

公告本

申請日期	88 年 7 月 22 日
案號	88112470
類	Int. Cl. 6 H01L 21/461. 27. 02

A4
C4

444304

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 新型名稱	中 文	半導體基底構件及其製造方法
	英 文	Semiconductor base members and method for producing the same
二、發明 創作人	姓 名	(1) 佐藤信彦 (2) 松村聰
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本
	住、居所	(1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 佳能股份有限公司內 (2) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三十番二號 佳能股份有限公司內
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 佳能股份有限公司 キャノン株式会社
	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號
	代 表 人 姓 名	(1) 御手洗富士夫

裝 訂 線

444304

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C分類：

A6

B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： 有 無主張優先權

日本 1998年 7月 23日 10-207933 有主張優先權

有關微生物已寄存於： 寄存日期： 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明（1）

發明背景

發明領域

本發明係關於產生具有形成於多孔層上的非多孔層之半導體基底之方法及使用此半導體基底構件以產生諸如 S O I 晶圓之半導體構件之方法。

相關技藝

爲了製造發光元件或 S O I 晶圓，需要製備具有多孔層及形成於其上的非多孔層之半導體基底構件。

將參考圖 9 A 至 9 F，說明半導體基底構件的製備實施例。

如圖 9 A 所示，製備諸如具有拋光表面之 C Z 矽晶圓等矽基底材料 1 及以陽極處理或類似處理至少將其表面製成多孔的。

在多孔層 2 中的毛孔之內壁表面被氧化之後，以稀釋的氫氟酸清潔矽基底材料以從多孔層 2 的表面移除氧化物。

如圖 9 B 所示，多孔層 2 會接受含氫氛圍下的熱處理，接著導入含矽氣體以磊晶生長非多孔層 3。

如圖 9 C 所示，將非多孔層 3 的表面氧化以形成絕緣膜 4。

如圖 9 D 所示，第一構件會接合至分別製備的第二構件 5 以形成在內部具有非多孔層 3 的多層結構，第一構件包括矽基底材料 1，矽基底材料 1 具有多孔層 2、非多孔

五、發明說明（2）

層 3、及絕緣層 4。

如圖 9 E 所示，移除矽基底材料 1。移除矽基底材料 1 之方法包含從背面研磨、拋光、或蝕刻而消除矽基底材料 1 本身之方法與藉由斷裂多孔層 2 的內部及／或其界面以分離及移除矽基底材料 1 之方法。

如圖 9 F 所示，移除餘留在第二構件 5 的表面上之多孔層 2 以取得 S O I 晶圓，此 S O I 晶圓具有經由絕緣層 4 形成於第二構件 5 上的非多孔層 3。

上述方法揭示於日本專利申請公開號 5 - 2 1 3 3 8（日本專利號 2 6 0 8 3 5 1）、美國專利號 5, 3 7 1, 0 3 7、美國專利號 5, 8 5 6, 2 2 9、日本專利申請公開號 9 - 1 0 2 5 9 4、及 Appl. Phys. Lett. 64, 1994, p. 2108 等。

但是，需要進一步改進形成於多孔層上的非多孔層之品質，特別是，表面平滑度及晶體缺陷。

舉例而言，在用於產生 S O I 晶圓之上述方法中，當要接合的表面不平滑時，在接合時容易產生空乏，亦即超音波或紅外透射光所觀察到的非接合區。

此外，在產生諸如使用非多孔層的 M O S 電晶體之裝置時，金屬雜質傳統上會分離成晶體缺陷位置。當金屬雜質分離成晶體缺陷位置時，裝置特徵容易變差。

發明概述

本發明的目的係提供方法，以產生半導體基底構件，

五、發明說明（3）

其能改進形成於多孔層上的薄非多孔膜之表面品質以減少晶體缺陷密度。

本發明的另一目的係提供方法，以產生半導體基底構件，其能夠使多孔層的毛孔大小分佈均勻以有效率地密封多孔層的表面中的毛孔且同時改進表面平滑度及能降低形成於多孔層上的非多孔膜中的晶體缺陷密度。

本發明特徵在於包括原子步階及原子平台之表面會形成於矽基底材料上，然後被製成多孔，接著形成非多孔膜。

圖式簡述

圖 1 A、1 B、1 C 及 1 D 係透視圖，顯示根據本發明的一實施例之產生半導體基底構件之方法；

圖 2 係放大透視圖，顯示根據本發明之矽基底材料的表面之步階—平台結構；

圖 3 A 及 3 B 係晶圓表面的原子力顯微鏡（AFM）之照片；

圖 4 A、4 B、4 C、4 D、4 E、4 F、4 G、4 H 及 4 I 係透視圖，顯示根據本發明的另一實施例之產生半導體基底構件之方法；

圖 5 A、5 B、5 C、5 D、5 E 及 5 F 係剖面視圖，顯示根據本發明之產生半導體基底之方法；

圖 6 A、6 B、6 C、6 D、6 E、6 F、6 G 及 6 H 係透視圖，顯示根據本發明之產生半導體基底構件的

五、發明說明(4)

方法：

圖 7 A、7 B、7 C、7 D、7 E、7 F、7 G 及 7 H 係剖面視圖，顯示根據本發明之生產半導體基底構件的方法：

圖 8 係剖面視圖，顯示具有矽晶圓安裝於其中之垂直熱處理爐；及

圖 9 A、9 B、9 C、9 D、9 E 及 9 F 係剖面視圖，顯示用以產生半導體基底構件之傳統方法的一實施例。

主要元件對照表

1	矽基底材料
2	多孔層
3	非多孔層
4	絕緣膜
5	第二構件
1 0	表面
1 1	步階
1 2	平台
2 1	多孔層
2 2	多孔層
1 2 0	石英爐管
1 2 1	S i C 船
1 2 2	氣體
1 2 3	晶圓

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · · · · · 訂 · · · · · 線

五、發明說明(5)

1 2 4 矽晶圓

較佳實施例詳述

圖 1 A 至 1 D 係視圖，顯示根據本發明的一實施例之產生半導體基底構件的方法。

如圖 1 A 所示，製備矽基底材料 1，其具有呈現顆粒形態之表面 1 0。此基底材料通常是商業上可取得的矽晶圓。

如圖 1 B 所示，藉由如下所述之氬退火以處理矽基底材料的表面，以將呈現顆粒形態之表面改變成實際包括原子步階 1 1 及原子平台 1 2 之表面。

藉由陽極處理，以將包括步階 1 1 及平台 1 2 之表面製成多孔的，以如圖 1 C 所示，在至少矽基底材料 1 的上表面上形成多孔層 2。

如圖 1 D 所示，藉由 C V D 或類似方法，以在多孔層 2 的表面上形成非多孔層 3。

相較於將不具步階及平台之表面製成多孔之傳統方法，本發明可以減少多孔層 2 的毛孔大小分佈以增加形成於多孔層上的非多孔層 3 之晶性。亦即，本發明可以減少可能導入非多孔層 3 之堆疊缺陷的晶體缺陷密度、錯位、或雙晶。

藉由氣體吸附法或使用高解析度掃描電子顯微鏡 (H R S E M) 觀察，以評估多孔矽的表面中的毛孔之毛孔大小。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(6)

使用氣體吸附法之量測方法，舉例而言，揭示於 J. Electrochem. Soc., Vol. 134, p. 1994(1987) 中 R. Herino 等的著作。另一方面，在 HRSEM 方法中，所取得的 HRSEM 影像會被處理以計算毛孔大小分佈。在此情形中，必須防止 SEM 影像的亮度及對比於不同照片中有所變化。

如圖 1 A 所示，使用原子力顯微鏡之觀察顯示作為矽基底材料 1 之商業上可取得的矽晶圓之表面呈現顆粒形態。以化學機械拋光 (CMP) 將商業上可取得的矽晶圓作表面處理，藉由將其研磨及充份地清潔而取得表面。

另一方面，如同圖 1 B 中典型地顯示，在氬退火 (AS ANNEAL) 之後立即取得的表面及在矽基底材料的表面上磊晶生長 (AS EPI) 單晶層之後立即取得的表面中均可觀察到條狀形態而非顆粒形態。此條狀係由步階狀表面所形成且這些步階之間的高度差相當於矽晶格距離。此外，步階循環會視面方向與低階面的偏移而增加或減少。假使面方向 (100) 的矽表面被氬退火時，則可觀察到包括 (2 × 1) 重配置表面與 (1 × 2) 重配置表面之步階 - 平台結構，亦即，包括原子步階及平台之面。原子力顯微鏡顯示此步階 - 平台結構之曝露表面的表面粗糙度比商業上可取得的晶圓之表面粗糙度更佳。舉例而言，當商業上可取得的晶圓在其表面的 1 μm × 1 μm 之面積中呈現 0.13 nm 均方粗糙度，則在相同條件下，步階 - 平台結構具有 0.09 nm 的均方粗糙度。用於形成此步階 -

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明（7）

平台結構之方法並不限於上述方法，可使用適當條件下之特別化學品或氣體蝕刻以執行清潔以形成此結構。圖2係顯示步階平台結構之放大視圖。

步階11可以成形成如同直線、圓弧、旋渦或如圖2中所示的曲線。

舉例而言，步階－平台結構揭示於“The effect of H₂ Annealing on the Si surface and its use in the study of roughening during wet chemical cleaning,” Proc of the 7th Int. Symposium on Silicon Materials Science Technology (The Electrochemical Society, 1994), pp. 1170-1182。此顯示藉由磊晶生長前的氫退火，形成步階－平台結構。

但是，在氫退火或磊晶生長之後，藉由清潔而消除很多步階或平台。一般而言，如同在RCA清潔中一般，使用不同的化學物以小心地清潔用以製造LSIs之矽晶圓，藉以移除附著在晶圓表面的粒子，移除有機物或氧化物，或防止金屬污染。

特別的是，以含有氨及過氧化氫之含水溶液執行之清潔（稱為SC-1或APM），對於消除金屬污染是重要的。於蝕刻矽時藉由移除外來物質以執行此清潔。因此，在長期清潔之後或以高度氨濃度溶液執行清潔之後，矽晶圓的表面已輕易地被蝕刻多於20nm。

商業上可取得的CZ晶圓或經氫退火之CZ晶圓均呈現顆粒形態。

五、發明說明(8)

圖 3 A 係呈現此顆粒形態之晶圓表面的照片，係使用原子力顯微鏡 (A F M) 取得的。

另一方面，一完成氫退火之後及磊晶生長之後的 C Z 晶圓呈現條狀形態。

圖 3 B 係呈現諸如條件形態的晶圓表面之照片，其係以原子力顯微鏡 (A F M) 取得。

當呈現圖 3 B 中所示的形態之晶圓接受要被蝕刻多於 20 nm 之清潔處理時，其呈現圖 3 A 中所示的形態。

此外，在 S C - 1 清潔期間，亦即，在晶圓保持浸在氫及過氧化氫的含水溶液中的期間，被蝕刻的矽量隨著真正的清潔時間以線性函數方式增加。雖然此蝕刻量也視諸如溫度及氫 / 過氧化氫的濃度等其它條件而定，但是蝕刻量的減少係被控制在約 20 nm 或更少，更佳地，為 10 nm 或更少，因此，可維持適於製成多孔之包括原子步階及平台之表面。只要使用提供蝕刻效果之清潔液體，此傾向可應用至 S C - 1 清潔之外的其它清潔方法。

如上所述，在本發明中，重要的是，在形成包括原子步階及平台之表面之後，執行形成多孔結構之處理並同時維持步階 - 平台結構而不會因清潔而將其消除。

舉例而言，當使用 80 °C 之含水氫及氫氧化物混合物，執行清潔約 10 分鐘時，被蝕刻的矽量約為 4 nm，且除非此清潔重覆 5 次或更多次，否則仍可防止步階 - 平台結構被消除。

接著，將說明化學清潔處理的實施例，其係形成包括

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(9)

原子步階及平台之表面的方法之一。

製備面方向(1 1 1)的矽晶圓或具有面方向與面方向(1 1 1)傾斜0至4°之表面的矽晶圓(離基底)。以1 m o l /公升的氫氧化鉀溶液處理晶圓約30秒或更長(Extended abstracts for the Applied Physics Society, spring, 1995, vol. 2, p.762, 29a-PA-11)。或者,如同G. S. Higashi et al., Appl. Phys. Lett. 58, (1991) p.1656所述般,以氟化銨處理晶圓。這些處理使得包括原子步階及平台之表面能夠曝露。

另一方法包括氧化面方向(1 0 0)的矽晶圓之表面及接著以氟化氫(HF)及氯化氫(HCl)的含水溶液移除所形成的氧化物膜(Extended abstracts for the Applied Physics Society, autumn, 1995, vol. 2, p.602, 19p-ZB-8)。又另一方向包括以HF及過氧化氫的含水溶液執行處理。

這些方法中的每一方法中,應該在包括步階及平台的表面形成之後,藉由控制清潔條件以小心地防止步階及平台被消除。

當包括步階及平台的表面係要藉由熱處理形成時,接近基底的表面之氧會擴散至外部而減少氧濃度。某熱處理可以消除出現在接近C Z矽晶圓基底的表面之氧沈積。藉由用於陽極處理之HF蝕刻,移除氧沈積,因此可加大多孔矽中的毛孔。熱處理可以防止此種毛孔擴大。特別是,在氫氛圍或含有諸如氫之惰性氣體氛圍中的熱處理,可以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明（10）

減少氧濃度及氧沈積的密度且較佳地用於本發明。在氫中的熱處理典型上係以100%的氫氣於1200℃下執行1小時。即使在約1100℃下，仍可取得類似效果。

此外，當藉由磊晶生長而形成包括步階及平台之表面時，藉由控制磊晶生長期間餘留在爐中的氧氣及濕氣，則在磊晶矽層中的氧濃度可以向下減少至 10^{17} 等級。CZ矽晶圓中的氧濃度為 10^{18} 等級。可使用SIMS（二次離子質譜儀）量測這些氧的濃度。

