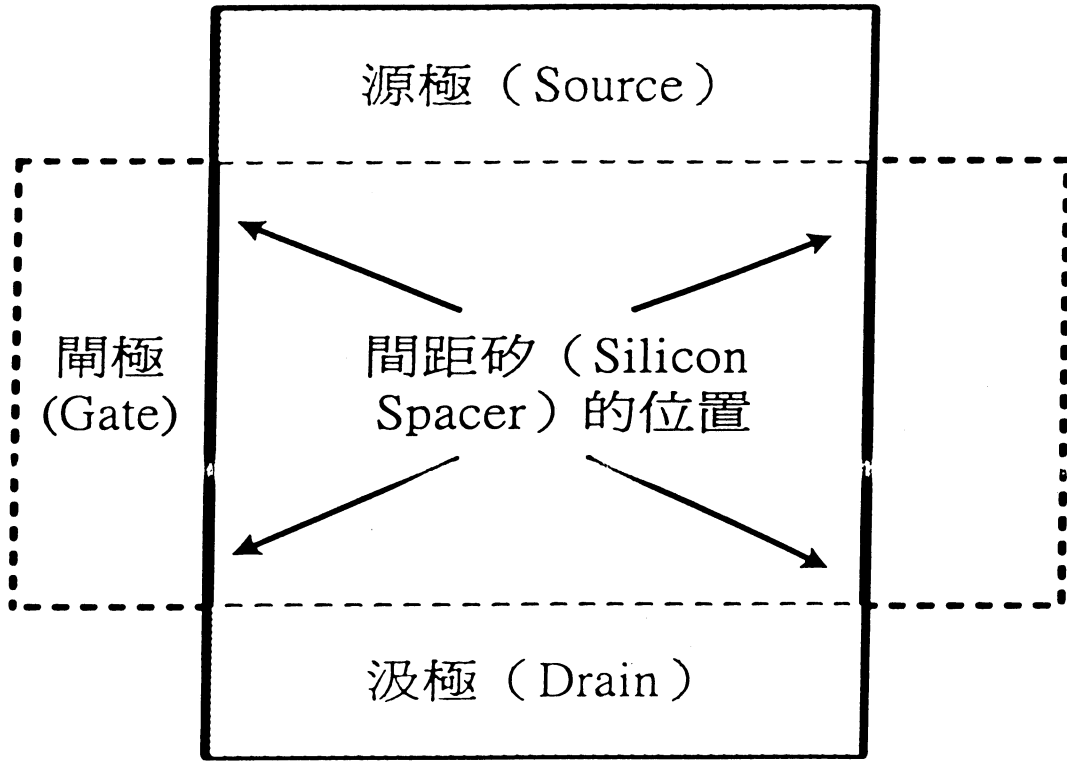
第1圖



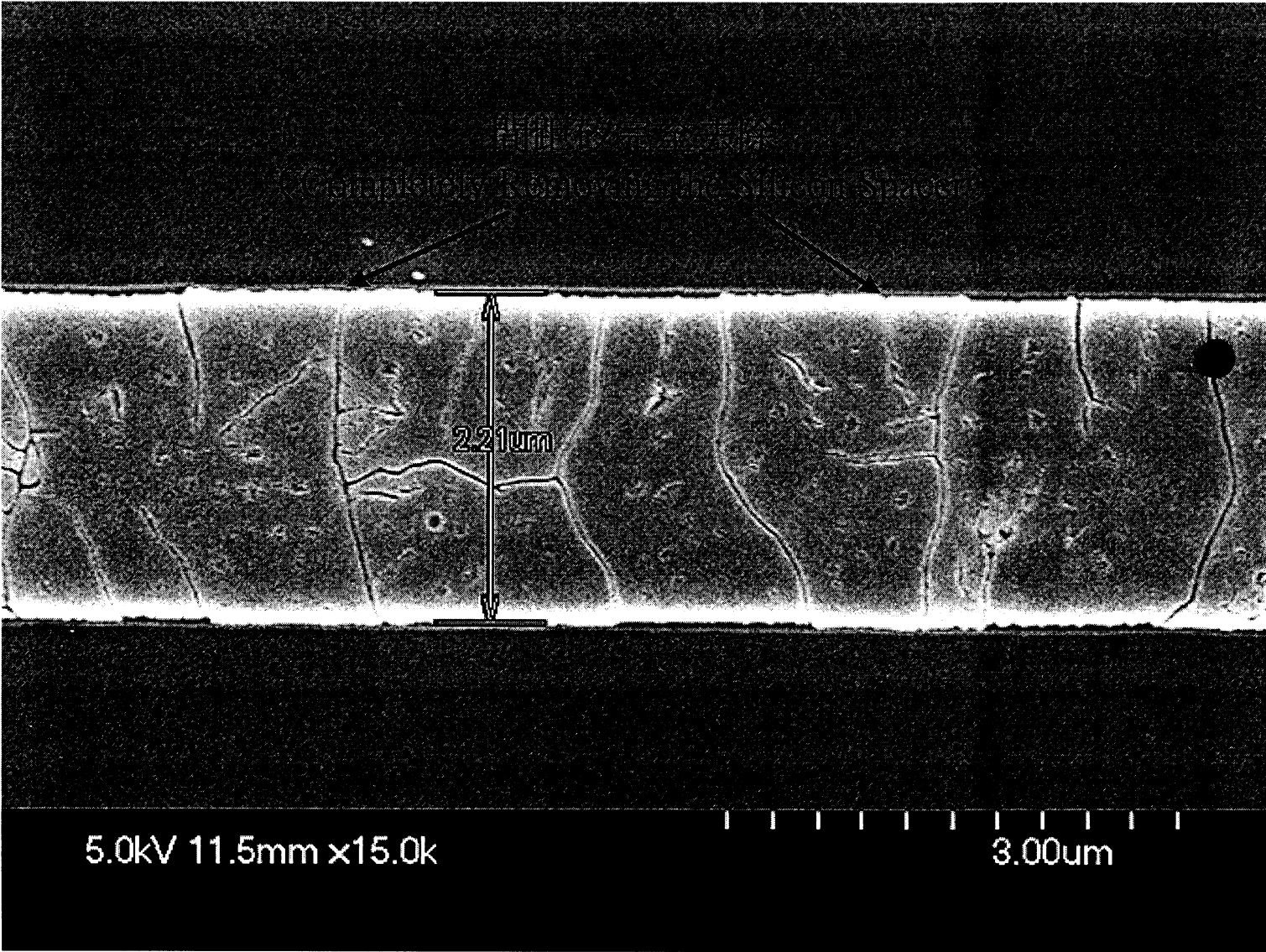
