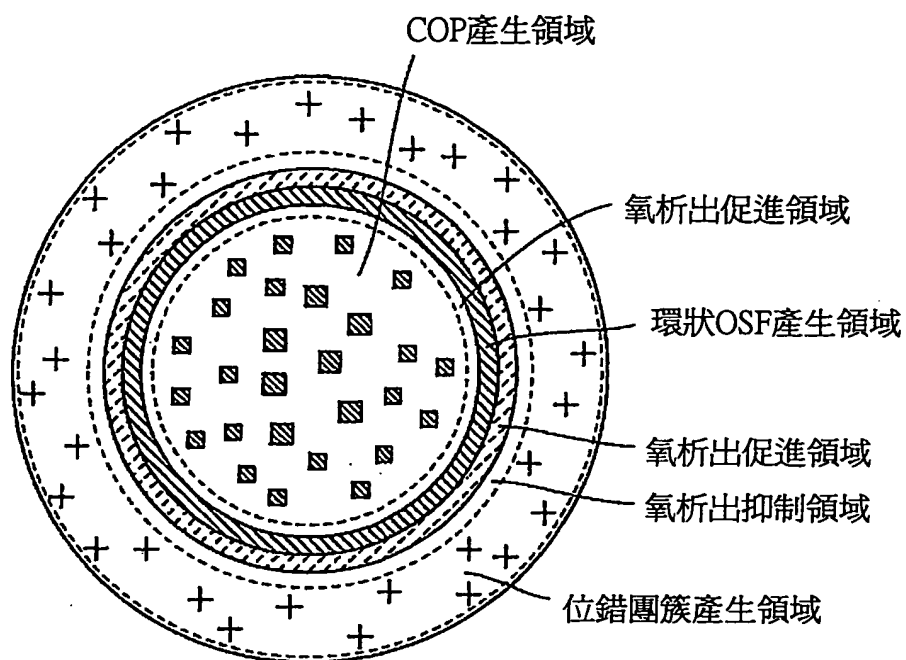
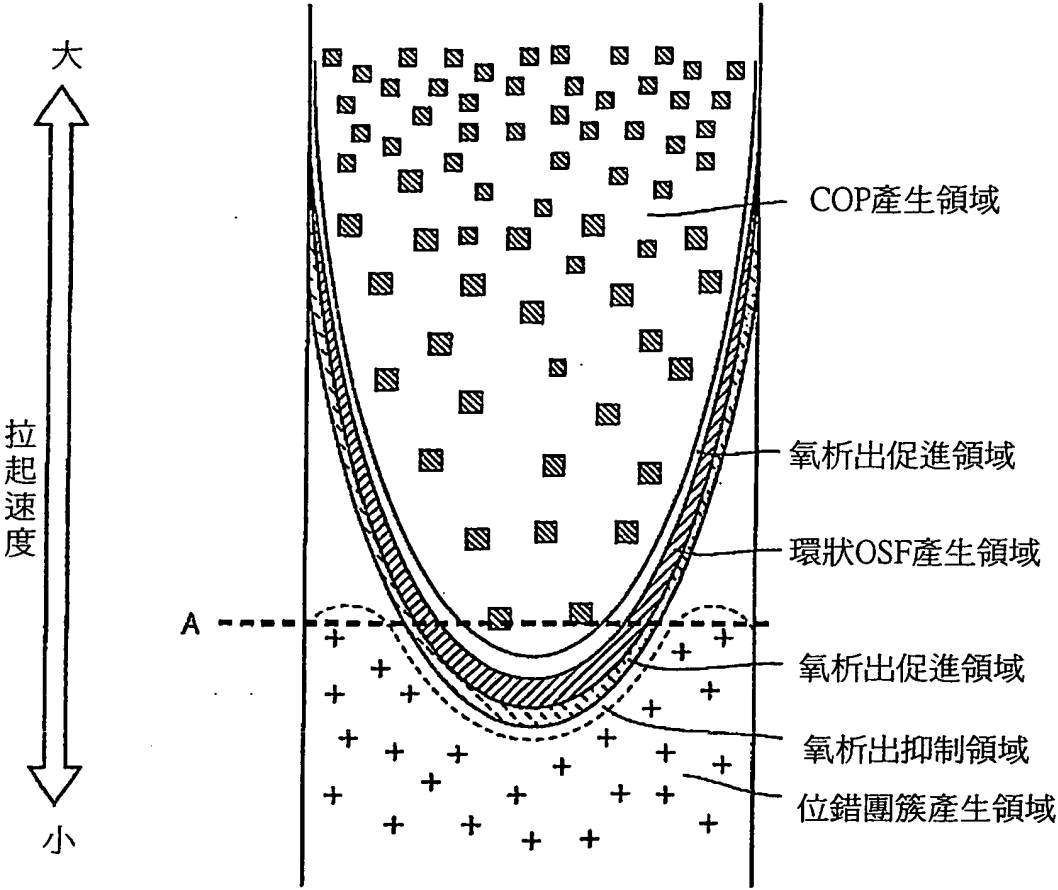


