

公告本

第 97119148 號專利案 100 年 5 月修正

100年5月5日 修正 補充

# 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：97119148

※申請日期：97年5月23日

※IPC 分類：

H01L 21/762

H01L 21/70

一、發明名稱：(中文)

SOI 晶圓的製造方法

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商·信越化學工業股份有限公司

Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.

代表人：(中文)

金川千尋

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國東京千代田區大手町2丁目6番1號

6-1, Ohtemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中文/英文)

日本/Japan

三、發明人：(共 6 人)

姓名：(中文)

1. 秋山昌次

2. 久保田芳宏

3. 伊藤厚雄

4. 田中好一

5. 川合信

6. 飛坂優二

國 籍：(中文/英文)

1. 日本/Japan
2. 日本/Japan
3. 日本/Japan
4. 日本/Japan
5. 日本/Japan
6. 日本/Japan

#### 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：

日本；2007年5月30日；2007-144075

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。

## 五、中文發明摘要：

本發明係一種 SOI 晶圓的製造方法，包含將氫離子或稀有氣體離子之至少一種植入施體晶圓來形成離子植入層之製程；貼合上述施體晶圓的離子植入面與操作晶圓之製程；以上述離子植入層為界，藉由剝離上述施體晶圓，使上述施體晶圓薄膜化而作成 SOI 層之製程；以及蝕刻上述 SOI 層，減少該 SOI 層的厚度之製程，其中上述蝕刻製程包含：藉由濕式蝕刻的粗蝕刻階段；測定該粗蝕刻後的上述 SOI 層的膜厚分布的階段；以及基於該測定的 SOI 層的膜厚分布，藉由乾式蝕刻的精蝕刻階段；以此種蝕刻製程來蝕刻上述 SOI 層。藉此，提供一種可生產性佳地製造出 SOI 層的膜厚均勻性高的 SOI 晶圓的方法。

## 六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 1 圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

10：施體晶圓	11：離子植入層
12：表面(離子植入面)	20：操作晶圓
20a：單結晶矽	20b：矽氧化膜
22：貼合面	30：SOI晶圓
31：SOI層	31a：離子植入損傷層

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

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明是關於一種絕緣層上覆矽 (Silicon on Insulator; SOI) 晶圓的製造方法，特別是關於一種先貼合二片晶圓，然後利用剝離形成薄膜 SOI 層之後，再將該 SOI 層薄膜化之 SOI 晶圓的製造方法。

### 【先前技術】

為了降低寄生電容來謀成半導體元件的高性能化，在絕緣體上形成單結晶矽層而成之絕緣層上覆矽 (Silicon on Insulator; SOI) 晶圓已逐漸被廣泛地使用。近年來，為了製造完全空乏層型的 SOI 元件，SOI 層 (絕緣體上的單結晶矽層) 為 100 奈米 (nm) 以下的薄膜 SOI 的需要提高。這是因為藉由將 SOI 層薄膜化，可期待元件的高速化之緣故。

製作 SOI 晶圓之代表性的方法之一，有離子植入剝離法，其中之一可舉出 Smart Cut 法 (註冊商標)。其適先對單結晶矽晶圓或是在其表面形成有氧化膜之單結晶矽晶圓 (施體晶圓)，植入氫離子，並貼合支持晶圓 (操作晶圓) 後，加熱至 500°C 附近，並沿著氫離子植入界面剝離施體晶圓，而將單結晶矽薄膜轉印至操作晶圓，隨後研磨因剝離引起的粗糙表面而成為鏡面的方法，或是藉由氫等的惰性氣體或添加氫之惰性氣體，在高溫 (1100~1200°C 左右) 進行熱處理，來進行表面的平滑化的方法 (例如參照日本特許第 3048201 號、特開平 11-145438 號、或 A.J.

Auberton-Herve 等人.,“SMART CUT TECHNOLOGY:SOI 晶圓生產及新材料發展之工業狀況 (INDUSTRIAL STATUS of SOI WAFER PRODUCTION and NEW MATERIAL DEVELOPMENTS)”(電子化學學會會刊 (Electrochemical Society Proceedings )Volume 99 - 3 (1999) p.93 - 106.)).

但是，此方法有幾個問題點。因為是藉由在氫離子植入界面產生稱為微空穴 (micro cavity) 的微小空洞的熱處理來進行施體晶圓的剝離，所以在剝離後的表面會發生表面粗糙。依照 SOI 科學第二章、Realize 公司所述，即使在  $1 \times 1 \mu\text{m}$  的極狹小的領域，亦會在峰對谷 (Peak to Valley; P-V) 產生 65nm 左右的高低差。如以晶圓全域來考量，認為會發生 100nm 以上的高低差。因此，為了藉由研磨來研磨 SOI 層表面，以消除 SOI 層表面的凹凸，則必須研磨 100~150nm 以上。

通常稱為化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing; CMP) 的研磨步驟，是難以正確地將面內研磨至均勻地目標厚度為止。這是因為關於研磨之各種要因(壓力、漿體的供給量等)的面內的均衡或研磨布的條件，難以經常保持一定。認為例如將施體晶圓剛剝離後之膜厚度為 250nm 的 SOI 層研磨至 100nm 為止時，即使假設研磨量(研磨損)的面內不均為  $\pm 10\%$ ，所得到的 SOI 層的膜厚度為 85~115nm，膜厚度偏差達到 30%。