第 2 圖



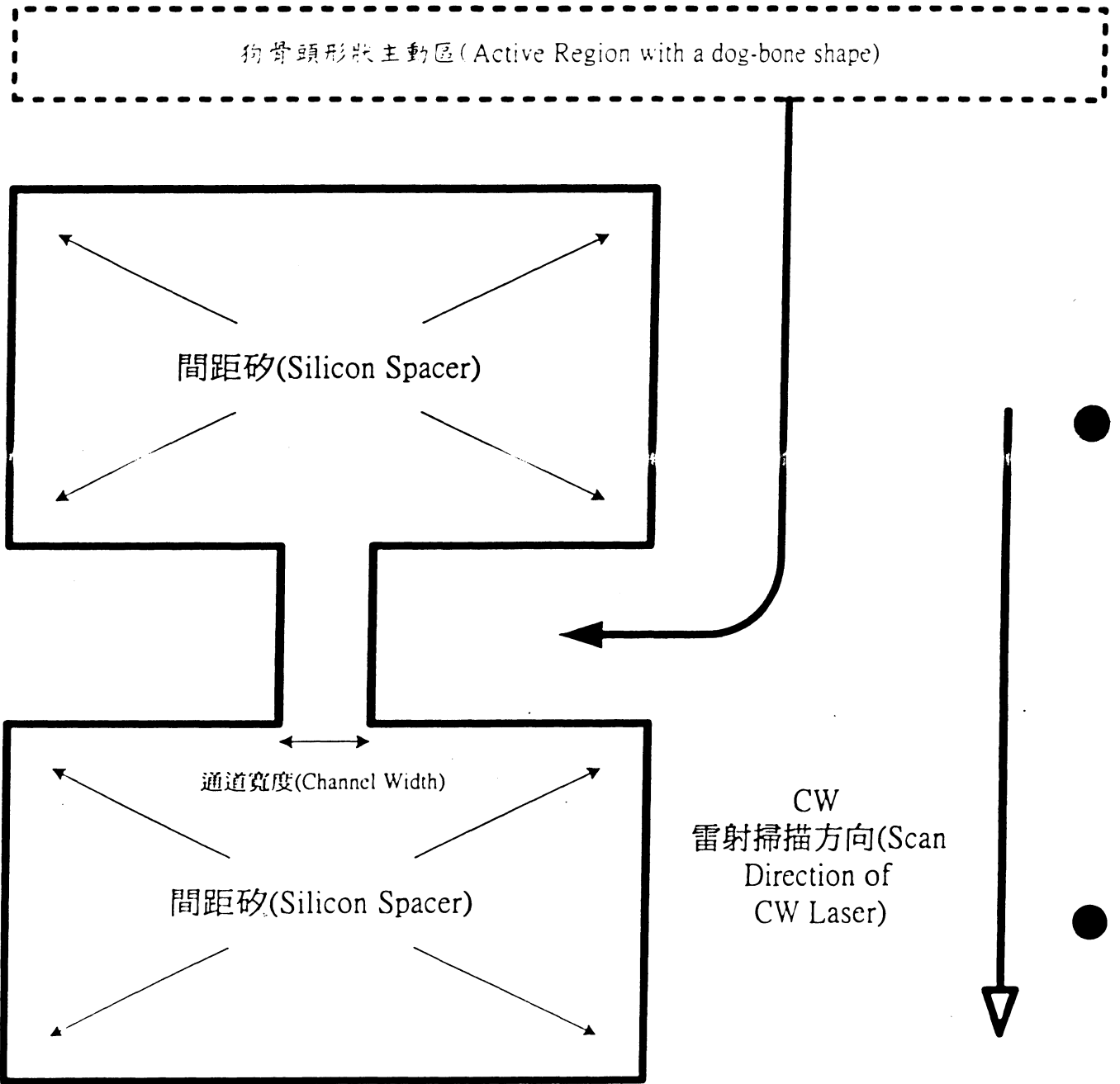
第 3 圖



