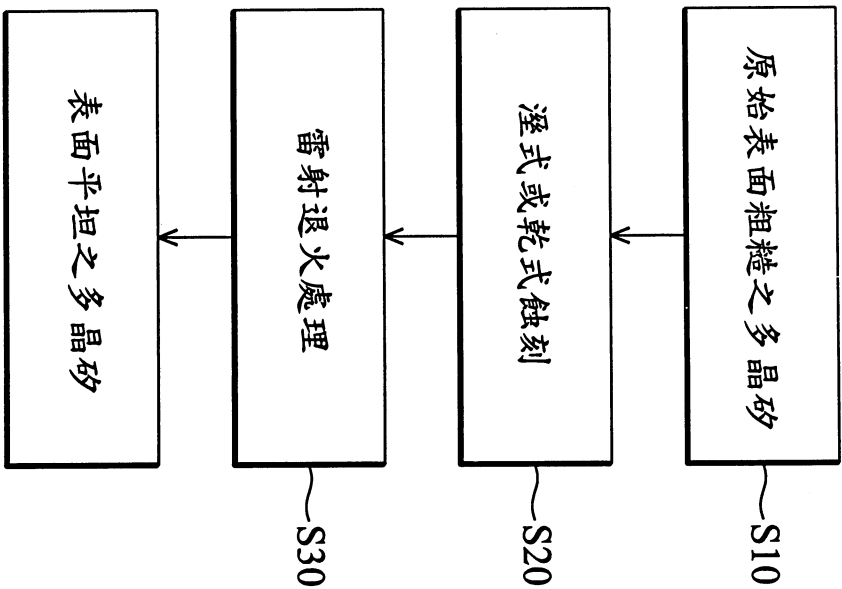
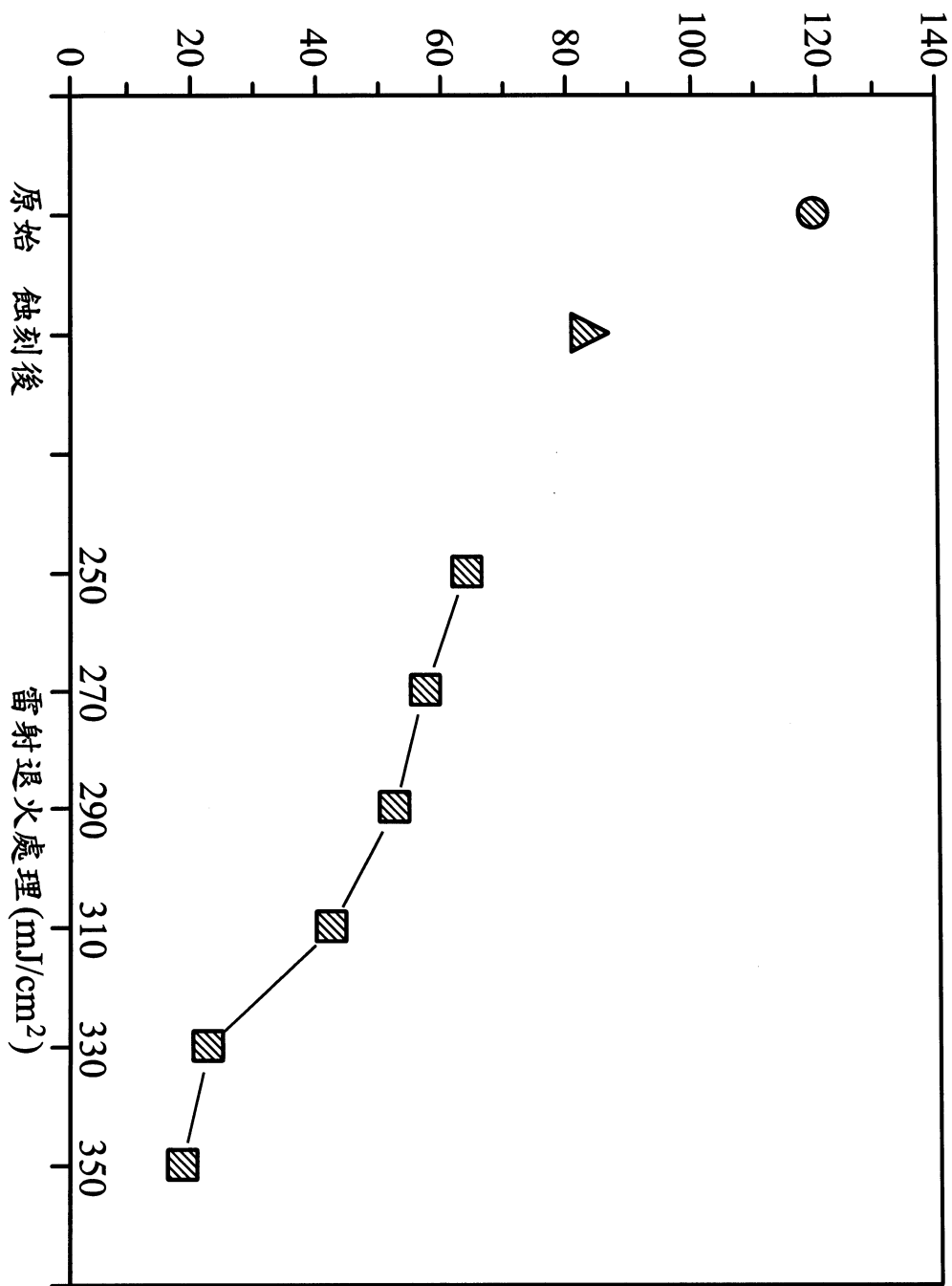