當使用氫氣中的熱處理以形成包括步階及平台之表面作為基底表面時，在熱處理期間的外部擴散會減少接近表面處之諸如硼及磷等雜質濃度。但是，由於磊晶生長能以低於熱處理之溫度產生包括步階及平台之表面，所以，不可能遭受雜質濃度減少並能使步階—平台結構的形成受控而與雜質濃度的控制無關。亦即，磊晶生長的方法提供高的可控制度。

當磊晶生長層不厚時，添加至此層的雜質不會在磊晶生長期間特別地添加，但可藉由磊晶生長期間或之後的熱處理從基底擴散。

圖4A至4I係視圖，顯示根據本發明另一實施例之用於產生半導體基底構件之方法。

如圖4A所示，製備矽基底材料1，且如圖4B所示，執行表面處理以形成包括步階11及平台12之表面。

如圖4C所示，包括步階11及平台12之表面被製成多孔的以形成多孔層2。

五、發明說明（11）

如圖 4 D 所示，藉由 C V D 或類似方法，在多孔層 2 的表面上形成非多孔層 3 以取得第一構件。

如圖 4 E 所示，於需要時形成絕緣層 4。

如圖 4 F 所示，與第一構件分離地製備第二構件 5，第一構件具有多孔層 2 及非多孔層 3。

如圖 4 G 所示，第一構件及第二構件 5 會接合在一起以取得具有非多孔層 3 配置於內部之多層結構。

接著，從多層結構移除諸如多孔層 2 等不需要的部份以產生在第二構件 5 上具有非多孔層 3 之半導體基底構件。如圖 4 H 所示，藉由將於後述中詳細說明之研磨、拋光或蝕刻，移除未製成多孔之矽基底材料 1。用以移除矽構件 1 之方法包括以多孔層 2 將多層結構分離成二。

接著，如圖 4 I 所示，藉由蝕刻、氫退火等等，移除餘留的多孔層 2。

因此，可取得對 S O I 晶圓較佳之半導體基底構件。

〔在多孔層形成時的 C O P（晶體起源粒子）效果〕

近來的研究顯示，C O P 存在於已拋光過及清潔過的商業上可取得之 C Z 矽晶圓的表面上。當根據柴式法從熔融中拉出矽及從表面曝露之後因拋光或清潔而呈現壓縮以產生矽錠時，因正規八面體狀的穴導入塊矽而形成 C O P，且可由商業上可取得之外來物質檢視裝置，偵測它們。從 100 至 300 nm 之 C O P 的尺寸、及存在於表面上的 C O P 數目為 2 至 $4 \times 10^5 / \text{cm}^3$ 。另一方面，約 10 nm 的毛孔會以約 20 nm 的間隔配置於退化

五、發明說明 (12)

基底上的多孔矽中。亦即，一 C O P 在多孔矽中會遮蓋約 1 0 個毛孔。

C O P 於晶圓表面上以壓縮呈現。另一方面，當 C O P 的正規八面體的頂部從表面曝露時，C O P 會如同毛孔般出現在多孔矽中且會被誤觀測為大毛孔。此外，即使當 C O P 未從表面曝露時，C O P 的穴會影響陽極處理電流密度並因而影響毛孔大小及分佈。此外，在嵌有 C O P 部份的情形中，在陽極處理後於含有氫的還原氛圍中熱處理晶圓以密封毛孔之步驟中，矽原子會移動以減少 C O P 的正規八面體之內部表面的表面能量，結果，正位在 C O P 上方的表面會沈陷以致於在某些情形中毛孔未被密封。結果，當非多孔單晶矽層磊晶地生長於其上時，會於此層中導入缺陷。

[形成無 C O P 的表面層]

藉由在具有 C O P 的矽晶圓上沈積磊晶矽層，以形成無 C O P 的表面層，接著在其上形成多孔矽層，可以解決上述問題。藉由使用商業上可取得之磊晶生長裝置之 C V D 法，可以生長磊晶矽層，且氣體源不限於 $S i C l_4$ 、 $S i H C l_3$ 、 $S i H_2 C l_2$ 、及 $S i H_4$ 。此外，載送氣體並無特別限制，但較佳地為氫。此外，可以使用超高真空 C V D (U H V - C V D) 以低溫生長此層，或是在晶圓被配置於船上之批次熱處理爐中生長此層，可使用氫氣或氮氣作為載送氣體以供應氣體源。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (13)

雖然磊晶矽層的膜厚並未特別限制，但是，希望大於 100 至 300 nm，這是等於 COP 的尺寸。

在形成用於藉由接合以產生半導體基底構件之方法的多孔矽之情形中，表面層中的雜質濃度希望處於退化狀態 (p' 或 n')。形成於退化的半導體上之多孔層的結構顯著地不同於形成於非退化半導體上的多孔層之結構。前之多孔層具有從約 10 nm 至約 50 nm 之毛孔尺寸及從 $10^{10} / \text{cm}^2$ 至 $10^{11} / \text{cm}^2$ 之毛孔密度，而後之多孔層具有之結構係藉由依比例地收縮前之多孔層以致於其毛孔尺寸為 2 nm 至 10 nm。因此，後一毛孔層具有較小的毛孔壁厚度及較低的機械強度。當在相同條件下形成多孔層時，形成於非退化基底上的多孔層傾向於具有較高多孔性。因此，在處理期間，多孔層可能崩毀或形成於多孔層上之磊晶矽層的晶性可能變差。

藉由使用 p' 或 n' 基底作為用以形成磊晶矽層於其上之半導體基底構件、生長磊晶矽層、接著藉由熱擴散而增加磊晶矽層中的雜質濃度，以執行雜質添加。此外，以雜質摻雜磊晶矽層，並生長磊晶矽層。在後一情形中，可以選取不昂貴的仿晶圓以生產半導體基底構件，藉以減小製造成本。此外，藉由在低濃度基底上形成高濃度摻雜的磊晶矽層及接著將層製成向下一深度（大於磊晶矽層的厚度）為多孔的以形成多孔矽層，而在高濃度摻雜的磊晶矽層上形成低孔度層並於低濃度基底上形成高孔度層。此配置將使分離能夠發生於高孔度層。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

· 裝 · 訂 · 線

五、發明說明(14)

根據本發明，在慮及多孔結構形成步驟及形成於多孔矽層上之磊晶膜的特徵下，包含於要被製成多孔的矽基底材料的表面積中及能控制導電型式之元素(雜質)之濃度一般在 $5.0 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 至 $5.0 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ，較佳地從 $1.0 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 至 $2.0 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ，更佳地從 $5.0 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 至 $1.0 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。

磊晶層的厚度較佳地從 $0.2 \mu\text{m}$ 至 $30 \mu\text{m}$ ，更佳地從 $0.2 \mu\text{m}$ 至 $15 \mu\text{m}$ 。

藉由在含還原氛圍的氬氣中對商業上取得的矽晶圓執行熱處理，也可減少 C O P 密度。含有還原氛圍之氬氣僅含有氬或是含有氬與稀有氣體(H e、N e、A r、X e 等等)之混合氛圍。熱處理溫度較佳地從約 900°C 至約 1200°C 。雖然壓力並無特別限制，但是，藉由降低壓力可以降低較佳溫度區。

舉例而言，藉由在 H F 溶液中陽極處理 S i 基底材料，可形成用於本發明中的多孔層 2。多孔層具有海綿狀結構，於其中約 10^{-1}nm 至約 10^1nm 的直徑之毛孔係以約 10^{-1} 至約 10^1nm 之間距配置。密度小於 $2.33 \text{g} / \text{cm}^3$ 之單晶矽密度。將 H F 溶液的濃度從 50% 至 20% 變化、改變添加至 H F 溶液之酒精比例、或改變電流密度，可使密度從 2.1 至 $0.6 \text{g} / \text{cm}^3$ 變化。此外，藉由預先地調變要製成多孔之部份的電阻係數及導電型式，可以根據調變的電阻係數及導電型式而改變

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · · · · · 訂 · · · · · 線

五、發明說明 (15)

多孔度。在 p 型式中及相同陽極處理條件下，非退化基底 (p 或 n) 具有較小的毛孔尺寸但是具有大於約一級數之較大的毛孔密度，因此，比退化基底 (p' 或 n') 具有較大的多孔度。亦即，藉由改變這些條件，可以控制多孔度，因此多孔度控制不限於這些方法之一。多孔層可具有單層結構或包括具有不同多孔度之層的堆疊結構。藉由在退火基底上形成具有退化濃度的磊晶矽層，可在表面側之磊晶矽層中形成低多孔度層，並在基底側的非退化部份中形成高多孔度層。

用於本發明的非多孔層較佳地可為單層或堆疊層，堆疊層包括至少選自單晶矽、多晶矽、非晶矽等、以及化合物半導體之一層，舉例而言，化合物半導體可為 GaAs、InP、GaAsP、GaAlAs、InAs、AlGaSb、InGaAs、ZnS、CdSe、CdTe、SiGe 及 SiC。非多孔層可具有諸如預先形成於其中的 FET (場效電晶體) 等半導體裝置。

藉由諸如減壓 CVD、電漿 CVD、光學 CVD、或 MOCVD (金屬有機 CVD) 等化學汽相沈積 (CVD)、或濺射 (包含偏壓濺射)、分子束磊晶生長、液相生長等等，執行多孔層上的非多孔層之形成。

根據本發明，在需要形成非多孔層之前，將多孔層熱處理。

熱處理可在氧化氛圍中執行以防止多孔層的多孔結構中有變化，或在還原氛圍下執行熱處理以確定地改變毛孔

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明（16）

結構。

較佳地，在 $200^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$ 下，於氧化氛圍中，藉由熱處理多孔層而執行前者，以使多孔層中的毛孔之內壁表面氧化及以氧化物膜遮蓋毛孔壁。

較佳地，在 $800^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ 下，於含有還原氛圍之氫中，熱處理（氫－烘烤）多孔層而執行後者，以將多孔層的表面中的至少一些毛孔密封。

此外，可結合這二個方法以執行氧化氛圍中的熱處理，以便氧化毛孔的內壁表面，接著在含有還原氛圍之氫中執行熱處理，以密封多孔層的表面中的毛孔。在此情形中，在氫烘烤之前，較佳地使用 HF 溶液以從多孔層的表面移除氧化物膜。

Sato 等已報告藉由氫中的多孔矽之熱處理，可密封表面中的毛孔（N. Sato et al., J. Electrochem. Soc., 1995, Vol. 142, p. 3116）。此現象被視為表面的重新配置而非蝕刻。亦即，無限數目的凹陷及凸出部份會存在於多孔層的表面，及大量而方向比晶體層的面方向還高的面會從此表面曝露。結果，表面能量高。在含有還原氛圍的氫中之熱處理，會因氫還原而從表面移除自然氧化物膜，且在還原作用的熱處理期間，不會產生自然氧化物膜。因此，對抗表面矽原子的移動之能量障壁會允許被熱能感應的表面矽原子移動，因而可以以低表面能量形成平坦表面。用於此氫烘烤的條件可以與用於矽基底材料的表面處理之熱處理中的條件相同。藉由執行熱處理，可以有效地密封毛

五、發明說明(17)

孔，在熱處理中，多孔矽的表面會與構件相面對，該構件包括含有矽或矽及碳或碳作為主成份但未含有氧作為主成份之材料，藉以限制矽的蝕刻。舉例而言，此構件為矽、碳化矽、或氮化矽。

亦即，由於因熱處理清潔表面而開始此現象，所以，當厚的自然氧化物膜形成於表面上時，熱處理之前，藉由稀釋的氫氟酸蝕刻，可以移除氧化物膜，而較容易地開始表面中的毛孔之密封。

所造成的多孔層之平滑單晶表面於其中具有密封的毛孔，其可較佳地不僅用於生產接合的S O I，也可生產半導體裝置。

在本發明中所使用的第二構件可為絕緣體、半導體、或導體。特別的是，其為玻璃、石英玻璃、藍寶石、矽、碳化矽、鋁、不銹鋼、或樹脂。當要生產S O I基底時，第二構件較佳地為石英玻璃、藍寶石、矽、具有形成於其上之諸如氧化矽等絕緣膜之矽。

根據本發明，當具有多孔層及非多孔層之第一構件與第二構件接合在一起時，第一及第二構件會經由絕緣層而較佳地接合。特別是，較佳地，諸如氧化物膜等絕緣膜會形成於非多孔層的表面上且絕緣膜及第二構件的表面會緊密地接觸及接合在一起。

此外，第一及第二構件可藉由施加黏著劑於它們之間而接合在一起。

接合方法包含將第一及第二構件緊密地接觸在一起之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 · 線

五、發明說明(18)

方法，第一及第二構件已被清潔以致於呈現疏水及親水性；及以黏著劑接合第一及第二構件並接者硬化黏著劑之方法。當氧化矽的絕緣表面係要緊密地接觸及接合在一起時，在氮或氧離子植入至少一絕緣表面之後，較佳地執行接合。

此外，在第一及第二構件緊密地接觸在一起之後，較佳地執行熱處理以增加接合強度。

將於下說明下述二方法作為從多層結構移除多孔層以曝露非多孔層之代表方法，但本發明不限於這些方法。

第一方法包括使用研磨、拋光、或蝕刻以從背表面移除第一構件以曝露多孔層。接著，移除多孔層以曝露非多孔單晶矽層。

第二方法包括斷裂多層結構的多孔層之內部及／或多孔層的上和下界面以分離多層結構。特定方法包含施加垂直於多層結構的接合表面之張力之方法；施加力量至多層結構的尾端以致於第一及第二構件會彼此分離之方法；於平行此表面之方向上施加剪力至接合表面之方法（舉例而言，在平行於接合表面的面之內以相反方向移動第一及第二構件或以相反的圓周方向旋轉構件）；在垂直於接合表面的方向上對此表面施壓之方法；施加諸如超音波等波能量至分離區之方法；從多層結構的側邊以平行於接合表面的方向將剝離構件（舉例而言，諸如刀子等尖刀片）及／或流體插入分離區之方法；使用滲入作為分離區之多孔層中的物質之擴張能量之方法；將作為分離區的多孔層接合

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(19)