另一方面，藉由熱處理使 SOI 層表面平坦化的方法，為了以熱處理使 SOI 層表面的凹凸平坦化，通常必須 1100°C 以上的長時間熱處理。由於增加熱處理，會產生因高溫製程之污染管理、成本增加和生產性降低等的問題。又，單結晶矽以外的基板，例如石英基板等，其玻璃轉移溫度在 1050°C 附近，會有難以藉由高溫熱處理來施行表面平坦化處理的情況，所以該方法並不佳。

另外，即使是如被稱為 SiGen 法般地貼合二片晶圓後，於室溫下機械性地進行剝離的方法（例如參照美國專利第 6263941 號說明書、美國專利第 6582999 號說明書），問題與上述的 Smart Cut 法的情況等相同，必須研磨除去剝離後的 SOI 層約 0.1  $\mu\text{m}$ 。

另外，作為製作薄膜 SOI 層的方法，亦有提出預先測定剝離後的 SOI 層的膜厚，依其膜厚分布，一面施以補正一面磨削薄膜，來製作均勻的薄膜矽層之電漿輔助化學蝕刻法（Plasma Assisted Chemical Etching；PACE 法）（參照日本特開平 5-160074 號公報）、氣體簇離子束法（Gas Cluster Ion Beam；GCIB 法）（參照日本特開平 8-293483 號公報）等的提案。二者皆是以數 mm~數 cm 直徑的電漿或離子束掃描晶圓全面，可一面補正膜厚偏差一面進行蝕刻，因此，可以說是適於達成得到膜厚均勻性高的 SOI 層的目的。

但是，這些方法亦有缺點。由於與如 CMP 般地一次研磨晶圓全面的方法相異，是以小直徑的電漿噴嘴、離子束

等掃描晶圓全面，所以例如會有處理時間較通常的 CMP 顯著地增長、生產性降低等的缺點。特別是近年來，隨著需求的 SOI 晶圓大口徑化的進行，問題更加地嚴重。

### 【發明內容】

本發明係為了解決如此的問題點而開發出來，其目的係提供一種可生產性佳地製造出 SOI 層的膜厚均勻性高的 SOI 晶圓的方法。

本發明係為了解決上述課題而開發出來，提供一種 SOI 晶圓的製造方法，至少包含：準備操作晶圓與由矽基板所構成的施體晶圓之製程；植入離子製程，將氫離子或稀有氣體離子的至少一種植入上述施體晶圓的內部，形成離子植入層；貼合製程，貼合上述施體晶圓的離子植入面與上述操作晶圓的貼合面；剝離製程，以上述離子植入層為界，藉由剝離上述施體晶圓，使上述施體晶圓薄膜化而作成 SOI 層；以及蝕刻製程，蝕刻上述 SOI 層，減少該 SOI 層的厚度；其中上述蝕刻製程包含：藉由濕式蝕刻的粗蝕刻階段；測定該粗蝕刻後的上述 SOI 層的膜厚分布的階段；以及基於該測定的 SOI 層的膜厚分布，藉由乾式蝕刻的精蝕刻階段；以此種蝕刻製程來蝕刻上述 SOI 層。

如此，若是蝕刻製程包含：藉由濕式蝕刻的粗蝕刻階段；測定該粗蝕刻後的上述 SOI 層的膜厚分布的階段；以及基於該測定的 SOI 層的膜厚分布，藉由乾式蝕刻的精蝕

刻階段；並以此種蝕刻製程來蝕刻該 SOI 層之 SOI 晶圓的製造方法，則可於粗蝕刻階段中，以較快的蝕刻速度蝕刻，於精蝕刻階段中，可提高 SOI 層的膜厚均勻性。其結果，SOI 層的蝕刻製程整體中，可得到快速的研磨速度與高膜厚均勻性，因此，可生產性佳地製造出具有膜厚薄、膜厚均勻性高的 SOI 層之 SOI 晶圓。

此時，上述精蝕刻階段的蝕刻量係可設成小於上述粗蝕刻階段的蝕刻量。

如此，若將精蝕刻階段的蝕刻量設成小於粗蝕刻階段的蝕刻量，則可效率更佳地製造出具有膜厚均勻性高的 SOI 層之 SOI 晶圓。

另外，上述精蝕刻階段的蝕刻方法，係可設為 PACE 法或 GCIB 法。

如此，若將精蝕刻階段的蝕刻方法設為 PACE 法或 GCIB 法，則可得到更高平坦性的 SOI 層表面。

另外，上述作為施體晶圓的矽基板，係可設為單結晶矽晶圓或在其表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓。

如此，作為施體晶圓的矽基板，可使用單結晶矽晶圓或在其表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓。

另外，上述操作晶圓，較佳係設為單結晶矽晶圓、在其表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓、石英晶圓、玻璃晶圓、氧化鋁（藍寶石）晶圓、碳化矽晶圓、氮化鋁晶圓中的任一種。

本發明中所使用的操作晶圓，可對應要製作的半導體元件的目的，從這些晶圓中適當地選擇。

另外，上述濕式蝕刻可利用至少含有氫氧化鉀、氫氧化銨、氫氧化銨加過氧化氫的混合溶液、氫氧化鈉、氫氧化銻、乙二胺鄰苯二酚、氫氧化四甲基銨、聯胺中之任一種的蝕刻溶液來進行。