第 2 圖



第 3 圖

公告本

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：91121425

※ 申請日期：91.9.19

※IPC 分類：H01L 21/304

一、發明名稱：(中文/英文)

多晶矽平坦化之方法

Methods for planarizing polysilicon

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

財團法人工業技術研究院/

INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

代表人：(中文/英文) 林信義/ LIN, HSIN-I

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

No. 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu

Taiwan, R. O. C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國 TW

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 陳昱丞/ Yu-Cheng Chen

2. 林家興/ Jia-Xing Lin

3. 陳麒麟/ Chi-Lin Chen

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國 TW

2. 中華民國 TW

3. 中華民國 TW

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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種多晶矽平坦化之方法，特別有關於使用蝕刻及雷射退火的方式來改善多晶矽表面粗糙度，以形成高品質的多晶矽薄膜電晶體(Poly-Silicon thin film transistor)。此方式可應用於多晶矽薄膜電晶體製程，例如，低溫多晶矽薄膜電晶體(Low Temperature Poly-Silicon Thin Film Transistor; LTPS-TFT)。

【先前技術】

多晶矽薄膜電晶體已廣泛應用於各種領域，例如主動式陣列液晶顯示器(Active Matrix Liquid Crystal Displays; AM-LCD)、主動有機發光顯示器(Active Matrix Organic Light-Emitting Displays; AM-OLED)、靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory; SRAM)、投影機(Projector)以及接觸式影像感測器(Contact type image sensor)等。

多晶矽薄膜面對的問題是表面太過粗糙，且隨著多晶矽晶粒尺寸增大，情況更為嚴重，這對於元件的電性極為不利，其影響例如崩潰電場、漏電流、次臨界擺盪(subthreshold swing)、臨界電壓(threshold voltage)以及電子電洞的遷移率(mobility)等。

多晶矽的粗糙的表面，將直接影響產業量產良率。於半導體製程中，當形成閘極氧化層(gate oxide)於多晶矽上，如第 1 圖所示，由於多晶矽層 10 厚度不均勻，將使得

上層閘極氧化層 12 厚度亦不均勻，而且在多晶矽層 10 中的隆起(ridge)會形成局部(local)較大的電場，導致閘極氧化層 12 容易崩潰，增加漏電流，影響元件的可靠度。尤其對於形成薄閘極氧化層，此問題更顯嚴重。