至基底及從基底側邊熱氧化基底以擴張多孔層的體積，藉以執行分離之方法；及使用具有離子佈植所形成的微穴之層作為分離區並以雷射照射加熱此層，藉以執行分離之方法。也可使用脈沖加熱，接著施加熱應力或軟化多孔層之方法，但是，本發明不限於這些方法。或者，在作為分離區的多孔層接合至基底之後，可從基底的側邊選擇性地蝕刻基底而不使基底斷裂。

在這些方法中，將特別地說明使用流體之分離。

根據本發明之分離所需的流體流動可藉由從薄噴嘴注射加壓流體，流體包括氣體或液體。為了將注入的流體轉換成高速及高壓束，可使用噴水法，其係由“Water Jet,” vol. 1, no. 1, p.4 所介紹。藉由從噴嘴噴射經高壓泵加壓至100至8000 kgf/cm²之加壓水，可取得可用於本發明中的噴水。藉由使用噴水，能夠切割或處理陶瓷、金屬、水泥、樹脂、橡膠、或木材（當要切割的材料是硬的時，研磨材料會添加至水中）或是從表面層移除漆膜或是清洗構件的表面。傳統的噴水之主要效果係移除材料的一部份。亦即，噴水切割會從主構件切割一部份，且漆膜的移除和構件表面的清潔會移除不需要的部份。當使用諸如噴水等流體噴射物作為本發明中的流體流動形成法時，藉由對齊分離區與接合表面的側邊及噴射流體噴射物至此區，可將多層結構從其側邊分離。在此情形中，流體噴射物會首先直接注入從多層結構的側邊曝露之分離區以及圍繞分離區之第一與第二構件之間的部份。然後，流體噴

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(20)

射物僅會斷裂具有低機械強度的分離區以將結構分離成二個而不會損傷第一與第二構件。此外，即使分離區未曝露但是因為某原因而由薄層遮蓋，則流體噴射物仍可首先移除或損傷遮蓋分離層的層並接著連續地移除曝露的分離區。

流體噴射物會注入包括接合的晶圓之多層結構的側邊中的窄間隙(凹壁)以將接合的晶圓彼此推離及損毀具有易碎結構之分離區以分離晶圓，但是，傳統上未經常使用此效果。由於此方法的目的不是切割或移除，所以，切割晶片很少從分離區產生，即使當分離區的材料未由流體噴射物移除時，仍可不使用研磨材料或不用損傷分離表面，亦可分離多層結構。因此，此效果被視為藉由流體的插楔作用而無切割或拋光作用而取得的。因此，當在接合的基底側邊中有窄的凹陷間隙時及流體噴射物的注射於分離區剝離的方向上施加力量時，可加強此效果。為了充份地提供此效果，接合的基底之側邊會較佳地形成如凹壁狀而非凸出狀。

藉由利用低機械強度及非常大的多孔層表面積，可選擇性地移除從多層結構曝露的多孔層。選擇性移除法包含使用拋光或重疊之機械法，及使用蝕刻劑之化學蝕刻或化學乾蝕刻之方向。

當多孔層是要由蝕刻劑選擇性地濕蝕刻時，蝕刻劑可為49wt.% HF的氫氟酸與30wt.% H₂O₂的過氧化氫溶液之混合溶液；氫氟酸；氫氟酸與酒精的混合

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(21)

溶液；氫氟酸、酒精及過氧化氫溶液的混合溶液；緩衝氫氟酸；緩衝氫氟酸與酒精的混合溶液；緩衝氫氟酸與過氧化氫溶液之混合溶液；緩衝氫氟酸、酒精及過氧化氫溶液之混合溶液；或氫氟酸、氮酸及醋酸之混合物。由於在使用此混合溶液時， HF 與 H_2O_2 的混合溶液是較佳的，所以多孔矽對非多孔矽的蝕刻選擇比為 10^5 或更多。較佳地添加諸如酒精等表面劑以防止氣泡附著。

[SOI結構的形成]

雖然根據本發明之產生具有SOI結構的半導體基底構件之方法並無特別限制，但是，該方法特別較佳地用於執行多孔矽的選擇性蝕刻之方法中。在此情形中，在形成多孔矽之前，步階—平台結構會形成於矽基底材料的表面上，接著，形成多孔層，藉以移除形成於多孔層上的非多孔單晶半導體膜之晶性及表面粗糙度。

首先，藉由氫退火，於矽基底材料1的表面上形成步階—平台結構。

接著，至少在主表面上形成多孔矽層2(圖5A)。藉由在HF溶液中陽極處理矽基底材料，可形成多孔矽層。

多孔矽層可具有單層結構或包括不同特性的複數層之堆疊結構。

至少一非多孔單晶半導體層3會形成於多孔層2之上(圖5B)。非多孔單晶半導體層3係任意地選自以沈積

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(22)

形成之單晶矽層及以氫退火使多孔層 2 的表面層製成非多孔而取得之層。在多孔矽層的表面於含還原氛圍之氫中被熱處理以密封多孔表面中的毛孔之後，希望形成非多孔單晶半導體層 3。毛孔可由熱處理有效地密封，在熱處理中，由於矽的蝕刻被限制，所以，多孔矽的表面會面對含有矽或矽和碳或氮作為主成份但未含氧作為主成份之材料。此外，當以熱氧化於單晶矽層上形成包括氧化矽之絕緣層 4 時，藉由熱氧化以較佳地形成單晶矽層與嵌入的氧化物膜之間的界面，以具有低界面等級。如圖 5 C 所示，具有非多孔單晶矽層 3 形成於其上之半導體基底的主表面會於室溫下與包括矽基底之第二構件 5 的表面緊密接觸。在緊密接觸之前，需要執行表面清潔以從表面移除附著物及外來物。第二構件可自矽基底、具有氧化矽膜形成於其上的矽基底、諸如石英及藍寶石等光透射基底中選取，但只要其要接合的表面足夠平坦及平滑，並不限於這些基底。圖 5 C 係顯示第二構件與矽基底材料經由絕緣層 4 接合在一起，但當第二構件不是矽時，可省略絕緣層 4。第二構件與矽基底材料可經由薄絕緣板接合在一起，因此，能夠形成三板堆疊結構。

接著，移除多孔層 2 以曝露非多孔單晶矽層 3 (圖 5 D)。

在此情形中，藉由研磨及後續的反應離子蝕刻而移除矽基底材料 1 的背表面以曝露多孔層 2。接著，移除多孔層 2 以曝露非多孔單晶矽層 3。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(23)

以含有 HF 及 H_2O_2 之蝕刻劑選擇性地蝕刻，以移除多孔層 2。然後，以速率為非多孔單晶矽的蝕刻速率的 10^5 倍，執行選擇性蝕刻，可移除多孔矽。

表面劑可添加至此蝕刻劑，以便防止汽泡的附著。特別是，較佳地使用乙醇。

接著，在含有還原氛圍的氫中執行熱處理以減少單晶矽層的硼濃度及使其表面平坦化(圖 5 F)。當單晶矽層中的高硼濃度區域限制於表面的近處時或當不需要減少硼濃度時，則可使用拋光以移除表面層以便使表面平滑化。

圖 5 F 係顯示所取得的半導體基底構件。在整個晶圓上具有大面積之平坦和均勻的薄單晶矽膜 3 會經由絕緣層 4 而形成於第二構件 5 上。以此方式取得的半導體基底構件可較佳地用於產生絕緣的電子裝置。

接著，將參考圖 6 A 至 6 H，說明產生另一半導體基底構件之方法。

如圖 6 A 所示，製備具有表面 1 0 之矽基底材料，表面 1 0 未具有步階-平台結構。

如圖 6 B 所示，藉由氫退火，於矽基底材料 1 上形成具有步階 1 1 及平台 1 2 的步階-平台結構之表面。

接著，於氫退火表面上形成多孔層 2 1 及 2 2 (圖 6 C)。藉由在 HF 溶液中陽極處理矽基底材料，形成多孔矽層。

舉例而言，可以改變電流密度以將毛孔密度增加約一級數但減少毛孔尺寸，藉以取得高多孔度。亦即，能夠形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(24)

成位於接近磊晶矽層之高多孔度層 2 2 及低多孔度層 2 1

。

至少一非多孔單晶半導體層 3 會形成於低多孔度的多孔層 2 1 之上(圖 6 D)。以沈積形成單晶矽層或使多孔層 2 1 的表面層製成非多孔的，可隨意取得非多孔單晶半導體層 3。在多孔矽層 2 1 的表面已於含還原氛圍之氫中熱處理以密封多孔表面中的毛孔之後，需要執行非多孔單晶半導體層 3 的形成。藉由執行熱處理，可有效地密封毛孔，在熱處理中，多孔矽會面對包括主諸如矽、SiC 或 SiN 等材料之構件，藉以限制矽蝕刻。此外，如圖 6 E 所示，藉由熱氧化，於單晶矽層上形成包括氧化矽之絕緣層 4。

如圖 6 F 所示，非多孔單晶矽層會於室溫下與第二構件 5 的表面緊密地接觸。在接觸之前，需要清潔矽層及第二構件以從表面移除附著物及外來物。

圖 6 F 係顯示接合至第二構件之非多孔矽層。

如圖 6 F 所示，在多孔層處分離多層結構。如上所述，分離方法包含施加外部壓力之方法，舉例而高壓，張力、剪力、或插楔作用；施加超音波之方法；加熱方法；氧化多孔矽以將其從其圓週擴張以使其遭受外部壓力之方法；脈沖加熱法，施加熱應力或軟化；或插入諸如噴水等流體楔之方法。但是，本發明未限於這些方法。藉由提供具有高及低多孔度層等二層，可形成多孔層，接著藉由斷裂接近高度多孔度層 2 2 與低多孔度層的界面處之高多孔度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(25)

層 2 2，可分離多層結構。

接著，藉由蝕刻以移除非多孔層 3 的表面上之餘留多孔層 2 1 (圖 6 H)。蝕刻多孔層的方法類似於上述。當餘留在非多孔層 3 上的多孔矽層 2 1 是非常地且均勻地薄時，無需蝕刻多孔層。

接著，在含有還原氛圍之氫中對此結構執行熱處理以減少非多孔單晶矽層 3 的硼濃度及使其表面平坦化。當單晶矽層中的高硼濃度之區域被限制在表面的近處時或當不需要減少硼濃度時，可使用拋光以移除表面層，藉以使表面平坦化。

因此，會經由絕緣層 4 而於第二構件 5 上形成在整個晶圓上具有大面積之平坦的及均勻的薄單晶矽膜 3。以此方式取得的 S O I 基底可較佳地用以產生絕緣的電子裝置。

當餘留在分離的矽基底材料 1 上的多孔層 2 2 是不需要時，將其移除。當表面粗糙且表面平坦度無法令人接受時，則將表面平坦化並接著再使用平坦化的矽基底材料 1 作為新的矽基底材料 1 或作為第二構件 5。藉由形成具有二層配置之多孔層及減少高多孔度層的厚度，多孔層幾乎不會餘留在矽基底材料 1 上。因此，藉由在含有還原氛圍之氫中執行熱處理，可使表面平滑而無須執行使用拋光之移除處理或蝕刻矽基底材料 1 的表面上之多孔層，以致於可再度使用處理過的構件作為第一半導體底構件。

將參考圖 7 A 至 7 H，說明產生另一半導體基底構件

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (26)

之方法。

如圖 7 A 所示，製備不具有步階－平台結構之矽基底材料 1。

如圖 7 B 所示，將磊晶生長處理應用至矽基底材料的表面以形成具有包括步階－平台結構之表面的磊晶層 1 3。

在表面上的步階－平台結構不會被消除之條件下，清潔表面，且具有步階及平台之主表面會被製成多孔的（圖 7 C）。藉由在 HF 溶液中陽極處理矽基底材料，可形成多孔矽層。

藉由預先地調變要製成多孔的部份之電阻率及導電型式，則多孔度可根據調變的電阻率及導電型式而變化。

因此，低多孔度層 2 1 會形成於接近表面的磊晶矽層之部份中，然後，高多孔度層 2 2 會形成於矽基底材料的部份中，矽基底材料係非退化基底。

至少一非多孔單晶半導體層 3 會形成於低多孔度的多孔層 2 1 之上（圖 7 D）。在多孔矽層的表面於含有還原氛圍之氫中被熱處理以密封多孔表面中的毛孔之後，需要形成非多孔單晶半導體層 3。藉由執行熱處理，可有效地密封毛孔，在熱處理中，多孔矽的表面會與包括含有諸矽、SiC 或 SiN 等作為主成份但未含氧的材料之構件相對以限制矽蝕刻。此外，如圖 7 E 所示，藉由熱氧化，以在單晶矽層上形成氧化矽層 4。

如圖 7 F 所示，矽基底材料 1 的主表面會於室溫下與

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝
訂
線

五、發明說明(27)

第二構件 5 的表面緊密地接觸，矽基底材料 1 具有非多孔單晶矽層 3 形成於其上。在接觸之前，需要清潔基底材料與第二構件以從表面移除附著物及外來物。將要接合的表面充份地平坦化及平滑化。

從矽基底材料 1 的背面研磨矽基底材料 1 並使其接受反應離子蝕刻以移除非多孔單晶矽層 3。

藉由混合的 HF 與 H_2O_2 之含水溶液執行選擇性蝕刻，可如所需般地移除多孔層。

接著，在含有還原氛圍之氫中對此結構執行熱處理以減少單晶矽層的硼濃度及使其表面平坦化。當單晶矽層中的高硼濃度之區域被侷限於表面的近處時或當不需要減少硼濃度時，可使用拋光以移除表面層，藉以使表面平坦化。

因此，如圖 7 H 所示，平坦及均勻的薄單晶矽膜 3 會經由絕緣層 4 而形成於第二構件 5 之上。

[實施例 1]