本發明的濕式蝕刻中所使用的蝕刻溶液，可從這些中適當地選擇。

另外，上述乾式蝕刻可利用至少含有六氟化硫、三氟化氮、四氟化碳、三氟甲烷、溴化氫、氯、氧、氫中之任一種的氣體來進行。

本發明的乾式蝕刻中所使用的蝕刻氣體，可從這些中適當地選擇。

如依本發明的 SOI 晶圓的製造方法，可於粗蝕刻階段中，以較快的蝕刻速度蝕刻，於精蝕刻階段中，可提高 SOI 層的膜厚均勻性。其結果，SOI 層的蝕刻製程整體中，可得到快速的研磨速度與高膜厚均勻性，因此，可生產性佳地製造出具有例如 100nm 以下的薄膜厚度，且膜厚均勻性高的 SOI 層之 SOI 晶圓。

#### 【實施方式】

以下詳細地說明本發明。

如上所述，施體晶圓剝離之後，薄化 SOI 層時，以 CMP

等的方法有膜厚均勻性惡化等的問題，另一方面，欲利用 PACE 法、GCIB 法，以乾式蝕刻獲得膜厚均勻性高的 SOI 層時，有處理時間長、生產性顯著降低等的問題。

本發明者為了解決如此的問題進行檢討。原本，PACE 法、GCIB 法係適於對於膜厚不均的矽薄膜，一邊補正膜厚均勻性一邊蝕刻的目的。對此而思及將施體晶圓剝離後的 SOI 晶圓浸漬於蝕刻溶液，先以濕式蝕刻將 SOI 層蝕刻某程度，之後藉由 PACE 法、GCIB 法等之乾式蝕刻，一邊補正 SOI 層的膜厚均勻性，一邊蝕刻的方法。如依此種方法，即使由於難以保持膜厚均勻性的濕式蝕刻，使膜厚均勻性惡化，也可藉由之後的乾式蝕刻，補正膜厚均勻性，另外，亦思及即使縮短乾式蝕刻所進行的蝕刻時間亦可充分地蝕刻，所以可縮短蝕刻製程所需的總共的時間，而完成本發明。

以下，參照圖式來說明本發明的實施型態，但本發明不限定於此實施形態。以下，首先說明藉由熱處理進行施體晶圓的剝離的態樣，但是也可以是如下述的藉由施加機械性外力進行施體晶圓的剝離的態樣等。

第 2 圖係可適用本發明的 SOI 晶圓的製造方法的一例。

首先，如第 2 圖 (1) 所示，準備由矽基板所構成的施體晶圓 10 與操作晶圓 20 (製程 1)。

此時，只要施體晶圓 10 是最終可成為 SOI 層 (單結

晶矽層)的矽基板，則無特別限定，例如，可為單結晶矽晶圓(僅由單結晶矽所構成的單結晶矽晶圓)、或是其表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓。另外，亦可採用在其表面上形成有矽氮化物或矽氧氮化物之單結晶矽晶圓等。

另一方面，操作晶圓 20 可為例如單結晶矽晶圓、在表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓、石英晶圓、玻璃晶圓、氧化鋁(藍寶石)晶圓、碳化矽(SiC)晶圓及氮化鋁晶圓中的任一種。可對應要製作的半導體元件的目的，從這些晶圓中適當地選擇作為操作晶圓 20。當然地，亦可採用這些以外的材料。

但是，施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的組合，必須是在貼合，最後能夠形成 SOI 結構(在絕緣體上形成有 SOI 層之構造)的組合。

在第 2 圖(1)中，舉出一例，係表示採用單結晶矽晶圓來作為施體晶圓 10，採用在單結晶矽 20a 的表面上形成有矽氧化膜 20b 之單結晶矽晶圓(附氧化膜的單結晶矽晶圓)來作為操作晶圓 20 的情況。

接著，如第 2 圖(2)所示，從施體晶圓 10 的表面(離子植入面) 12 向內部植入氫離子，形成離子植入層 11(製程 2)。

此離子植入層 11 的形成，不僅是氫離子，亦可離子植入稀有氣體離子、或是離子植入氫離子與稀有離子氣體兩者。植入能量、植入劑量及植入溫度等其他的離子植入條

件，只要以能夠得到規定厚度的薄膜之方式而適當地選擇即可。具體的例子，可舉出使植入時的晶圓溫度為 250~350°C、使離子植入深度為 0.5  $\mu\text{m}$ 、使植入能量為 20~100keV、使植入劑量為  $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} \text{cm}^2$ ，但不限定於這些條件。

又，採用在表面形成有矽氧化膜而成之單結晶矽晶圓作為施體晶圓 10，若通過矽氧化膜而進行離子植入時，則可得到抑制植入離子的穿隧效應(溝道效應)之效果，能夠更抑制離子植入深度的偏差。藉此，更可形成膜厚均勻性高的 SOI 層。

接著，如第 2 圖 (3) 所示，貼合施體晶圓 10 的離子植入面 12 與操作晶圓 20 的貼合面 22 (製程 3)。

例如，在常溫的清淨環境下，不利用接著劑等，而是藉由使施體晶圓 10 的離子植入面 12 與操作晶圓 20 的貼合面 22 接觸，將晶圓接合。在次一製程 4 中，如為藉由熱處理進行施體晶圓 10 的剝離的情況。在此貼合製程中，於室溫下進行施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的密著即足夠。