此外，在半導體製程中的微影製程，多晶矽表面粗糙度會產生雜亂散射，導致尺寸定義的誤差，使得製程中圖形的定義變得困難。

針對多晶矽的粗糙表面，化學機械研磨（Chemical Mechanical Polishing; CMP）可能為解決的方法，例如 C.Y. Chang 等人發表於 IEEE（International Electrical and Electronic Engineering）Electron Device Letters，vol.17，No.3，March 1996 的”Fabrication of Thin Film Transistors by Chemical Mechanical Polished Polycrystalline Silicon Films”研究報告指出，藉由化學機械研磨（CMP），多晶矽的表面粗糙度方均根值(RMS)值從 $90\text{\AA}$ 減為 $37\text{\AA}$ ，進而改善如電子電洞遷移率、臨界電壓、次臨界擺盪等元件性能。另外，Alain C.K.Chan 等人於 IEEE Electron Devices Meeting 1999 Proceedings，June 1999，提出之”Improved Thin Film Transistor (TFT) Characteristics on Chemical-Mechanically Polished Polycrystalline Silicon Film”研究報告中亦指出以化學機械研磨改善多晶矽表面粗糙度具有提升 TFT 元件性能的效果。

依照多晶矽薄膜電晶體技術的發展趨勢，也就是使用大面積的基板來製作量多、尺寸更細微的元件，例如製造

低溫多晶矽之薄膜電晶體，其多晶矽基板面積大甚至達到 1 公尺乘 1 公尺以上的範圍，因此必須考慮到在大面積的基板上使用的可行性。然而，目前化學機械研磨方式並無應用於大面積基板的機台，必須研發新型機台因應使用，因此基於量產考量上，此方法並不適用。此外，上述表面粗糙度在改善後的表面粗糙度方均根值(Root Mean Square; RMS)仍在 $30\sim 40\text{\AA}$ 的範圍，在元件尺寸越細微的發產趨勢下，勢必需要使多晶矽表面更為平坦的改良方法，因此必須開發一種適用於大面積且能更進一步降低多晶矽表面粗糙度的方法。

【發明內容】

本發明之目的為提供能應用於大面積多晶矽之多晶矽平坦化之方法。該方法主要係對已結晶的多晶矽用蝕刻方式改變表面形態，包括去除自生氧化層、去除多晶矽鍵結較弱的部份，以及移除多晶矽表面不純雜質，以初步降低多晶矽表面粗糙度。之後，再進行雷射退火處理對多晶矽做部分融化，使多晶矽表面重構以形成平坦的多晶矽表面。經由調整蝕刻程度及雷射退火處理的條件，可以得到表面極為平坦的多晶矽。

為達上述目的，本發明之多晶矽平坦化之方法，其步驟包括：(a)提供一表面形成有多晶矽層的基板；(b)將該多晶矽層用蝕刻方式改變表面形態，以初步降低表面粗糙度；以及(c)進行雷射退火處理對多晶矽做部分融化，使多晶矽表面重構以形成表面平坦的多晶矽層。

上述表面形成有多晶矽層之基板係指例如玻璃、石英玻璃、矽晶圓、塑膠或絕緣層上有矽(Silicon on Insulator; SOI)等。也就是說，本發明之多晶矽平坦化之方法適用於任何表面形成有多晶矽層的基板，並不限於特定材質的基板。

在上述降低多晶矽表面粗糙度的方法中，蝕刻可藉由溼蝕刻或乾蝕刻進行，濕蝕刻所選用之蝕刻液可舉例如稀釋緩衝氧化物蝕刻液(Buffer Oxide Etchant; BOE)、稀釋氫氟酸(Dilute Hydrofluoric acid; DHF)等；乾蝕刻所使用的方式，只要能滿足上述的功能即可。上述雷射退火處理之步驟，由於使用不同機台即有不同的控制條件，因此在製程參數的控制上可針對個別應用以及所使用的機台做調整，只要能夠達到該步驟之主要目的，也就是將多晶矽部分融化，使其晶格重構而形成平坦化表面即可。

根據本發明之多晶矽平坦化之方法，係藉由蝕刻改變多晶矽表面形態後，再以雷射退火得到表面極為平坦的多晶矽薄膜，其優點包括可大幅降低多晶矽表面粗糙度及可適用大面積多晶矽的應用領域。