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 之電阻率的摻雜硼之 8 吋 (100) 矽晶圓安裝於垂直熱處理爐中及在 1100°C 下於氫氛圍中熱處理一小時。然後，在氫氛圍中冷卻矽晶圓及從 600°C 的爐中取出矽晶圓。當以原子力顯微鏡觀測取出的晶圓表面時，觀察到原子步階之間具有約 200 nm 的間隔之步階-平台結構。在 49 wt. % 的 HF 濃度與乙醇以 2 : 1 的比例混合之氫氟酸溶液中，陽極處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(28)

此表面以在晶圓表面上形成具有 $10 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽。

接著，在 400°C 下，於乾氧氛圍中熱處理晶圓一小時以使多孔矽層中的毛孔之側壁及多孔矽層的表面氧化。

具有多孔矽形成於其上之矽晶圓會安裝置於磊晶生長裝置中且在下述條件下使用 CVD 法以形成磊晶矽層。

生長溫度： 900°C

生長壓力： 80 Torr

氣體成份： H_2 ： 230 升/分鐘

SiH_2Cl_2 ： 0.4 升/分鐘

膜厚： $0.05 \mu\text{m}$

此樣品會浸於 HF 與 H_2O_2 的混合溶液中 30 分鐘，及使用 Nomarski 差動干涉顯微鏡，小心地觀測樣品以找出 $1/\text{cm}^2$ 頻率之凹陷區，凹陷區係假定當 HF - H_2O_2 混合液穿透磊晶矽層以腐蝕多孔矽層時會形成的。

另一方面，當在形成多孔層之前未於氫中熱處理矽晶圓時（比較實施例），類似的凹陷區會以 $2/\text{cm}^2$ 之頻率出現。因此，在形成多孔層之前，藉由氫中熱處理，可改進磊晶層品質。

[實施例 2]

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 電阻率之摻雜硼的 8 吋（100）矽晶圓安裝於商業上可取得之葉對葉型磊晶生長裝置中，且添加至氫氣中的 $\text{Si}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ 會供應至裝置

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (29)

以沈積 $10 \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。當使用原子力顯微鏡觀察從裝置中取出的晶圓之表面時，可觀察到原子步階之間具有約 200 nm 的間隔之步階—平台結構。使用 SIMS 方法，量測到的磊晶矽層之氣濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。將此表面氧化，及在 49 wt. \% HF 濃度與乙醇以 $2:1$ 混合的氫氟酸溶液中，將其製成多孔的以在晶圓表面上形成具有 $5 \mu\text{m}$ 厚度的多孔矽層。

接著，在 300°C 下，於乾氧氛圍中，將晶圓熱處理三小時，以氧化多孔矽層中的毛孔之側壁及多孔矽層的表面。將此樣品浸於 1.2 wt. \% HF 的 HF 溶液中 20 秒，接著以去離子水將其潤濕 10 分鐘。

在乾燥之後，將此樣品安裝於磊晶生長裝置中及藉由使用 CVD 法以形成磊晶矽層。

生長溫度： 1040°C

生長壓力： 760 Torr

氣體成份： H_2 ； 230 升/分鐘

SiH_2Cl_2 ； 0.4 升/分鐘

膜厚： $0.05 \mu\text{m}$

此樣品會浸於 HF 與 H_2O_2 的混合溶液中 30 分鐘，及使用 Nomarski 差動干涉顯微鏡，小心地觀測樣品以找出 $0.2 / \text{cm}^2$ 頻率之凹陷區，凹陷區係假定當 HF— H_2O_2 混合液穿透磊晶矽層以腐蝕多孔矽層時會形成的。

另一方面，當在形成多孔層之前未執行磊晶生長時（

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(30)

比較實施例)，類似的凹陷區會以 $2 / \text{cm}^2$ 之頻率出現。因此，在形成多孔層之前，藉由氫中熱處理，可改進形成於多孔層上之磊晶層之品質。

(實施例3)

將具有 $10 \Omega \text{cm}$ 電阻率之摻雜有硼的 8 吋 (100) 矽晶圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中。將 SiH_2Cl_2 與作為載送氣體之氫氣一起導入，又將 B_2H_6 添加至導入的氣體，且將混合氣體供應給裝置以沈積具有 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^2$ 的硼濃度之 $0.5 \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。當使用原子力顯微鏡觀測從裝置中取出的晶圓時，觀測到原子步階之間約 200nm 的間隔之步階-平台結構。此外，在 49wt. \% HF 的氫氟酸與乙醇以 2:1 比例混合之溶液中，將晶圓表面陽極化，以在表面上形成 $10 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。在 400°C 下於氧氛圍中，將矽晶圓熱處理一小時，接著，將其浸於 1.25wt \% HF 的 HF 溶液中 30 秒以移除形成於多孔層的表面上及接近它之很薄的氧化物膜。接著，以水完全地清潔晶圓並將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於包括石英爐管之垂直熱處理爐中。圖 8 係剖面視圖，顯示具有矽晶圓安裝於其中之垂直熱處理爐。在圖 8 中，數字 120 標示石英爐管，數字 121 標示載有矽晶圓之 SiC 船，而數字 122 標示導入氣體。以加熱器自外部加熱爐管 120 (未顯示於圖示中)。氣體 122 會從爐子的頂部向下流至

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明（31）

其底部。如圖 8 所示，晶圓 1 2 3 以水平狀態及晶圓之間約 6 m m 的間隔之方式安裝於 S i C 船上，以致於一矽晶圓的背面會面對另一矽晶圓的多孔層之表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。關於仿晶圓，商業上可取得之無多孔層形成於其上的矽晶圓 1 2 4 會以相同間隔置於具有多孔層形成於其上的上矽晶圓之上。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會上升至 1 1 5 0 °C 並維持二小時。接著，再將溫度降低且從爐中取出晶圓。然後，使用電子顯微鏡觀察具有多孔層形成於其上的晶圓表面，未發現餘留的毛孔。

將這些晶圓安裝於磊晶生長裝置中及在下述條件中形成單晶矽層。

生長溫度：1 0 8 0 °C

生長壓力：7 6 0 T o r r

氣體成份：H₂：2 3 0 升／分鐘

S i H₂ C l₂：0 . 4 升／分鐘

膜厚：2 μ m

這些樣品會接受缺陷顯示蝕刻，接著使用光學顯微鏡觀察，發現堆疊的缺陷密度為 $3 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。

另一方面，當在形成多孔層之前未形成磊晶矽層時（比較實施例），堆疊缺陷密度為 $1 . 2 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

〔實施例 4〕

五、發明說明 (32)

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 的電阻率之摻雜硼的 8 吋 (100) 矽晶圓安裝於垂直熱處理爐中並於氬氛圍中於 1100°C 將其熱處理 1 小時。在氬氛圍中將溫度降低，及從 600°C 下的爐中取出品圓。當使用原子力顯微鏡觀察取出的晶圓之表面時，觀察到在原子步階之間具有約 200 nm 的間隔之步階—平台結構。此外，藉由使用二次離子質譜儀 (SIMS) 以量測硼濃度的深度方向之分佈，從表面向下 $5 \mu\text{m}$ 的深度，硼濃度為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。此外，在 49 wt. \% HF 濃度與乙醇以 2 : 1 比例混合之氬氟酸溶液中，陽極處理晶圓表面，以在表面上形成 $10 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。於 400°C 下，在氬氛圍中，熱處理矽晶圓一小時，接著將其浸在 1.25 wt \% HF 的 HF 溶液中 30 秒，以移除形成於多孔層的表面上及接近它之非常薄的氧化物膜。然後，以水完全地清洗晶圓及將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於包括石英管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐子的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓以水平狀態及晶圓之間約 6 mm 的間隔之方式安裝於 SiC 船上，以致於一矽晶圓的背面會面對另一矽晶圓的多孔層之表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。關於仿晶圓，商業上可取得之無多孔層形成於其上的矽晶圓會以相同間隔置於具有多孔層形成於其上的上矽晶圓之上。在爐中的氛圍會由氬取代，且溫度會上升至 1150°C 並維持二小時。接著，再將溫度降低且從爐中取出品圓。然後，使用電子顯微鏡觀察具有多孔層形成於其

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (33)

上的晶圓表面，未發現餘留的毛孔。

[實施例 5]

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 的電阻率之摻雜硼的 8 吋 (100) 矽晶圓安裝於垂直熱處理爐中並於氬氛圍中於 1100°C 將其熱處理 1 小時。在氬氛圍中將溫度降低，及從 600°C 下的爐中取出晶圓。當使用原子力顯微鏡觀察取出的晶圓之表面時，觀察到在原子步階之間具有約 200 nm 的間隔之步階 - 平台結構。此外，藉由使用二次離子質譜儀 (SIMS) 以量測硼濃度的深度方向之分佈，從表面向下 $5 \mu\text{m}$ 的深度，硼濃度為 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。此外，在 49 wt. % HF 濃度與乙醇以 2 : 1 比例混合之氬氟酸溶液中，陽極處理晶圓表面，以在表面上形成 $10 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。於 400°C 下，在氬氛圍中，熱處理矽晶圓一小時，接著將其浸在 1.25 wt % HF 的 HF 溶液中 30 秒，以移除形成於多孔層的表面上及接近它之非常薄的氧化物膜。然後，以水完全地清洗晶圓及將其乾燥。接著，將這些晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中。將 SiH_2Cl_2 與作為載送氣體之 H_2 一起導入裝置以在 900°C 及 80 Torr 下沈積 $2 \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。這些樣品會接受缺陷顯示蝕刻，接著使用光學顯微鏡觀察，發現晶體缺陷密度為 $2 \times 10^2 / \text{cm}^2$ 。

[實施例 6]

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(34)

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 電阻率之 8 吋 (100) 矽晶圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中。將添加至氬氣之 SiH_2Cl_2 ，供應至裝置以沈積 $0.5 \mu \text{m}$ 厚的磊晶矽層。將這些晶圓安裝於垂直熱處理爐中並於

1100°C 下於爐中將其熱處理二小時。當使用電子顯微鏡觀察從爐中取出的晶圓之表面時，觀測到原子步階之間具有 200 nm 的間隔之步階-平台結構。此外，藉由使用二次離子質譜儀以量測硼濃度的深度方向之分佈，從表面向下 $5 \mu \text{m}$ 的深度，硼濃度為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。

此外，在 49 wt. % HF 濃度與乙醇以 2:1 比例混合之氫氟酸溶液中，陽極處理晶圓表面，以在表面上形成 $10 \mu \text{m}$ 厚的多孔矽層。於 400°C 下，在氧氛圍中，熱處理矽晶圓一小時，接著將其浸在 1.25 wt % HF 的 HF 溶液中 30 秒，以移除形成於多孔層的表面上及接近它之非常薄的氧化物膜。然後，以水完全地清洗晶圓及將其乾燥。接著，將這些晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中。將 SiH_2Cl_2 與作為載送氣體之 H_2 一起導入裝置以在 900°C 及 80 Torr 下沈積 $310 \text{ nm} \pm$

5 nm 的平均厚度之單晶矽膜。將矽晶圓安裝於氧化爐中，及使用具有氧及氬之燃燒氣體以將單晶矽膜的表面氧化以形成 200 nm 厚的氧化矽膜。藉由此氧化，單晶矽膜的厚度變成 210 nm 。此矽晶圓及第二矽晶圓會接受通常用於矽裝置製程之濕清潔，以形成清潔表面，接著將它們接合在一起。將接合的矽晶圓安裝在熱處理爐中並於

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (35)

1100℃下於其中將接合的矽晶圓熱處理一小時以加強接合的表面之黏合強度。在氮與氧的混合區中，增加溫度，及以氧取代此熱處理氛圍，接著，由具有氧和氮的燃燒氣體取代，在1100℃下維持一小時，接著在氮氛圍中減低溫度。研磨矽晶圓組的第一矽晶圓之背表面以曝露多孔矽。將研磨的晶圓浸在HF與過氧化氫的混合溶液中以藉由蝕刻移除多孔矽，並以濕清潔將其完全地清潔。單晶矽膜會與氧化矽膜一起轉移至第二矽晶圓以產生SOI晶圓。當以平面中10nm晶圓格點量測轉移的單晶矽之膜厚時，平均膜厚為210nm而變異為±7nm。此外，當使用原子力顯微鏡以256×256量測點量測1μm及50μm平方內的表面粗糙度時，表面粗糙度分別為10.1nm及9.8nm均方粗糙度(Rrms)。此外，當以二次離子質譜儀量測硼濃度時，單晶矽膜的硼濃度為 $1.2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。以氫氟酸蝕刻，以移除每一SOI晶圓的背面上之氧化矽膜，接著，將這些晶圓安裝於垂直熱處理中。氣體會從爐子的頂部向下流至其底部。晶圓以水平狀態及晶圓之間約6mm的間隔之方式安裝於SiC船上，以致於一SOI晶圓的背面會面對另一SOI晶圓的SOI層表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得矽晶圓會作為仿晶圓而以相同間隔置於頂端SOI晶圓之上。在爐中的氛圍會由氮取代，且溫度會上升至1100℃並維持四小時。接著，再將溫度降低且從爐中取出晶圓。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (36)

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡觀察單晶矽膜的表面粗糙度。當多孔層面對矽以密封其毛孔時，在 $1 \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0.11 nm 及在 $50 \mu\text{m}$ 平方為 0.35 nm ，這表示表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。

在熱處理之後，也使用二次離子質譜儀以量測單晶矽膜的硼濃度。發現量測部份中的硼濃度減少至 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 或更少，且此範圍係在可適當地產生裝置之等級。

(實施例 7)

將具有 $10 \Omega \text{ cm}$ 電阻率之 p 型 8 吋 (100) 仿矽晶圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中，並將添加至氫氣之 SiH_2Cl_2 與 B_2H_6 供應給裝置以沈積 $0.5 \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。當使用原子力顯微鏡觀測從裝置中取出的晶圓表面時，觀測到原子步階之間約 200 nm 的間隔之步階 - 平台結構。此外，藉由使用二次離子質譜儀以量測硼濃度的深度方向之分佈，從表面向下至 $0.5 \mu\text{m}$ 的深度之硼濃度為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。再者，在 49 wt. \% HF 濃度的氫氟酸與乙醇以 2 : 1 比例混合之溶液中，將晶圓表面陽極化，以在表面上形成 $0.7 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。使用掃瞄式電子顯微鏡且觀察所形成的多孔矽層之剖面，發現從表面層中的表面至 $0.5 \mu\text{m}$ 深度形成有低多孔度層且在低多孔度層之下向下 $0.2 \mu\text{m}$ 的深度形成有高多孔度層。在 400°C 下於