接著，如第 2 圖 (4) 所示，以離子植入層 11 為界，藉由剝離施體晶圓 10，使施體晶圓 10 薄膜化，作成 SOI 層 31 (製程 4)。

例如，對於貼合的晶圓，於氬 (Ar) 等的情性氣體環境下、約 500°C 以上的溫度，施加三十分鐘以上的熱處理，則可藉由結晶的再排列與氣泡的凝集，利用離子植入層

10(以離子植入層為界)將施體晶圓 10 剝離。

如此，可成為於操作晶圓 20 上形成有 SOI 層 31 之 SOI 晶圓 30。

接著，進行提高施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的結合力的結合熱處理。例如，此結合熱處理可於惰性氣體環境下或者微量氧化性氣體環境下，以  $1000^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$  進行三十分鐘至四小時的範圍。

又，上述的剝離熱處理與結合熱處理亦可同時進行。

接著，如第 2 圖 (5) 所示，蝕刻 SOI 層 31，減少 SOI 層 31 的厚度 (製程 5)。而且，本發明的特徵，係將此蝕刻製程設成經過如以下說明的各階段。

第 1 圖係表示本發明之 SOI 晶圓的製造方法中的蝕刻製程 (第 2 圖 (5)) 中所進行的各階段的流程圖。

首先，製程 4 的剝離製程剛結束之後，如第 1 圖 (a) 所示，於操作晶圓 20 上形成由單結晶矽所構成的 SOI 層 31。另外，於 SOI 層 31 的表面附近 (靠近離子植入層的領域)，形成離子植入損傷層 31a。離子植入損傷層 31a 的厚度通常約為  $0.1 \sim 0.12 \mu\text{m}$ 。蝕刻 SOI 層 31 減少厚度的目的，係為了得到薄 SOI 層 31，另一種目的是為了除去此離子植入損傷層 31a。

然後，如第 1 圖 (b) 所示，將 SOI 晶圓 30 投入濕式蝕刻裝置，以濕式蝕刻，粗蝕刻 SOI 層 31 (階段 b)。

濕式蝕刻的蝕刻溶液，如可得到某種程度的膜厚均勻

性則無特別限定，可採用通常使用者。例如，可利用至少含有氫氧化鉀(KOH)、氫氧化銨(NH<sub>4</sub>OH)、氫氧化銨(NH<sub>4</sub>OH)加過氧化氫(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)的混合溶液、氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化銻(CsOH)、乙二胺鄰苯二酚(Ethylene diamine pyrocatechol ; EDP)、氫氧化四甲基銨(Tetramethylammonium Hydroxide ; TMAH)、聯胺(Hydrazine)中之任一種的蝕刻溶液。

又，此粗蝕刻階段中的蝕刻量，可依蝕刻溶液的種類、蝕刻溫度等所決定的蝕刻速度、以及蝕刻的進行時間等來進行控制。

如依如此的濕式蝕刻來進行蝕刻，能以較快的蝕刻速度來減少SOI層31的膜厚。

另一方面，藉由此濕式蝕刻所進行的蝕刻，難以對於晶圓全面均勻地蝕刻，通常發生約±10%的蝕刻不均。因此，SOI層31的膜厚均勻性較差，例如產生約±10~30%的膜厚分布。因此，此SOI層31的膜厚均勻性通常較施體晶圓10剛剝離之後(參照第1圖(a))更為惡化。

但是，如此的蝕刻不均所造成的膜厚均勻性的惡化，可藉由之後的精蝕刻階段加以補正，因此，在本發明中並不成為問題。

接著，如第1圖(c)所示，測定粗蝕刻後的SOI層31的膜厚分布(階段c)。膜厚分布可例如以光學干涉法、靜電容量法，高精度地測定。

基於如此地測定的膜厚分布的資料，進行次一藉由乾式蝕刻的精蝕刻階段。

接著，如第 1 圖 (d) 所示，將 SOI 晶圓 30 投入乾式蝕刻裝置，基於在階段 c 中所測定的 SOI 層的膜厚分布，藉由乾式蝕刻來進行精蝕刻 (階段 d)。此精蝕刻階段中的蝕刻手法，係 PACE 法、GCIB 法等可精密補正膜厚均勻性的手法。

PACE 法係藉由電漿氣體局部地蝕刻晶圓的表面，使晶圓的厚度 (SOI 層的膜厚) 均勻化的方法，以光學干涉法、靜電容量法測定晶圓的厚度分布之後，對應其厚度分布，控制電漿氣體的蝕刻除去量，可使晶圓的面內高平坦度化。

GCIB 法係先在常溫常壓下形成氣體狀物質的塊狀原子團 (氣體簇)，並藉由加速電壓使暴露於電子而生成的氣體簇離子加速，照射在晶圓表面上的方法，與 PACE 法相同地，以光學干涉法、靜電容量法測定晶圓的厚度分布之後，對應其厚度分布，控制氣體簇離子所產生的蝕刻除去量，可使晶圓的面內高平坦度化。

對於此 PACE 法、GCIB 法等的具体的態樣並無特別限定，可適當地使用習知的裝置與方法。

另外，對於上述乾式蝕刻的精蝕刻階段中的蝕刻用氣體並無特別限定，例如，PACE 法、GCIB 法皆可採用至少含有六氟化硫 ( $\text{SF}_6$ )、三氟化氮 ( $\text{NF}_3$ )、四氟化碳 ( $\text{CF}_4$ )、

三氟甲烷 ( $\text{CHF}_3$ )、溴化氫 ( $\text{HBr}$ )、氯 ( $\text{Cl}_2$ )、氧 ( $\text{O}_2$ )、氫 ( $\text{H}_2$ ) 中之任一種的氣體來進行。