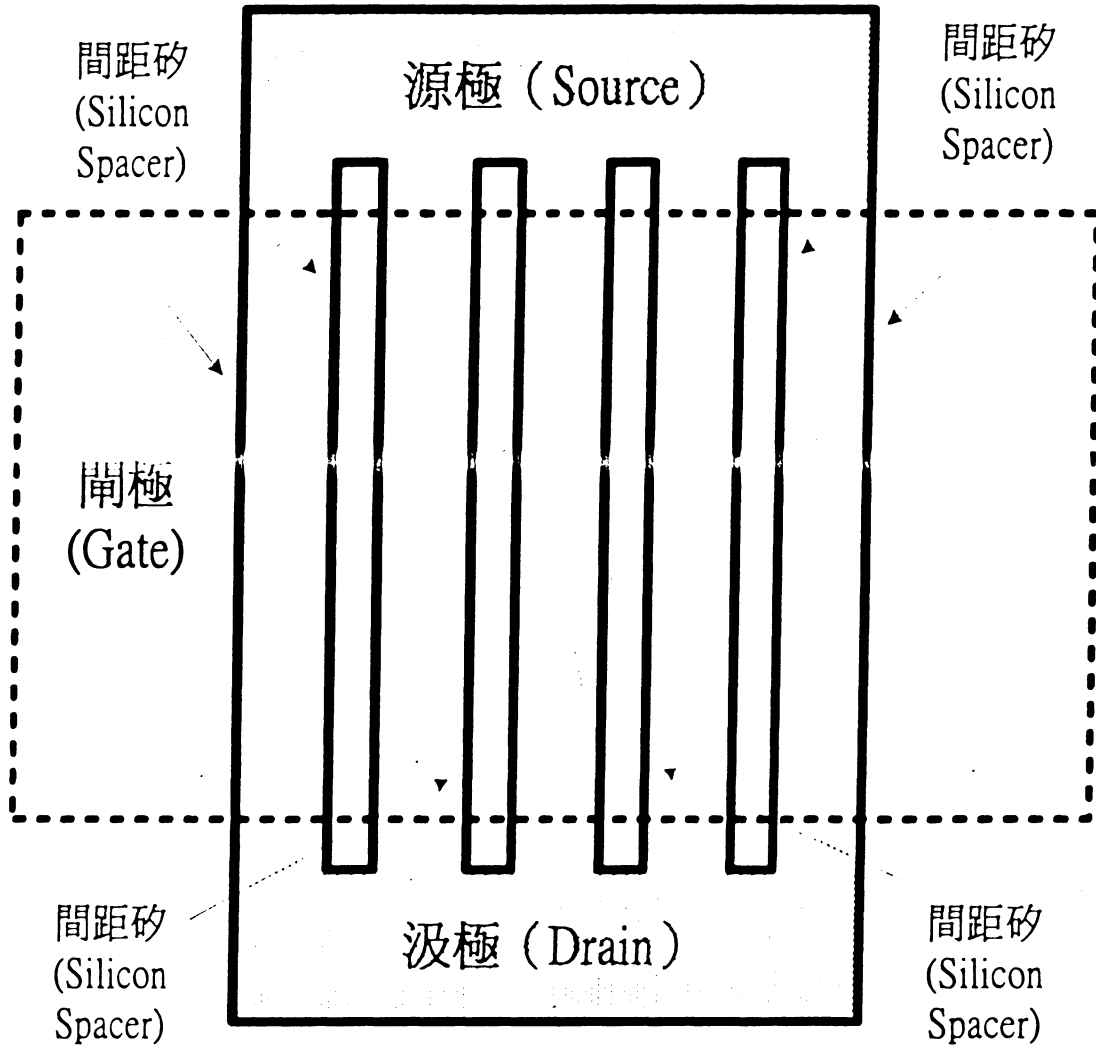
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