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (37)

氮氛圍中，將矽晶圓熱處理一小時，接著，將其浸於 1 . 2 5 w t % H F 的 H F 溶液中 3 0 秒以移除形成於多孔層的表面上及接近它之很薄的氧化物膜。接著，以水完全地清潔晶圓並將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中並於 1 1 0 0 ° C 下於 H₂ 中烘烤一分鐘。然後，將 S i₂ H₂ C l₂ 導入 H₂ 載送氣體中，且二氯矽烷或矽烷添加至 9 0 0 ° C 之氮氛圍中作為矽氣體源以在多孔矽上形成平均厚度 3 1 0 n m ± 4 n m 之單晶矽膜。從磊晶生長裝置中取出矽晶圓並將其安裝在氧化爐中，於其中使用具有氧及氫之燃燒氣體以使單晶矽膜的表面氧化，藉以形成 2 0 0 n m 厚的氧化矽膜。藉由此氧化，單晶矽膜的厚度變成 2 1 0 n m。此矽晶圓與在整個表面上由熱氧化形成有 2 0 0 n m 厚的氧化矽膜之第二矽晶圓均會接受通常用於矽裝置製程之濕清潔，以形成清潔表面，接著將它們接合在一起。將接合的矽晶圓組安裝於熱處理爐中並於爐中於 1 1 0 0 ° C 下將它們熱處理一小時以加強接合表面的黏合強度。在氮與氧混合中增加溫度，且此熱處理氮氛圍會由氧取代，接著由氧與氫的燃燒氣體取代，在 1 1 0 0 ° C 下維持一小時，接著在氮氛圍中降低溫度。當從矽晶圓的側邊對著矽晶圓組注入噴水時，流體楔的作用會於高多孔度的多孔層處分離矽晶圓組以使多孔層曝露。第二矽晶圓側的分離晶圓會浸入於氫氟酸與過氧化氫的混合溶液中以藉由蝕刻移除多孔矽，以濕蝕刻將其完全地清潔。單晶矽膜會與氧化矽膜一起轉移至第二矽晶圓以產生

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (38)

S O I 晶圓。當以平面內 1 0 m m 晶格點量測轉移的單晶矽之膜厚時，平均膜厚為 2 1 0 n m，變異為 ± 5 n m。此外，當使用原子力顯微鏡以 2.56×2.56 量測點量測 $1 \mu\text{m}$ 及 $50 \mu\text{m}$ 平方內的表面粗糙度時，表面粗糙度分別為 1 0 . 1 n m 及 9 . 8 n m 均方粗糙度 (R r m s)。此外，當以二次離子質譜儀量測硼濃度時，單晶矽膜的硼濃度為 $1.2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。以氫氟酸蝕刻移除每一 S O I 晶圓的背表面上之氧化矽膜，接著將 S O I 晶圓安裝於包括石英爐管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓會以水平狀態及晶圓之間約 6 . 3 m m 之間隔安裝於 S i C 船中，以致於一 S O I 晶圓的背面會面對另一 S O I 晶圓的 S O I 層表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得的矽晶圓會作為仿晶圓，以相同間隔置於頂端 S O I 晶圓之上。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會增加至 1100°C 並維持四小時。然後再度減少溫度及從爐中取出晶圓。再度量測 S O I 層的膜厚。在所有晶圓中，S O I 晶圓的膜厚減少量為 1 n m 或更少。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡量測單晶矽膜的表面粗糙度。在 $1 \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0 . 1 2 n m，在 $50 \mu\text{m}$ 平方中為 0 . 3 4 n m，這意指表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。在熱處理之後，也使用二次離子質譜儀量測單晶矽膜的硼濃度。發現硼濃度降低至 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 或更少，此為可適

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (39)

當地生產裝置之等級。

以蝕刻移除餘留在分離的第一矽晶圓之表面上的多孔矽，並將這些晶圓安裝在包括石英爐管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓會以水平狀態及晶圓之間約 6.3 mm 之間隔安裝於 SiC 船中，以致於一品圓的背面會面對另一品圓的表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得的矽晶圓會作為仿晶圓，以相同間隔置於頂端晶圓之上。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會增加至 1100 °C 並維持四小時。然後再度減少溫度及從爐中取出晶圓。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡量測單晶矽膜的表面粗糙度。在 1 μ m 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0.12 nm，在 50 μ m 平方中為 0.34 nm，這意指表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。此外，以白光照射晶圓表面並以視覺觀察散射光，未發現諸如漩渦等圖案。當這些晶圓作為第一矽晶圓以接受上述處理時，可以類似地產生 SOI 晶圓。藉由使用 (100) Si p-仿基底作為第一基底，可取得類似結果。

[實施例 8]

將 n 型 8 吋 (100) 仿矽晶圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中，並將添加至氫氣之 SiH₂Cl₂ 與 PH₃ 供應給裝置以沈積 0.3 μ m 厚的磊晶矽層。當使用原子力顯微鏡觀測從裝置中取出的晶圓

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(40)

表面時，觀測到原子步階之間約 200 nm 的間隔之步階—平台結構。此外，藉由使用二次離子質譜儀以量測磷濃度的深度方向之分佈，從表面向下至 0.3 μm 的深度之磷濃度為 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。再者，在 49 wt. % HF 濃度的氫氟酸與乙醇以 2:1 比例混合之溶液中，將晶圓表面陽極化，以在表面上形成 1 μm 厚的多孔矽層。使用掃瞄式電子顯微鏡且觀察所形成的多孔矽層之剖面，發現從表面層中的表面至 0.3 μm 深度形成有低多孔度層且在低多孔度層之下向下 0.7 μm 的深度形成有高多孔度層。在 400 °C 下於氧氛圍中，將矽晶圓熱處理一小時，接著，將其浸於 1.25 wt % HF 的 HF 溶液中 20 秒以移除形成於多孔層的表面上及接近它之很薄的氧化物膜。接著，以水完全地清潔晶圓並將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中並於 1100 °C 下於 H₂ 中烘烤一分鐘。然後，將 Si₂H₂Cl₂ 導入 H₂ 載送氣體中，且二氯矽烷或矽烷添加至 900 °C 之氧氛圍中作為矽氣體源以在多孔矽上形成平均厚度 310 nm ± 4 nm 之單晶矽膜。從磊晶生長裝置中取出矽晶圓並將其安裝在氧化爐中，於其中使用具有氧及氫之燃燒氣體以使單晶矽膜的表面氧化，以形成 200 nm 厚的氧化矽膜。藉由此氧化，單晶矽膜的厚度變成 210 nm。此矽晶圓與在整個表面上由熱氧化形成有 200 nm 厚的氧化矽膜之第二矽晶圓均會接受通常用於矽裝置製程之濕清潔，以形成清潔表面，接著將它們接

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(41)

合在一起。將接合的矽晶圓組安裝於熱處理爐中並於爐中於 1100°C 下將它們熱處理一小時以加強接合表面的黏合強度。在氮與氧混合中增加溫度，且此熱處理氛圍會由氧取代，接著由氧與氫的燃燒氣體取代，在 1100°C 下維持此狀態一小時，接著在氮氛圍中降低溫度。當從矽晶圓的側邊對著矽晶圓組注入噴水時，流體楔的作用會於高孔度的多孔層處分離矽晶圓組以使多孔層曝露。第二矽晶圓側的分離晶圓會浸入於氫氟酸與過氧化氫的混合溶液中以藉由蝕刻移除多孔矽，並以濕蝕刻將其完全地清潔。單晶矽膜會與氧化矽膜一起轉移至第二矽晶圓以產生

SOI 晶圓。當以平面內 10mm 晶格點量測轉移的單晶矽之膜厚時，平均膜厚為 210nm ，變異為 $\pm 5\text{nm}$ 。此外，當使用原子力顯微鏡以 256×256 量測點量測 $1\mu\text{m}$ 及 $50\mu\text{m}$ 平方內的表面粗糙度時，表面粗糙度分別為 10.1nm 及 9.8nm 均方粗糙度 (R r m s)。此外，當以二次離子質譜儀量測硼濃度時，單晶矽膜的硼濃度為 $1.2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。以氫氟酸蝕刻移除每一 SOI 晶圓的背表面上之氧化矽膜，接著將 SOI 晶圓安裝於包括石英爐管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓會以水平狀態及晶圓之間約 6.3mm 之間隔安裝於 SiC 船中，以致於一 SOI 晶圓的背面會面對另一 SOI 晶圓的 SOI 層表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得的矽晶圓會作為仿晶圓，以相同間隔置於頂端 SOI 晶圓之上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (42)

。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會增加至 1100°C 並維持四小時。然後再度減少溫度及從爐中取出晶圓。再度量測 S O I 層的膜厚。在所有晶圓中，S O I 晶圓的膜厚減少量為 1 nm 或更少。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡量測單晶矽膜的表面粗糙度。在 $1\ \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0.12 nm ，在 $50\ \mu\text{m}$ 平方中為 0.34 nm ，這意指表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。在熱處理之後，也使用二次離子質譜儀量測單晶矽膜的硼濃度。發現硼濃度降低至 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 或更少，此為可適當地生產裝置之等級。

以蝕刻移除餘留在分離的第一矽晶圓之表面上的多孔矽，並將這些蝕刻過的晶圓安裝在包括石英爐管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓會以水平狀態及晶圓之間約 6.3 mm 之間隔安裝於 S i C 船中，以致於一品圓的背面會面對另一晶圓的表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得的矽晶圓會作為仿晶圓，以相同間隔置於頂端晶圓之上。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會增加至 1100°C 並維持四小時。然後再度減少溫度及從爐中取出晶圓。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡量測單晶矽膜的表面粗糙度。在 $1\ \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0.12 nm ，在 $50\ \mu\text{m}$ 平方中為 0.34 nm ，這意指表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。此外，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(43)

以白光照射晶圓表面並以視覺觀察散射光，未發現諸如漩渦等圖案。當這些晶圓作為第一矽晶圓以接受上述處理時，可以類似地產生S O I晶圓。

[實施例9]

將具有 $0.015 \Omega \text{ cm}$ 電阻率之8吋(100)矽晶圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中。將添加至氫氣之 SiH_2Cl_2 ，供應至裝置以沈積 $0.5 \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。將這些晶圓安裝於垂直熱處理爐中並於 1100°C 下於爐中將其熱處理二小時。當使用電子顯微鏡觀察從裝置中取出的晶圓之表面時，觀測到原子步階之間具有 200 nm 的間隔之步階—平台結構。此外，在49 wt. % HF濃度與乙醇以2:1比例混合之氫氟酸溶液中，陽極處理晶圓表面，以在表面上形成 $10 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。於 400°C 下，在氧氛圍中，熱處理矽晶圓一小時，接著將其浸在1.25 wt % HF的HF溶液中30秒，以移除形成於多孔層的表面上及接近它之非常薄的氧化物膜。然後，以水完全地清洗晶圓及將其乾燥。接著，將這些晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中，接著，將 SiH_2Cl_2 與作為載送氣體之 H_2 一起導入裝置以在 900°C 及80 Torr下沈積 $175 \text{ nm} \pm 3 \text{ nm}$ 的平均厚度之單晶矽膜。將矽晶圓安裝於氧化爐中，及使用具有氧及氫之燃燒氣體以將單晶矽膜的表面氧化以形成 50 nm 厚的氧化矽膜。此矽晶圓及石英基底會接受通常

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(44)

用於矽裝置製程之濕清潔，並接著被安裝於真空室中，於其中它們會曝露於 N_2 電漿下一分鐘。接著，將晶圓從室中取出，浸在去離子水中 10 分鐘，並接合在一起。接著，將接合的晶圓組之第一矽晶圓的背表面側拋光 $500 \mu m$ 以使第一矽晶圓更薄。將接合的晶圓安裝在熱處理爐中並於爐中 $300^\circ C$ 下將它們熱處理 24 小時以加強接合表面的黏合強度。再度拋光接合的晶圓組之矽晶圓的背表面以使多孔矽曝露。將接合的晶圓組再安裝於熱處理爐中並於爐中 $400^\circ C$ 下將它們熱處理一小時。接合的晶圓組會浸於氫氟酸與過氧化氫的混合溶液中以由蝕刻移除多孔矽，並由濕蝕刻完全地清潔。單晶矽膜會與氧化矽膜一起轉移至第二矽晶圓以產生 SOI 晶圓。將 SOI 晶圓再浸於鹼溶液中以蝕刻表面矽層，以致於 SOI 層的厚度會減少至約 $100 nm$ 。當以平面內 $10 - mm$ 晶格點量測轉移的單晶矽之膜厚時，平均膜厚為 $100 nm$ ，具有 $\pm 3 nm$ 的變異。此外，當使用原子力顯微鏡以 256×256 量測點量測 $1 \mu m$ 及 $50 \mu m$ 平方內的表面粗糙度時，表面粗糙度分別為 $10.1 nm$ 及 $9.8 nm$ 均方粗糙度 (R_rms)。將這些 SOI 晶圓安裝於垂直熱處理中。氣體會從爐子的頂部向下流至其底部。晶圓以水平狀態及晶圓之間約 $6 mm$ 的間隔之方式安裝於 SiC 船上，以致於一 SOI 晶圓的背面會面對另一 SOI 晶圓的 SOI 層表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得矽晶圓會作為仿晶圓而以相同間隔置於頂端 SOI 晶圓之上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(45)

。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會上升至 970°C 並維持四小時。接著，再將溫度降低且從爐中取出晶圓。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡觀察單晶矽膜的表面粗糙度。當多孔層面對矽以密封多孔層的毛孔時，在 $1\ \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 $0.11\ \text{nm}$ 及在 $50\ \mu\text{m}$ 平方為 $0.35\ \text{nm}$ ，這表示表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。