又，此精蝕刻階段中的蝕刻量，可依蝕刻氣體的種類、蝕刻氣體的濃度、壓力等各種條件所決定蝕刻速度、以及蝕刻的進行時間等來進行控制。

另外，此精蝕刻階段中的蝕刻量的範圍，其下限只要設成能使 SOI 層 31 的膜厚均勻性充分地補正即可，雖然取決於粗蝕刻階段結束後的 SOI 層的膜厚均勻性的程度，但例如可設為 10nm 以上。另外，為了提高蝕刻製程整體的生產性，上限以盡量少為較佳，雖然還是取決於粗蝕刻階段結束後的 SOI 的膜厚均勻性的程度，但例如可設為 100nm 以下。

而且，此精蝕刻階段結束後，SOI 層 31 的膜厚均勻性係較粗蝕刻階段後有所改善。

另外，藉由此乾式蝕刻所進行的蝕刻，其蝕刻速度雖然比藉由濕式蝕刻所進行的蝕刻慢，但在本發明中，於精蝕刻之前進行粗蝕刻，精蝕刻階段的蝕刻量可設定為較小，因此，可將生產性的降低抑制於必要的最小限度內。

如上所述，依序進行粗蝕刻階段與精蝕刻階段，在粗蝕刻階段中，可以較快的蝕刻速度蝕刻，在精蝕刻階段中，可提高 SOI 層 31 的膜厚均勻性。其結果，SOI 層的蝕刻製程整體中，可得到快速的研磨速度與高膜厚均勻性，因此，可生產性佳(高生產率)地製造出具有膜厚均勻性高的 SOI

層 31 之 SOI 晶圓 30。

又，階段 b 的粗蝕刻階段與階段 d 的精蝕刻階段的個別的蝕刻量，可依蝕刻製程所需的總計時間與最終所得到的 SOI 層的膜厚均勻性等，適當地最適化。特別是，如精蝕刻階段的蝕刻量小於粗蝕刻蝕刻階段的蝕刻量，則可效率佳地製造出具有膜厚均勻性高的 SOI 層的 SOI 晶圓而較佳。例如，蝕刻製程整體的蝕刻量（總蝕刻量）為 150nm 時，粗蝕刻的蝕刻量可為總蝕刻量的八成也就是 120nm，精蝕刻的蝕刻量可為總蝕刻量的二成也就是 30nm。

另外，在粗蝕刻階段中，如採用批式處理，則可一次進行大量的 SOI 晶圓的蝕刻，對於生產性的提高是有效果的。

另一方面，即使非批式處理，而以單片式的旋轉洗淨機等進行 SOI 層的蝕刻，原本濕式蝕刻的粗蝕刻的蝕刻速度即快，對於生產性的降低無太大的影響。另外，以如此的旋轉洗淨機等進行濕式蝕刻時，可較批式處理更均勻地蝕刻，因此，可進行接近目標的最終膜厚的蝕刻，亦有縮短精蝕刻階段的蝕刻時間的優點。

而且，經由以上的製程（第 2 圖（1）～（5）以及第 1 圖（a）～（d）），可生產性佳地製造出 SOI 層 31 的膜厚例如為極薄的 100nm 以下，且 SOI 層 31 的膜厚均勻性高的 SOI 晶圓 30。

另外，因蝕刻製程之前的施體晶圓 10 的剝離係利用離

子植入剝離法來進行，因此，可預先使剝離製程結束後，蝕刻製程前的 SOI 層成為約  $2\mu\text{m}$  以下的膜厚，再藉由蝕刻 SOI 層而更薄化，即使是本發明的情況，亦可使蝕刻製程中的蝕刻量為最小限度。因此，蝕刻製程所需的時間短而可提高生產性。

另外，因為是貼合二片晶圓的貼合方法，與被稱為植氧分離 (Separation by Implantation of Oxygen; SIMOX) 法的情況相較，SOI 層 31 的膜質係高品質。

但是，如上所述，施體晶圓 10 的剝離，亦可施加機械性外力來剝離施體晶圓 10，以下，說明其一例。

離子植入製程 (製程 2) 結束後，對於施體晶圓 10 的離子植入面 12 與操作晶圓 20 的貼合面 22，施以表面活性化處理。

當然地，亦可僅對於施體晶圓 10 的離子植入面 12 與操作晶圓 20 的貼合面 22 的任一者的面施以表面活性化處理。

此時，以電漿處理、臭氧處理的至少一種進行表面活性化處理為較佳。如此，若以電漿處理、臭氧處理的至少一種來進行表面活性化處理，則晶圓的已施行表面活性化處理後的面，因氫氧 (OH) 基增加等而活性化。因此，如於此狀態下，使施體晶圓的離子植入面 12 與操作晶圓的貼合面 22 密接，則可藉由氫鍵等，更牢固地貼合晶圓。

利用電漿進行處理時，將經 RCA 洗淨法等洗淨後的晶

圓，載置於真空反應室中，導入電漿用氣體之後，曝露於約 100W 的高頻電漿中約 5~30 秒，來對表面進行電漿處理。作為電漿用氣體，例如處理於表面形成有氧化膜的單結晶矽晶圓時，能夠使用氧氣的電漿；處理未於表面形成有氧化膜的單結晶矽晶圓時，能夠使用氫氣、氬氣、或這些的混合氣體，或是氫氣與氬氣的混合氣體。另外，亦可採用惰性氣體的氮氣。