為了讓本發明之上述目的、特徵和優點更明顯易懂，下文特舉出較佳實施例，並配合所附圖示，作詳細說明如下：

【實施方式】

請參照第 2 圖，其顯示根據本發明之多晶矽平坦化之方法的流程圖。

首先，步驟 S10 提供一表面形成有多晶矽的基板，該

多晶矽可為以任何形式形成者，並不限於以特定方式形成，例如雷射結晶或直接以化學氣相沈積等。然後進行步驟 S20 蝕刻，在本實施例係選用稀釋緩衝氧化物蝕刻液對該多晶矽表面進行蝕刻而改變其表面形態，此時位於該多晶矽表面的自生氧化層、晶格鍵結較弱的部分及表面不純雜質將被移除。上述緩衝氧化物蝕刻液 (BOE) 的詳細組成為 HF、 NH_4F 及 H_2O ，且該稀釋緩衝氧化蝕刻液與水的比例範圍較佳為 1:300~1:0。但其他蝕刻液例如稀釋氫氟酸(DHF)亦適用，該稀釋氫氟酸中氫氟酸與水的比例範圍較佳為 1:600~1:1。若以上述蝕刻溶液進行濕蝕刻，蝕刻時間較佳為 600 秒以下。此外，亦可使用乾蝕刻(dry etching)方式，例如含 CF_4 氣體的電漿蝕刻。

接著，進行步驟 S30 之雷射退火處理，在本實施例係選用高能脈衝準分子雷射(excimer laser)，以掃描方式進行，脈衝位移重複率較佳為 98%，使用氣氛較佳為一大氣壓(atm)的氮氣，脈衝雷射頻率範圍較佳為 1Hz 至 400Hz，更佳係使用 200Hz；波長範圍較佳為 157nm 至 351nm，更佳為 308nm；能量密度較佳是使用雷射能量範圍低於多晶矽發生全融的臨界能量，也就是 $250\sim350\text{mJ}/\text{cm}^2$ ；脈衝雷射持續時間範圍較佳為 10ns 至 1ms，更佳為 55ns；基板溫度範圍較佳為室溫至 600°C 。

上述雷射退火處理步驟之主要目的為使多晶矽表面部分融化使其晶格重構，因而將多晶矽表面平坦化而得低表面粗糙度的多晶矽。此步驟之控制條件，例如溫度、壓

力、雷射能量等由於使用不同機台即有不同的控制條件，因此在製程參數的控制上可針對個別應用以及所使用的機台做調整。

為了突顯本發明提供之多晶矽平坦化之方法的優異效果，請參照第 4A、4B、5A、5B 圖。第 4A 圖係顯示習知未進行平坦化的原始多晶矽的穿透式電子顯微鏡 (Transmissive Electron Microscope; TEM) 剖面圖。第 4B 圖係顯示根據本發明之實施例所得之多晶矽的 TEM 剖面圖。第 5A 圖係顯示習知未進行平坦化的原始多晶矽的原子力顯微鏡 (Atomic Force Microscope; AFM) 立體圖。第 5B 圖係顯示根據本發明之實施例所得之多晶矽的 AFM 立體圖。

如第 4A 圖所示，原始多晶矽的表面有高低起伏，而第 4B 圖則顯示根據本發明實施例所得之多晶矽表面，由圖中可看出多晶矽表面相當平坦，且與閘極氧化層的界面亦沒有隆起 (ridge) 的產生。

同樣地，由第 5A、5B 之 AFM 立體圖所示，多晶矽表面的粗糙度方均根值 (RMS) 大幅減少，由 $120\text{\AA}$ 減為 $18\text{\AA}$ ，僅為原始多晶矽的 15%。與習知技術使用 CMP 方法相比，本發明所得之粗糙度 $18\text{\AA}$ 僅為傳統使用 CMP 技術的 50%，具有極佳的平坦化效果。

由上述結果以及第 3 圖之圖示可得知，根據本發明之多晶矽平坦化之方法，原始多晶矽 (●) 經過蝕刻 (▲) 以及雷射退火 (■) 步驟後，多晶矽表面粗糙度可減少 30

～95%，且多晶矽表面粗糙度方均根值(RMS)，可減少至20 Å以下，與習知技術相比，可得到表面更為平滑的多晶矽。此外，本發明之方法可應用於處理大面積多晶矽之製程，對於未來低溫多晶矽電晶體之發展有相當大的幫助。

雖然本發明已以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，當可作些許之更動與潤飾，因此任何符合本專利發明精神的更動與潤飾均屬於後附所界定之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示習知多晶矽以及閘氧化層之穿透式電子顯微鏡(TEM)剖面圖。