在熱處理之後，也使用二次離子質譜儀以量測單晶矽膜的硼濃度。發現硼濃度減少至 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 或更少，且此範圍係在可適當地產生裝置之等級。

[實施例 10]

將具有 $0.015\ \Omega\ \text{cm}$ 電阻率之摻雜有硼的 5 吋 (100) 矽晶圓以 80°C 下的氫氟酸與過氧化氫之混合溶液清洗並接著浸於 40 wt % NH_4F 溶液中三秒鐘。接著，晶圓浸於去離子水中三分鐘。當使用原子力顯微鏡觀測晶圓表面時，觀測到原子步階之間約 $200\ \text{nm}$ 的間隔之步階—平台結構。此外，在 49 wt % HF 濃度的氫氟酸與乙醇以 2 : 1 比例混合之溶液中，將晶圓表面陽極化，以在表面上形成 $10\ \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。在 400°C 下於氧氛圍中，將矽晶圓熱處理一小時，接著，將其浸於 1.25 wt % HF 的 HF 溶液中 30 秒以移除形成於多孔層的表面上及接近它之很薄的氧化物膜。接著，以水完全地清潔晶圓並將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於包

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(46)

括石英爐管之垂直熱處理爐中。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會上升至 1150°C 並維持二小時。接著，再將溫度降低且從爐中取出品圓。然後，使用電子顯微鏡觀察具有多孔層形成於其上的品圓表面，未發現餘留的毛孔。

將這些品圓安裝於磊晶生長裝置中及在下述條件中形成單晶矽層。

生長溫度： 1080°C

生長壓力： 760 Torr

氣體成份： H_2 ； 230 升/分鐘

SiH_2Cl_2 ； 0.4 升/分鐘

膜厚： $2\ \mu\text{m}$

這些樣品會接受缺陷顯示蝕刻，接著使用光學顯微鏡觀察，發現堆疊的缺陷密度為 $7 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。另一方面，當在形成多孔層之前未執行氟化銨化學處理時（比較實施例），堆疊缺陷密度為 $5 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

[實施例 11]

將具有 $10\ \Omega\ \text{cm}$ 電阻率之 p 型 8 吋 (100) 仿矽品圓置於商業上可取得的葉對葉型磊晶生長裝置中，並將添加至氫氣之 SiH_2Cl_2 與 B_2H_6 供應給裝置以沈積 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚的磊晶矽層。當使用原子力顯微鏡觀測從裝置中取出的品圓表面時，觀測到原子步階之間約 $200\ \text{nm}$ 的間隔之步階—平台結構。此外，藉由使用二次離子

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(47)

質譜儀以量測硼濃度的深度方向之分佈，從表面向下至 $0.5 \mu\text{m}$ 的深度之硼濃度為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。以 80°C 的氫與過氧化氫的混合溶液清洗晶圓 10 分鐘並將其浸在去離子水中 10 分鐘。接著，以 1.25 wt % HF 之 HF 溶液清洗 30 秒，以去離子水潤濕 10 分鐘，使用旋轉乾燥機乾燥。由此清除所減少的厚度量為 4 nm，且維持步階 - 平台結構。此外，在 49 wt % HF 濃度的氫氟酸與乙醇以 2 : 1 比例混合之溶液中，將晶圓表面陽極化，以在表面上形成 $0.7 \mu\text{m}$ 厚的多孔矽層。使用掃描式電子顯微鏡且觀察所形成的多孔矽層之剖面，發現從表面層中的表面至 $0.5 \mu\text{m}$ 深度形成有低多孔度層且在低多孔度層之下向下 $0.2 \mu\text{m}$ 的深度形成有高多孔度層。在 400°C 下於氧氛圈中，將矽晶圓熱處理一小時，接著，將其浸於 1.25 wt % HF 的 HF 溶液中 30 秒以移除形成於多孔層的表面上及接近它之很薄的氧化物膜。接著，以水完全地清潔晶圓並將其乾燥。接著，將這些矽晶圓安裝於葉對葉型磊晶生長裝置中並於 950°C 及 600 Torr 下於 H_2 中烘烤一分鐘。然後，在壓力降至 80 Torr 之後，將 $\text{Si}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ 導入，且將矽氣體源加至 900°C 之氧氛圈中以在多孔矽上形成平均厚度 $310 \text{ nm} \pm 4 \text{ nm}$ 之單晶矽膜。從磊晶生長裝置中取出矽晶圓並將其安裝在氧化爐中，於其中使用具有氧及氫之燃燒氣體以使單晶矽膜的表面氧化，以形成 200 nm 厚的氧化矽膜。藉由此氧化，單晶矽膜的厚度變成 210

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(48)

n m。此矽晶圓與在整個表面上由熱氧化形成有 200 n m 厚的氧化矽膜之第二矽晶圓均會接受通常用於矽裝置製程之濕清潔，以形成清潔表面，接著將它們接合在一起。將接合的矽晶圓組安裝於熱處理爐中並於爐中於 1100 °C 下將它們熱處理一小時以加強接合表面的黏合強度。在氮與氧混合中增加溫度，且此熱處理氛圍會由氧取代，接著由氧與氫的燃燒氣體取代，在 1100 °C 下維持一小時，接著在氮氛圍中降低溫度。當從矽晶圓的側邊對著矽晶圓組注入噴水時，流體楔的作用會於高多孔度的多孔層處分離矽晶圓組以使多孔層曝露。第二矽晶圓側的分離晶圓會浸入於 HF 與過氧化氫的混合溶液中以藉由蝕刻移除多孔矽，以濕蝕刻將其完全地清潔。單晶矽膜會與氧化矽膜一起轉移至第二矽晶圓以產生 SOI 晶圓。當以平面內 10 mm 晶格點量測轉移的單晶矽之膜厚時，平均膜厚為 210 nm，變異為 ± 5 nm。此外，當使用原子力顯微鏡以 256 × 256 量測點量測 1 μm 及 50 μm 平方內的表面粗糙度時，表面粗糙度分別為 10.1 nm 及 9.8 nm 均方粗糙度 (R r m s)。此外，當以二次離子質譜儀量測硼濃度時，單晶矽膜的硼濃度為 $1.2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。以氫氟酸蝕刻移除每一 SOI 晶圓的背表面上之氧化矽膜，接著將 SOI 晶圓安裝於包括石英爐管之垂直熱處理爐中。氣體會從爐的頂部流至其底部。如圖 8 所示，晶圓會以水平狀態及晶圓之間約 6.3 mm 之間隔安裝於 SiC 船中，以致於一 SOI 晶圓的背面會面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(49)

對另一 S O I 晶圓的 S O I 層表面且晶圓的中心會與爐管的中心線對齊。商業上可取得的矽晶圓會作為仿晶圓，以相同間隔置於頂端 S O I 晶圓之上。在爐中的氛圍會由氫取代，且溫度會增加至 1100°C 並維持四小時。然後再度減少溫度及從爐中取出晶圓。再度量測 S O I 層的膜厚。在所有晶圓中，S O I 晶圓的膜厚減少量為 1 nm 或更少。

在熱處理之後，使用原子力顯微鏡量測單晶矽膜的表面粗糙度。在 $1\ \mu\text{m}$ 平方中的均方粗糙度 (R r m s) 為 0.12 nm ，在 $50\ \mu\text{m}$ 平方中為 0.34 nm ，這意指表面與商業上可取得的矽晶圓之表面一般平滑。在熱處理之後，也使用二次離子質譜儀量測單晶矽膜的硼濃度。發現硼濃度降低至 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 或更少，此為可適當地生產裝置之等級。

將所取得的 S O I 晶圓浸在 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 與氫氟酸的混合溶液中並將其蝕刻直至 S O I 層的厚度變成 80 nm 為止。接著，將這些晶圓浸在 $\text{HF}\ 49\text{ wt. \%}$ 含水溶液中三分鐘。這將允許 S O I 層中所有的缺陷被選擇性地蝕刻以形成到達嵌入的氧化物膜之毛孔。當這些晶圓接著浸在氫氟酸中時，在毛孔之下的嵌入氧化物膜會被蝕刻以能使用光學顯微鏡輕易觀察。在本實施例中，所觀察到的晶圓缺陷為 $8 \times 10 / \text{cm}^2$ 。

根據上述每一實施例，多孔矽的毛孔大小分佈可以窄化以改進形成於多孔矽上的非多孔單晶半導體膜之晶性。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(50)

此外，當多孔矽的表面中的毛孔由在含有還原氛圍之氫中的熱處理密封時，可以增加毛孔密封速率或減少密封毛孔所需的時間。結果，能夠改進形成於多孔矽層上的非多孔單晶半導體膜之表面粗糙度及晶性。

此外，當依序形成磊晶矽層及多孔矽時，具有多孔層形成於其上之半導體基底構件的表面層未含有可變成

C O P 之空乏，藉以助於改進晶性及表面特性。此外，當依序形成 p 磊晶矽層與多孔矽層時，可以選取不貴的仿晶圓作為半導體基底構件以減少成本。再者，當在形成多孔矽層之前，高濃度摻雜的磊晶矽層形成於低濃度基底上時，則低多孔度層會形成於高濃度摻雜的磊晶矽層上，而高多孔度層會形成於低濃度基底上。結果，可形成非多孔單晶半導體膜且其會接合至第二構件，可在高多孔度層分離所造成的多層結構以將非多孔度單晶半導體膜轉移至第二構件。

此外，可於再使用之分離的仿晶圓上形成磊晶矽層。再者，由於轉移至第二構件之大部份層係由磊晶生長所形成，所以，仿晶圓的膜厚之減少量非常小，因此，由晶圓厚度減少而造成的強度減少於重覆使用時不會有問題。

此外，由於在磊晶層與基底之間的界面處之多孔結構的改變，所以分離表面是非常的平滑，因此，分離的晶圓可用於再使用之表面平滑處理。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂線

四、中文發明摘要(發明之名稱：

半導體基底構件及其製造方法)

爲使多孔層的毛孔大小分佈均勻，包括原子步階及平台之表面形成於矽基底材料的表面上並在不消除步階及平台之下被製成多孔的，然後在其上形成非多孔的半導體單晶膜。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

夾

英文發明摘要(發明之名稱: Semiconductor base members and method for producing the same)

To make the pore size distribution of a porous layer uniform, a surface comprising atom steps and terraces is formed on the surface of a silicon base material and made porous without eliminating the steps and terraces, and then a nonporous semiconductor single-crystal film is formed thereon.

六、申請專利範圍

1. 一種半導體基底構件的製造方法，包括下述步驟：在矽基底材料上形成包括原子步階與平台之表面、將表面製成多孔的、及接著於其上形成非多孔膜。

2. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由在含有還原氛圍之氫中的熱處理以形成原子步階與平台，取得包括原子步階與平台之表面，接著在不消除原子步階與平台的條件下清潔表面。

3. 如申請專利範圍第2項之半導體基底構件的製造方法，其中含有還原氛圍之氫含有100%的氫。

4. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由形成磊晶矽層以形成原子步階及平台，以取得包括原子步階及平台之表面，及接著在不消除原子步階與平台的條件下清潔表面。

5. 如申請專利範圍第4項之半導體基底構件的製造方法，其中磊晶矽層摻雜有雜質以被轉換成p-或n-型退化狀態。

6. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中，提供表面不具有原子步階與平台之矽基底材料，原子步階及平台會形成於表面上，在不消除原子步階與平台之條件下清潔表面，及將包括原子步階及平台的清潔過的表面製成多孔的。

7. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由化學清潔或氣體蝕刻以形成原子步階與平台，而取得包括步階與平台之表面。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

六、申請專利範圍

8. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中雜質濃度比所提供的矽基底材料之雜質濃度還高之磊晶矽層會形成於所提供的矽基底材料上以形成原子步階及平台，在不消除原子步階及平台條件下清潔包括原子步階與平台之表面，接著將磊晶矽層及矽基底材料的表面製成多孔的。

9. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，其中原子步階的周期是200nm或更大。

10. 如申請專利範圍第1項之半導體基底構件的製造方法，又包括一步驟：磊晶地生長含有雜質的矽基底材料及接著熱處理基底材料以將雜質從基底材料擴散至磊晶層。

11. 一種半導體基底構件之製造方法，包括：在矽基底材料上形成包括原子步階及平台之表面，將表面製成多孔的以形成多孔層，及在其上形成非多孔的半導體單晶膜以提供第一構件；將第一構件與第二構件接合在一起以取得具有非多孔半導體單晶膜位於內部之多層結構；及從多層結構移除多孔層。

12. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中藉由在含有還原氛圍之氫中的熱處理以形成原子步階與平台，取得包括原子步階與平台之表面，接著在不消除原子步階與平台的條件下清潔表面。

13. 如申請專利範圍第12項之半導體基底構件的製造方法，其中含有還原氛圍之氫含有100%的氫。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1 4 . 如申請專利範圍第 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由形成磊晶矽層以形成原子步階及平台，以取得包括原子步階及平台之表面，及接著在不消除原子步階與平台的條件下清潔表面。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 4 項之半導體基底構件的製造方法，其中磊晶矽層摻雜有雜質以被轉換成 p - 或 n - 型退化狀態。

1 6 . 如申請專利範圍第 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中，提供表面不具有原子步階與平台之矽基底材料，原子步階及平台會形成於表面上，在不消除原子步階與平台之條件下清潔表面，及將包括原子步階及平台的清潔過的表面製成多孔的。

1 7 . 如申請專利範圍第 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由化學清潔或氣體蝕刻以形成原子步階與平台，而取得包括步階與平台之表面。

1 8 . 如申請專利範圍第 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中雜質濃度比所提供的矽基底材料之雜質濃度還高之磊晶矽層會形成於所提供的矽基底材料上以形成原子步階及平台，在不消除原子步階及平台條件下清潔包括原子步階與平台之表面，接著將磊晶矽層及矽基底材料的表面製成多孔的。

1 9 . 如申請專利範圍第 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中原子步階之間的間隔是 2 0 0 n m 或更大。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