利用臭氧進行處理時，將經 RCA 洗淨法等洗淨後的晶圓，載置於導入大氣的反應室中，導入氫氣、氬氣等的電漿用氣體之後，使高頻電漿發生，將大氣中的氧氣變換為臭氧，來對表面進行臭氧處理。

接著，使施體晶圓的離子植入面 12 與操作晶圓的貼合面 22 密接（製程 3）。

如此，以經表面活性化處理後的表面作為貼合面，例如，於減壓或常壓下，於室溫使晶圓密接，即使不施以高溫處理，兩晶圓亦可充分地牢固貼合而能承受（耐住）之後的機械性剝離。

又，此施體晶圓與操作晶圓的密接製程之後，亦可將該密接後的晶圓進行 100~400°C 熱處理的熱處理製程。

如此，施體晶圓與操作晶圓密接之後，藉由將該密接後的晶圓於 100~400°C 進行熱處理，可提高施體晶圓與操作晶圓的貼合強度。特別是熱處理溫度如為 100~300°C，即使是異種材料的晶圓的貼合，亦較少發生因熱膨脹係數

的差異所造成的熱歪曲、裂痕、剝離等。如提高貼合強度，則可減少剝離製程中的不良的發生。

接著，對於貼合的晶圓，藉由施加機械性外力進行施體晶圓 10 的剝離，將施體晶圓 10 薄膜化而作成 SOI 層 31（製程 4）。

例如，可藉由保持具保持施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的背面（貼合面的相反側的一面），一邊施加使兩保持具分離的外力，一邊使用楔狀構件或是空氣、氮氣、純水等的高壓流體等來對離子植入層附近施加外部衝擊，施體晶圓 10 開始剝離，並使兩保持具相對地分離，能夠使施體晶圓 10 與操作晶圓 20，在離子植入層處，從施加外部衝擊的一端部向另一端部，依序地分離，而能夠將施體晶圓 10 剝離。

如此，進行至施體晶圓 10 的剝離製程（製程 4）為止之後，與上述的藉由熱處理進行剝離的情況相同地，依序施以濕式蝕刻與乾式蝕刻，進行蝕刻製程（製程 5）。

以下，例舉實施例與比較例，具體地說明本發明，但本發明不限定於這些實施例。

#### （實施例 1）

如下所述，依第 2 圖與第 1 圖所示的本發明之 SOI 晶圓的製造方法，以藉由熱處理來進行施體晶圓的剝離的方法，製造 SOI 晶圓。

首先，於製程 1 中，準備已鏡面研磨後的直徑 200mm

的單結晶矽晶圓，作為施體晶圓 10。然後，在施體晶圓的表面，藉由熱氧化形成 100nm 的矽氧化膜層。

另外，準備直徑 200mm 的單結晶矽晶圓，作為操作晶圓 20。然後，在操作晶圓的表面，藉由熱氧化形成  $1\mu\text{m}$  的矽氧化膜 20b。

接著，對於施體晶圓 10，通過已形成的矽氧化膜層，植入氫離子，於離子的平均進行深度，形成與表面平行的微小氣泡層（離子植入層）11（製程 2）。離子植入條件係植入能量 35keV、植入劑量  $9\times 10^{16} / \text{cm}^2$ 、植入深度  $0.3\mu\text{m}$ 。

接著，於常溫的清淨環境下，隔著矽氧化膜 20b，使施體晶圓 10 的離子入面 12 與操作晶圓 20 接觸而貼合（製程 3）。

接著，於氫氣環境下，施加  $500^\circ\text{C}$ 、三十分鐘的熱處理，利用離子植入層 11（以離子植入層 11 為界）將施體晶圓 10 剝離（製程 4）。亦即，藉由熱處理來進行剝離製程。

接著，於包含氧 1% 的氫氣環境下，以  $1000^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$  進行一小時的結合熱處理，提高施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的結合力

接著，經由如以下的階段，進行製程 5 的蝕刻製程。

首先，利用 KOH 溶液的濕式蝕刻，進行粗蝕刻階段，蝕刻 SOI 層 31 約 120nm（階段 a）。

接著，以光學干涉法，測定 SOI 層 31 的膜厚分布（階

段 b)。

接著，乾式蝕刻所進行的精蝕刻階段，係利用 SF<sub>6</sub> 氣的 PACE 法，蝕刻 SOI 層 31 約 30nm (階段 c)。

如此，合計蝕刻 SOI 層約 150nm。

#### (實施例 2)

與實施例 1 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由熱處理來進行剝離，但是在製程 5 的蝕刻製程中，階段 c 的乾式蝕刻製程係利用 GCIB 法來進行，以此方式來進行 SOI 晶圓的製造。

#### (實施例 3)

與實施例 1 相同，但是施體晶圓 10 的剝離係如下述地藉由施加機械性外力來進行。

製程 2 的離子植入後，將已植入離子的施體晶圓 10 載置在電漿處理裝置中，導入作為電漿用氣體的氮之後，於 2Torr(270Pa) 的減壓條件下，以高頻能量 50W 的條件，施加 13.56MHz 的高周波於直徑 300mm 的平行平板電極間，對離子植入面進行高頻電漿處理十秒鐘。如此，對施體晶圓 10 的離子植入面施以表面活性化處理。