第 2 圖係顯示根據本發明之多晶矽平坦化之方法的流程圖。

第 3 圖係顯示根據本發明之實施例所得之多晶矽平坦化的粗糙度方均根值(RMS)改善結果。

第 4A 圖係顯示習知未進行平坦化的原始多晶矽的穿透式電子顯微鏡(TEM)剖面圖。

第 4B 圖係顯示根據本發明之實施例所得之多晶矽的穿透式電子顯微鏡(TEM)剖面圖。

第 5A 圖係顯示習知未進行平坦化的原子力顯微鏡(AFM)立體圖。

第 5B 圖係顯示根據本發明之實施例所得之多晶矽的原子力顯微鏡(AFM)立體圖。

【主要元件符號說明】

10～多晶矽層；

12～閘極氧化層；

S10～原始表面粗糙之多晶矽；

S20～濕式或乾式蝕刻；

S30～雷射退火處理。

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種多晶矽平坦化之方法，可降低多晶矽表面粗糙度，且能應用於處理大面積之多晶矽。該方法主要係對已結晶的多晶矽用蝕刻方式改變表面形態，包括去除自生氧化層、去除多晶矽鍵結較弱的部份，以及移除多晶矽表面不純雜質，以初步降低多晶矽表面粗糙度。之後，進行雷射退火處理對多晶矽做部分融化，使多晶矽表面重構以形成平坦的多晶矽表面。經由調整蝕刻程度及雷射退火處理的條件，可以得到表面極為平坦的多晶矽。

六、英文發明摘要：

The present invention relates to a method for planarizing polysilicon, and the method can be applied to large area polysilicon. The method comprises providing a substrate with polysilicon on the surface, etching the surface of the polysilicon to initially reduce surface roughness, and annealing the polysilicon by laser to partially melt the polysilicon. During the etching process, native oxide, weak bonded silicon and impurities in the polysilicon surface are removed. During laser annealing, polysilicon partially melt and the polysilicon re-structure to form a smooth surface. By adjusting etching and laser annealing conditions, an extremely smooth surface of polysilicon can be obtained.

十、申請專利範圍：

1.一種多晶矽平坦化之方法，其步驟包括：

a.提供一表面形成有多晶矽層的基板；

b.將該多晶矽層用蝕刻方式改變表面形態，以初步降低表面粗糙度；以及

c.進行雷射退火處理對多晶矽做部分融化，使多晶矽表面重構以形成表面更為平坦化的多晶矽層；

其中步驟(b)之蝕刻可藉由乾蝕刻或濕蝕刻進行；

其中濕蝕刻係使用稀釋緩衝氧化物蝕刻液或稀釋氫氟酸蝕刻液；

其中該乾蝕刻係使用含 CF_4 氣體的電漿蝕刻；以及

其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射持續時間範圍為 10ns 至 1ms。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中步驟(b)之蝕刻包括去除該多晶矽層的自生氧化層、多晶矽鍵結較弱的部份以及位於多晶矽表面的不純雜質。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該稀釋緩衝氧化物蝕刻液與水的比例範圍為 1:300~1:0。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該稀釋氫氟酸蝕刻液，氫氟酸與水的比例範圍 1:600~1:1。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方

法，其中該濕蝕刻之蝕刻時間為 600 秒以下。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射波長範圍為 157nm 至 351nm。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射波長為 308nm。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射持續時間為 55ns。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，基板溫度範圍為室溫至 600°C。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射頻率範圍為 1Hz 至 400Hz。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，脈衝雷射頻率為 200Hz。

12.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，使用之雷射能量範圍為低於多晶矽發生全融的臨界能量。

13.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該步驟(c)之雷射退火處理，使用之雷射能量範圍

為 $250\sim 350\text{ mJ/cm}^2$ 。

14.如申請專利範圍第 1 項所述之多晶矽平坦化之方法，其中該表面形成有多晶矽層之基板為玻璃、石英玻璃、矽晶圓、塑膠或絕緣層上有矽(SOI)。

七、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：

S10 原始表面粗糙之多晶矽

S20 濕式或乾式蝕刻

S30 雷射退火處理

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。