始

始

六、申請專利範圍

20. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，又包括一步驟：在含有雜質的矽基底材料之表面上生長磊晶層及接著熱處理表面以將雜質從基底材料擴散至磊晶層。

21. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中絕緣膜係形成於第一及第二構件中的至少一構件之要被接合的表面上。

22. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中第二構件係絕緣體。

23. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中，藉由移除未製成多孔的矽基底材料及接著移除曝露的多孔層，執行從多層結構移除多孔層之步驟。

24. 如申請專利範圍第23項之半導體基底構件的製造方法，其中以研磨、拋光、及蝕刻之至少一者，移除未製成多孔的矽基底材料。

25. 如申請專利範圍第23項之半導體基底構件的製造方法，其中在多孔層內及／或在與多孔層的界面上，分離多孔層結構，以移除未製成多孔之矽基底材料。

26. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中整個矽基底材料係製成多孔的。

27. 如申請專利範圍第11項之半導體基底構件的製造方法，其中藉由在 p 或 n 矽區上沈積 p 磊晶矽層或在 n 矽區上沈積 n 磊晶矽層，以形成包括原子步階及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

平台之表面，其中多孔層係被形成為進入 p 或 n 矽區的至少部份，且其中多層結構會於 p 或 n 矽區中的多孔層內及／或在該區與多孔層之間的界面上分離。

28. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，其中在分離步驟中分離的矽基底材料會再作為用於第一構件之矽基底材料。

29. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，其中矽基底材料係仿等級的矽晶圓。

30. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，其中在使包括原子步階及平台之矽基底材料的表面製成多孔之後，在含有還原氛圍之氫中執行熱處理以密封製成多孔的表面之毛細孔。

31. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，其中在使包括原子步階及平台之矽基底材料的表面製成多孔之後，在多孔矽中的毛細孔之側壁的表面及多孔矽的表面會被氧化。

32. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，如其中在使包括原子步階及平台之矽基底材料表面製成多孔之後，多孔矽的毛細孔之側壁的表面及多孔矽的表面會被氧化，接著在含有還原氛圍之氫中執行熱處理以密封製成多孔的表面之毛細孔。

33. 如申請專利範圍第 11 項之半導體基底構件的製造方法，其中在氧化多孔矽的毛細孔之側壁的表面及多孔矽的表面之後，氧化物膜會從多孔矽的表面剝離。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

3 4 . 如申請專利範圍第 1 或 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中非多孔半導體單晶膜包括矽。

3 5 . 如申請專利範圍第 1 或 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中矽基底材料為單晶矽。

3 6 . 如申請專利範圍第 1 或 1 1 項之半導體基底構件的製造方法，其中矽基底材料為 (1 0 0) 單晶矽。

3 7 . 一種半導體基底構件，以如申請專利範圍第 1 項至 3 6 項中的任一項之半導體基底構件的製造方法製造。

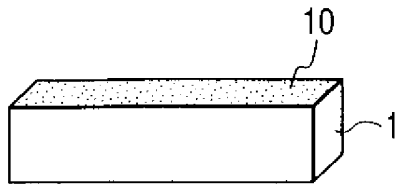
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