另一方面，對於操作晶圓 20，是先將其載置於電漿處理裝置中，於狹小電極間導入作為電漿用氣體的氮氣之後，於電極間施加高周波，使電漿發生，進行高頻電漿處

理十秒鐘。如此，亦對於操作晶圓 20 的貼合面施以表面活性化處理。

將如上所述施以表面活性化處理後的施體晶圓 10 與操作晶圓 20，以進行表面活性化處理後的面作為貼合面，於室溫下密接後，向厚度方向強力壓抵兩晶圓的背面（製程 3）。

接著，為了提高貼合強度，將施體晶圓 10 與操作晶圓 20 密接而成的晶圓，以 300°C 熱處理三十分鐘。

接著，藉由保持具保持施體晶圓 10 與操作晶圓 20 的背面，一邊施加使兩保持具分離的外力，一邊藉由氣體流體對離子植入層 11 附近施加外部衝擊，開始施體晶圓 10 的剝離，而藉由使兩保持具相對地分離，使施體晶圓 10 與操作晶圓 20，從施加外部衝擊的一端部向另一端部，以離子植入層 11 為界依序分離，藉由機械性外力剝離施體晶圓 10（製程 4）。

接著，製程 5 的蝕刻製程係與實施例 1 相同地，在進行濕式蝕刻階段之後，測定 SOI 層的膜厚分布，然後利用 PACE 法來進行乾式蝕刻階段。

#### （實施例 4）

與實施例 3 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由機械性外力來進行剝離，但是在製程 5 的蝕刻製程中，階段 c 的乾式蝕刻製程係利用 GCIB 法來進行，以此方式來進行 SOI

晶圓的製造。

(比較例 1)

與實施例 1 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由熱處理進行剝離，但是製程 5 的蝕刻製程不經過第 1 圖所示的階段，而僅進行一階段的藉由 KOH 溶液的濕式蝕刻，來進行 SOI 晶圓的製造。

(比較例 2)

與實施例 3 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由機械性外力來進行剝離，但是製程 5 的蝕刻製程不經過第 1 圖所示的階段，而僅進行一階段的藉由 KOH 溶液的濕式蝕刻，來進行 SOI 晶圓的製造。

(比較例 3、4)

與實施例 1 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由熱處理進行剝離，但是製程 5 的蝕刻製程不經過第 1 圖所示的階段，而僅進行一階段的藉由利用 SF<sub>6</sub> 氣體的 PACE 法 (比較例 3) 或 GCIB 法 (比較例 3) 的乾式蝕刻，來進行 SOI 晶圓的製造。

(比較例 5、6)

與實施例 3 相同地，製程 4 的剝離製程是藉由機械性外力來進行剝離，但是製程 5 的蝕刻製程不經過第 1 圖所示的階段，而僅進行一階段的藉由利用 SF<sub>6</sub> 氣體的 PACE 法 (比較例 5) 或 GCIB 法 (比較例 6) 的乾式蝕刻，來進

行 SOI 晶圓的製造。

實施例 1~4 與比較例 1~6 中的 SOI 晶圓的製造方法及製程 5 的蝕刻製程所需的時間的總計、SOI 層的膜厚均勻性，係整理於下記第 1 表中。

又，蝕刻製程所需的時間的總計，在實施例 1~4 中，係指從 SOI 晶圓投入濕式蝕刻裝置內的瞬間，至 SOI 晶圓搬出乾式蝕刻裝置的瞬間為止；在比較例 1~6 中，係指分別從 SOI 晶圓投入蝕刻裝置內的瞬間，至 SOI 晶圓搬出蝕刻裝置的瞬間為止。

[第 1 表]

	剝離製程	蝕刻製程	蝕刻製程 總計時間(分)	膜後均勻性 (%)
實施例 1	熱處理	濕式+PACE	15	5
實施例 2	熱處理	濕式+GCIB	15	5
實施例 3	機械性外力	濕式+PACE	15	5
實施例 4	機械性外力	濕式+GCIB	15	5
比較例 1	熱處理	濕式	5	30
比較例 2	機械性外力	濕式	5	30
比較例 3	熱處理	PACE	60	5
比較例 4	熱處理	GCIB	60	5
比較例 5	機械性外力	PACE	60	5
比較例 6	機械性外力	GCIB	60	5

實施例 1~4 皆為依本發明以濕式蝕刻與乾式蝕刻 (PACE 法或 GCIB 法) 的二階段進行蝕刻製程，因此而得到皆為 5% 左右的高膜厚均勻性。另外，雖然需將晶圓從濕式蝕刻裝置更換置入乾式蝕刻裝置，但蝕刻 150nmSOI 層的蝕刻製程所需的時間皆為短時間的十五分鐘。

另外，不論採用以熱處理進行剝離或是以施加機械性外力來進行剝離之任一種剝離方法的情況，皆可得到本發明的效果。

比較例 1、2，係蝕刻製程僅進行濕式蝕刻，因此蝕刻製程所需的時間約五分鐘，係實施例 1~4 的時間更短，但僅可得到其膜厚均勻性係 30% 左右和偏差非常大的 SOI 層。

比較例 3~6，係蝕刻製程僅進行乾式蝕刻 (PACE 法或 GCIB 法)，因此膜厚均勻性係 5% 左右，與實施例 1~4 相同，但蝕刻製程所花費的時間為六十分鐘左右，非常花費時間、生產性差。

由以上的結果明示，如依本發明之 SOI 晶圓的製造方法，則可遠優於先前，生產性良好地製造出具有 SOI 層之 SOI 晶圓，其具有與以如 PACE 法或 GCIB 法的乾式蝕刻所蝕刻而成的 SOI 層相同程度的高膜厚均勻性。

又，本發明不限定於上述實施形態。上述實施形態僅為例示。凡是與本發明的申請專利範圍中記載的技術思想，實質上具有相同的構成，產生相同的效果者，不論為

如何的形態，皆應包含於本發明的技術範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係表示本發明的 SOI 晶圓的製造方法中的蝕刻製程的一例的流程圖。

第 2 圖係表示適用本發明的 SOI 晶圓的製造方法之 SOI 晶圓的製造方法的一例的流程圖。

【主要元件符號說明】

10：施體晶圓	11：離子植入層
12：表面（離子植入面）	20：操作晶圓
20a：單結晶矽	20b：矽氧化膜
22：貼合面	30：SOI 晶圓
31：SOI 層	31a：離子植入損傷層

## 十、申請專利範圍：

1. 一種 SOI 晶圓的製造方法，至少包含：

準備操作晶圓與由矽基板所構成的施體晶圓之製程，其中上述操作晶圓係石英晶圓、玻璃晶圓、氧化鋁（藍寶石）晶圓、碳化矽晶圓、氮化鋁晶圓中的任一種；

植入離子製程，將氫離子或稀有氣體離子的至少一種植入上述施體晶圓的內部，形成離子植入層；

貼合製程，貼合上述施體晶圓的離子植入面與上述操作晶圓的貼合面；

剝離製程，以上述離子植入層為界，藉由剝離上述施體晶圓，使上述施體晶圓薄膜化而作成 SOI 層；以及

蝕刻製程，蝕刻上述 SOI 層，減少該 SOI 層的厚度；

其中上述蝕刻製程包含：

藉由濕式蝕刻的粗蝕刻階段；

測定該粗蝕刻後的上述 SOI 層的膜厚分布的階段；以及

基於該測定的 SOI 層的膜厚分布，藉由 PACE 法或 GCIB 法的乾式蝕刻的精蝕刻階段；

其中，該 SOI 晶圓的製造方法係不形成蝕刻停止層而進行；

並且，

上述精蝕刻階段的蝕刻量係小於上述粗蝕刻階段的蝕刻量，前述上述精蝕刻階段中的蝕刻量的範圍設為 10nm

~ 100nm。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之 SOI 晶圓的製造方法，其中上述作為施體晶圓的矽基板，係單結晶矽晶圓或在其表面上形成有矽氧化膜之單結晶矽晶圓。

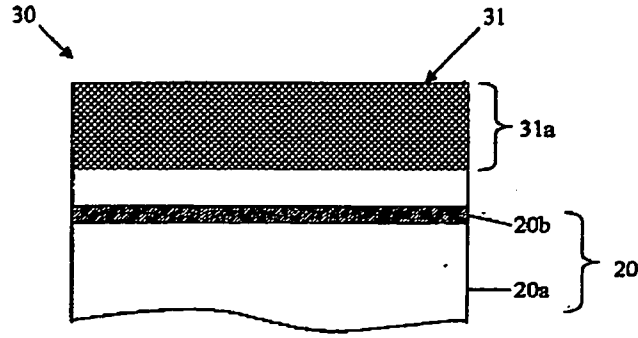
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之 SOI 晶圓的製造方法，其中上述濕式蝕刻係利用至少含有氫氧化鉀、氫氧化銨、氫氧化銨加過氧化氫的混合溶液、氫氧化鈉、氫氧化銻、乙二胺鄰苯二酚、氫氧化四甲基銨、聯胺中之任一種的蝕刻溶液來進行。

4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之 SOI 晶圓的製造方法，其中上述乾式蝕刻係利用至少含有六氟化硫、三氟化氮、四氟化碳、三氟甲烷、溴化氫、氯、氧、氫中之任一種的氣體來進行。

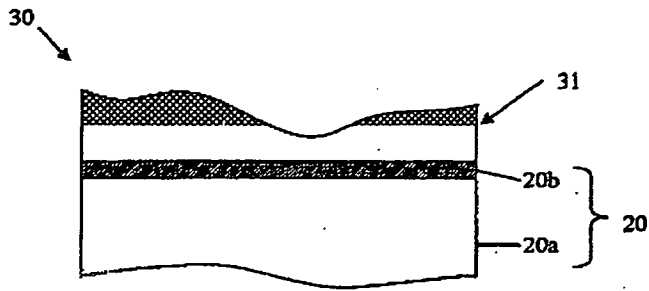
5. 如申請專利範圍第 3 項所述之 SOI 晶圓的製造方法，其中上述乾式蝕刻係利用至少含有六氟化硫、三氟化氮、四氟化碳、三氟甲烷、溴化氫、氯、氧、氫中之任一種的氣體來進行。

第1圖

(a) 剛剝離後

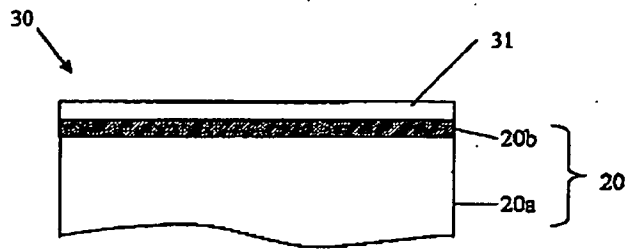


(b) 濕式蝕刻



(c) SOI層的膜厚分布測定

(d) 乾式蝕刻



第2圖