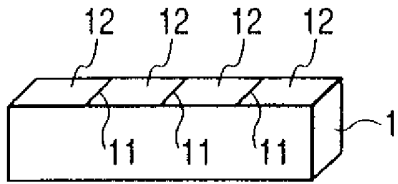
訂

線

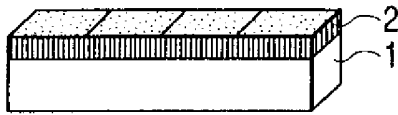
第 1 圖 A



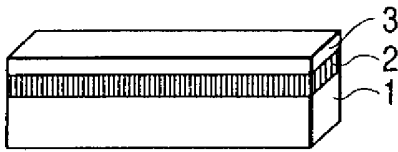
第 1 圖 B



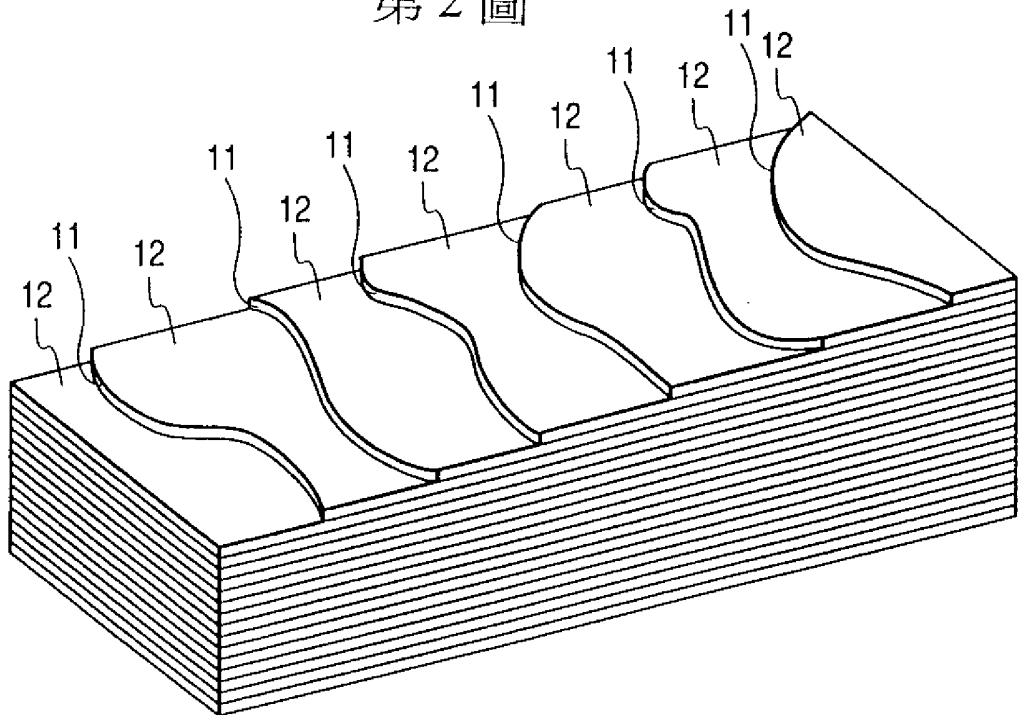
第 1 圖 C



第 1 圖 D

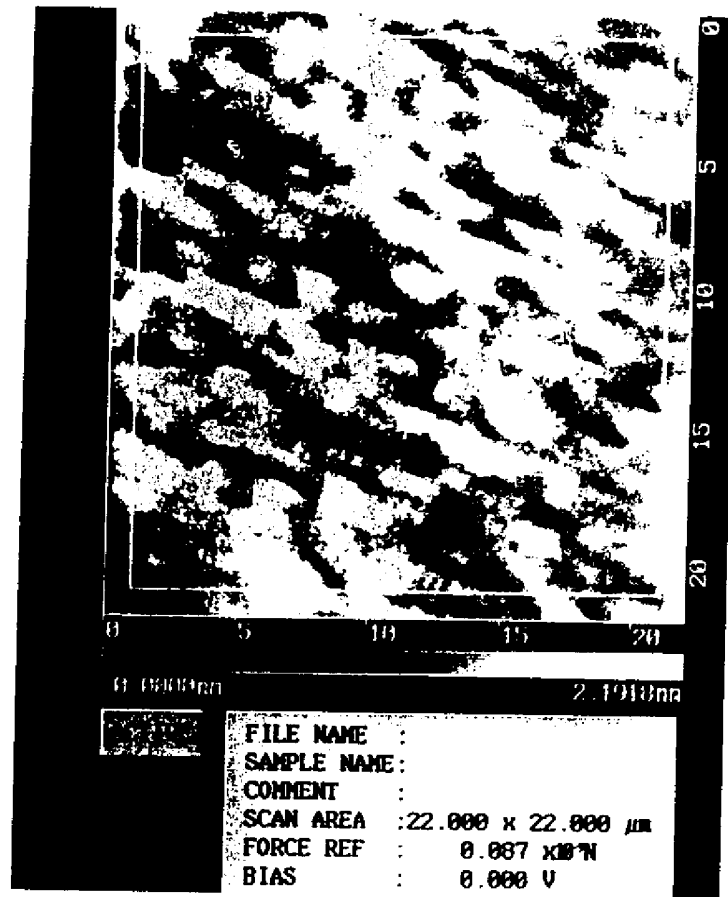


第 2 圖



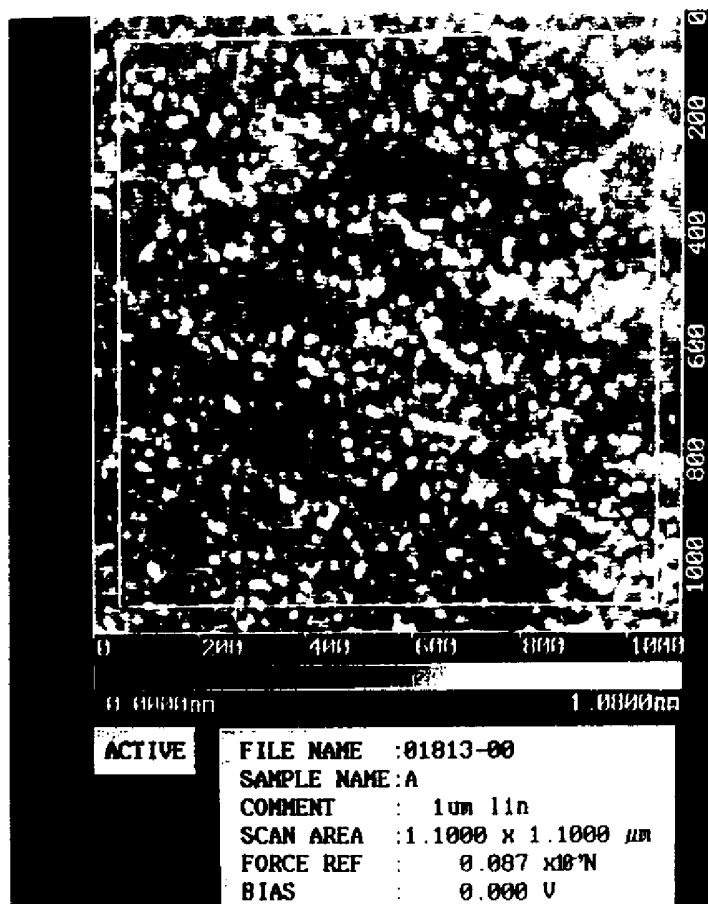
444304

第3圖B

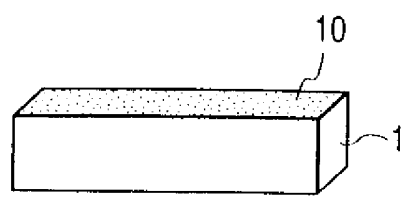


444304

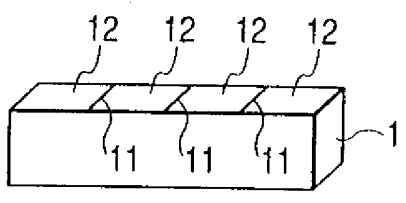
第3圖A



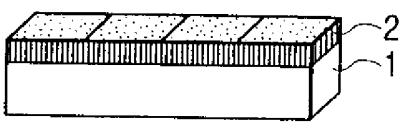
第 4 圖 A



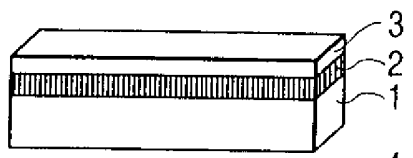
第 4 圖 B



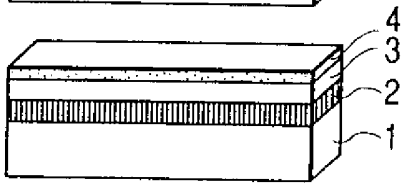
第 4 圖 C



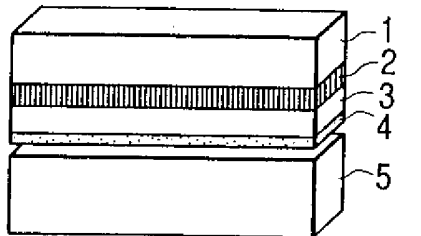
第 4 圖 D



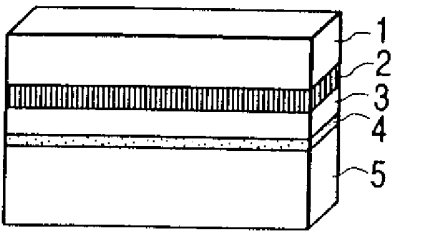
第 4 圖 E



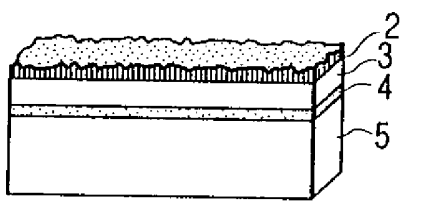
第 4 圖 F



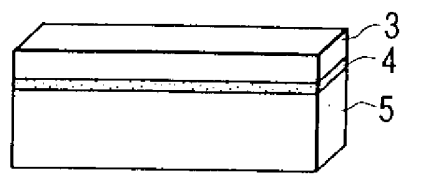
第 4 圖 G



第 4 圖 H



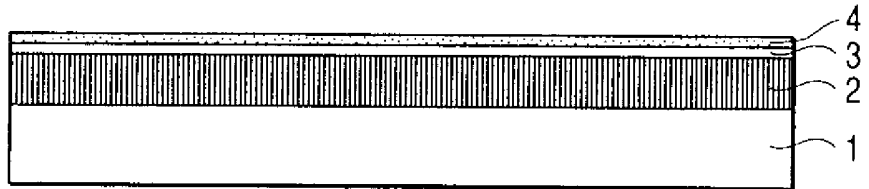
第 4 圖 I



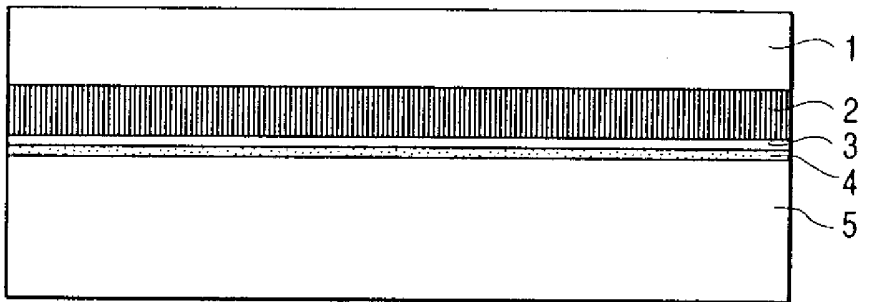
第 5 圖 A



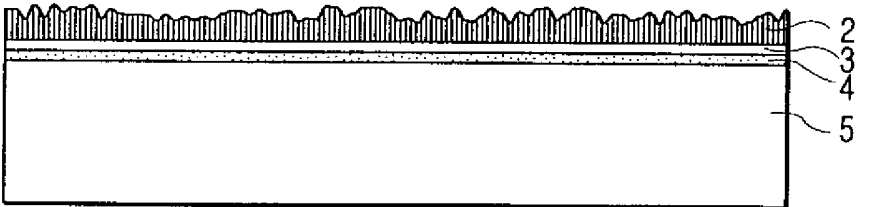
第 5 圖 B



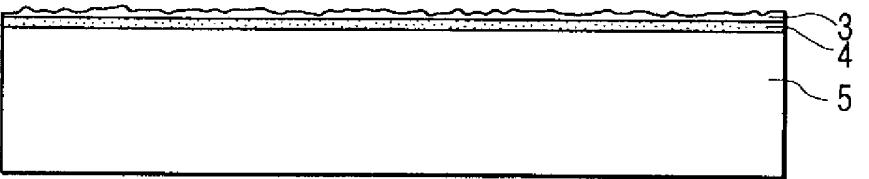
第 5 圖 C



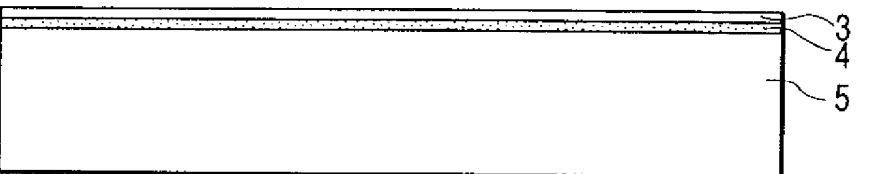
第 5 圖 D



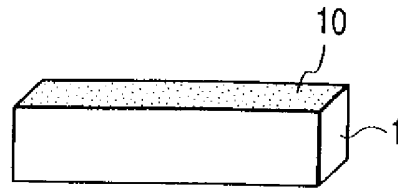
第 5 圖 E



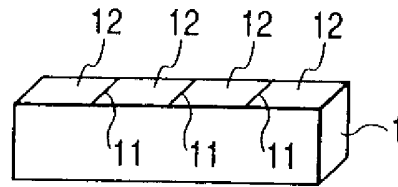
第 5 圖 F



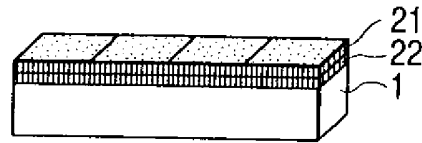
第 6 圖 A



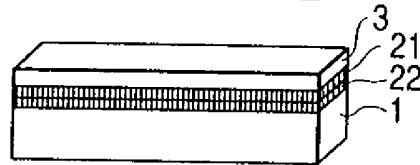
第 6 圖 B



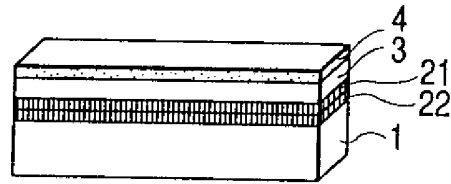
第 6 圖 C



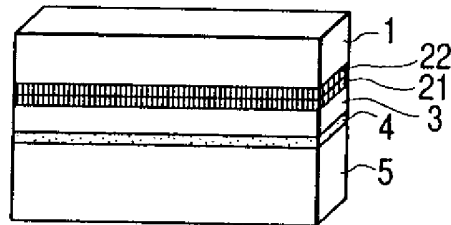
第 6 圖 D



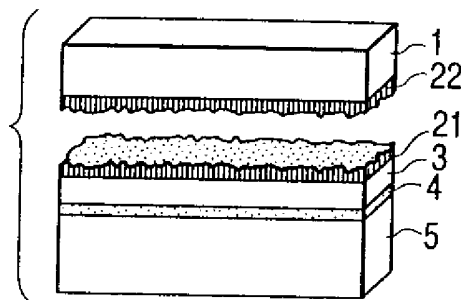
第 6 圖 E



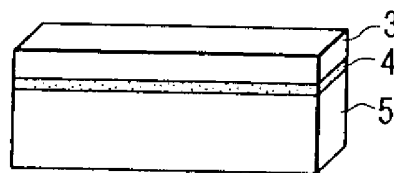
第 6 圖 F

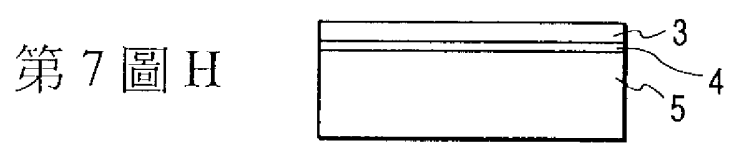
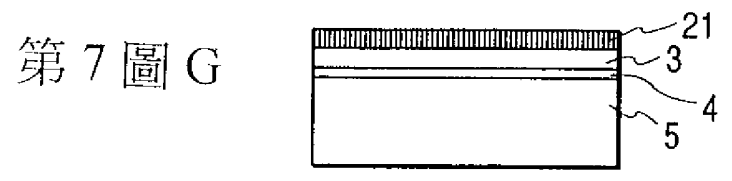
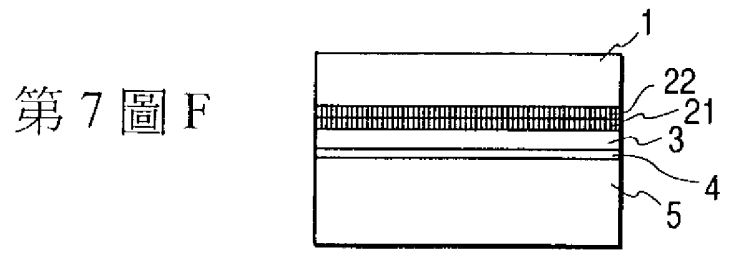
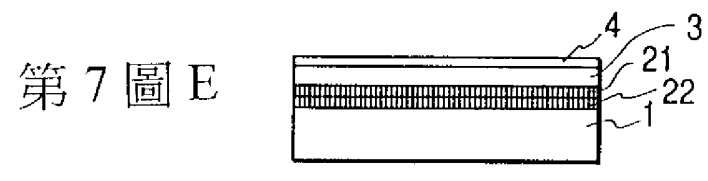
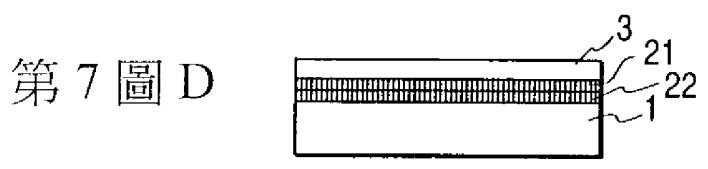
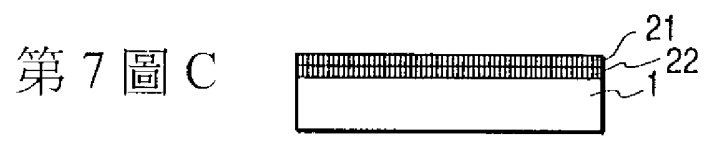
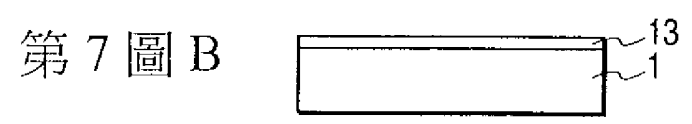
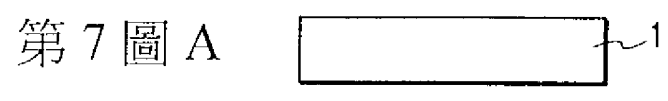


第 6 圖 G

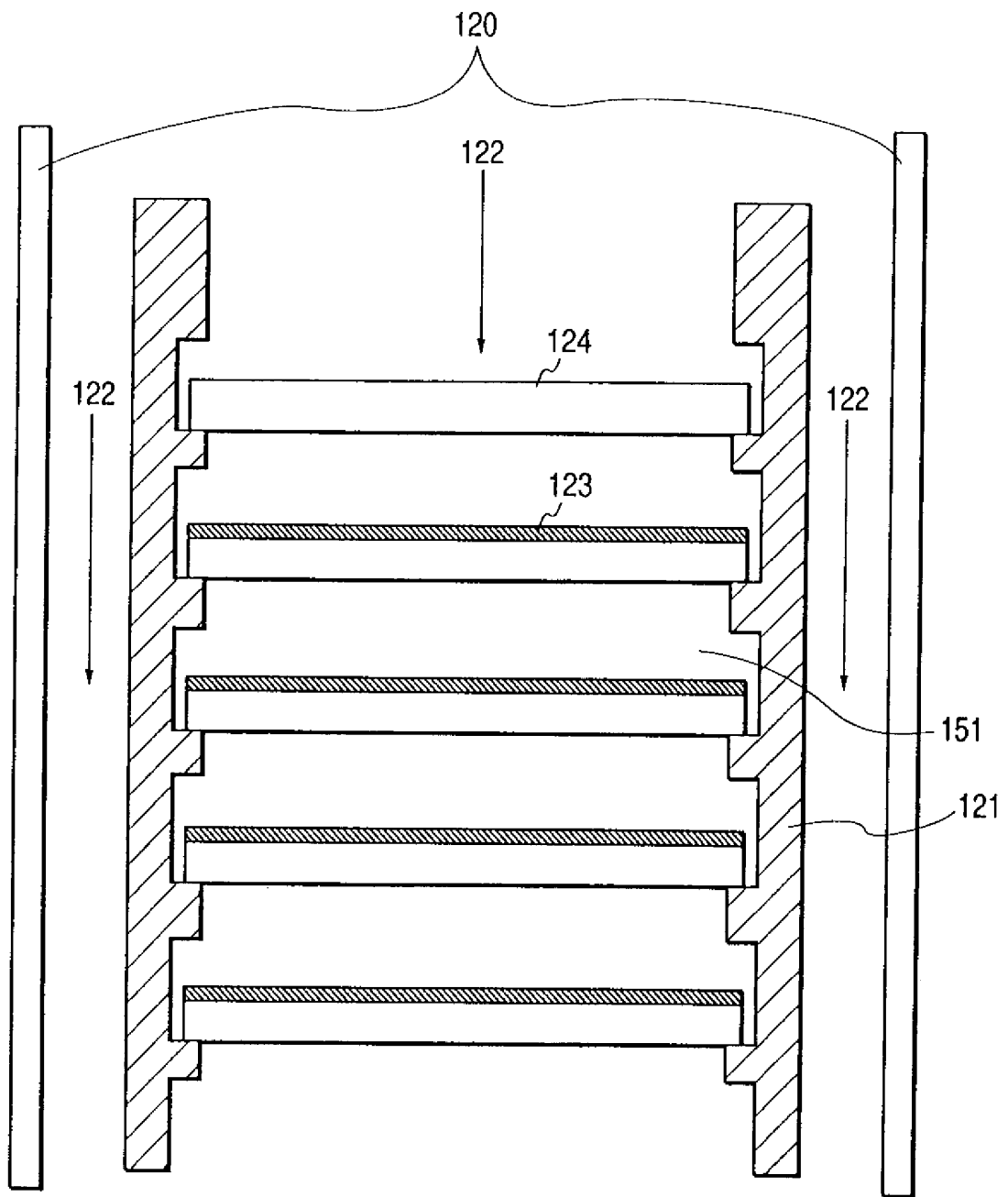


第 6 圖 H

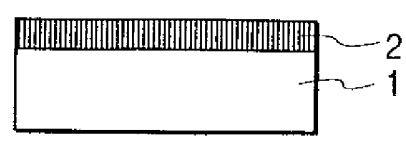




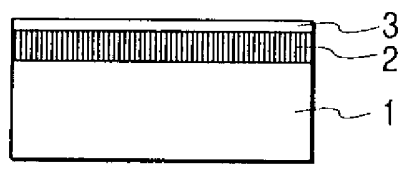
第 8 圖



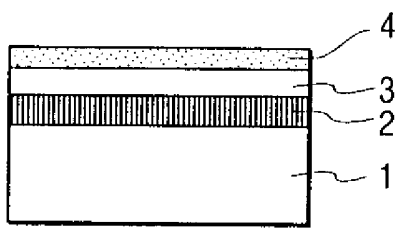
第 9 圖 A



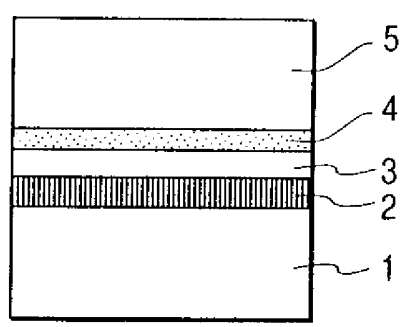
第 9 圖 B



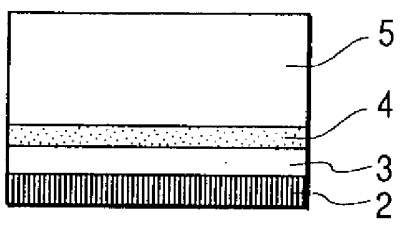
第 9 圖 C



第 9 圖 D



第 9 圖 E



第 9 圖 F