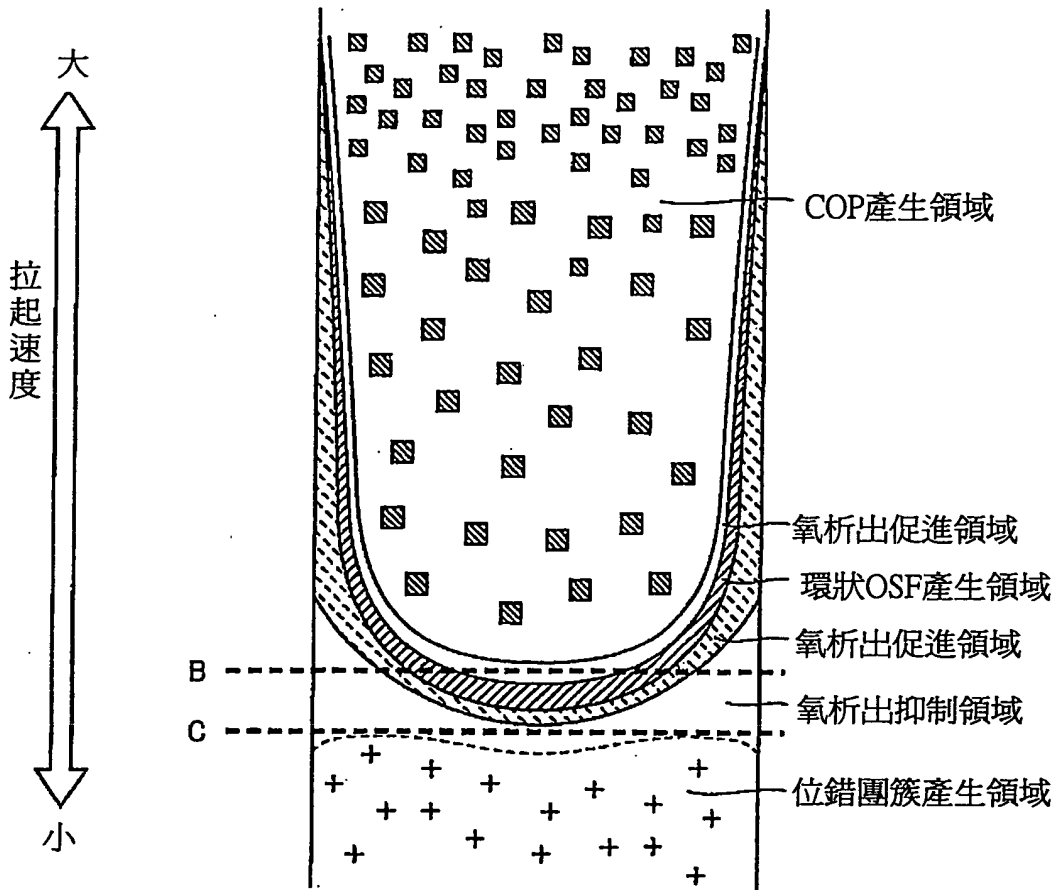
第1圖



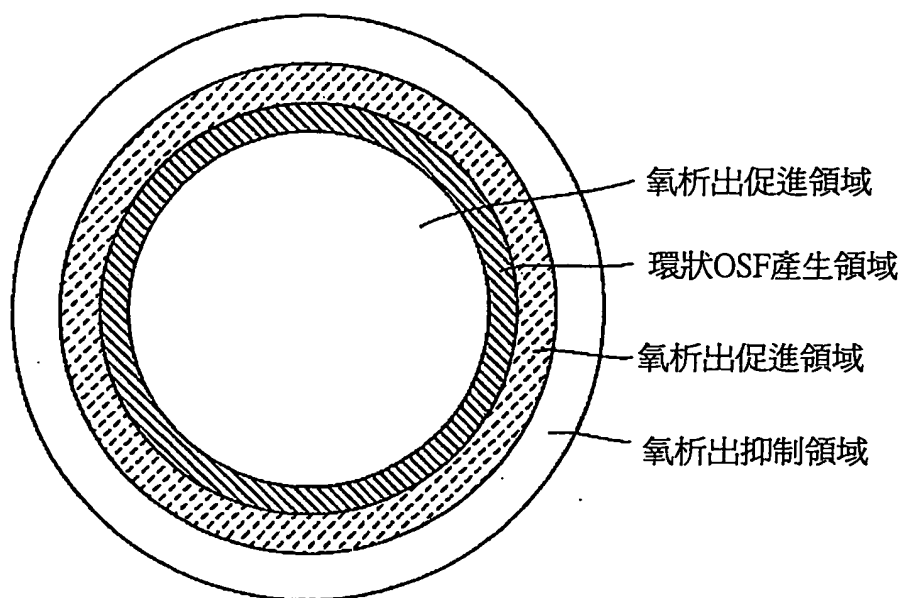
第2圖



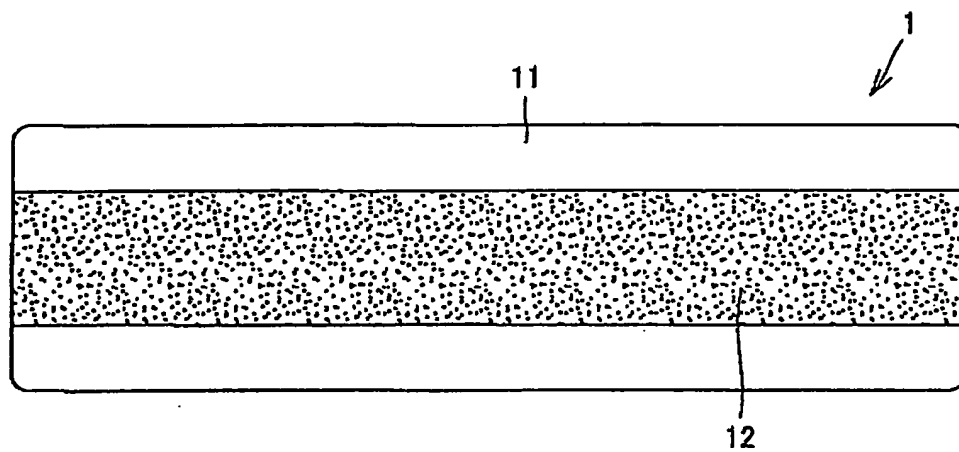
第3圖



第4圖



第5圖



(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

民國 99 年 2 月 25 日 修正

99 2 25

760276

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95101062

※申請日期：95 年 01 月 11 日

※IPC 分類：H01L 21/322

C 30B 15/00

一、發明名稱：

(中) 矽晶圓之熱處理方法

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 上睦可股份有限公司

(英) SUMCO CORPORATION

代表人：(中) 1. 重松健二郎

(英) 1. SHIGEMATSU, KENJIRO

地 址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目二番一號

(英) 2-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 足立尚志

(英) ADACHI, NAOSHI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 小松幸夫

(英) KOMATSU, YUKIO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：◎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. 日本 ; 2005/02/18 ; 2005-041513 ☒ 有主張優先權2. 日本 ; 2005/08/12 ; 2005-234107 ☒ 有主張優先權

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

民國 99 年 2 月 25 日 修正

99 2 25

760276

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95101062

※申請日期：95 年 01 月 11 日

※IPC 分類：H01L 21/322

C 30B 15/00

一、發明名稱：

(中) 矽晶圓之熱處理方法

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 上睦可股份有限公司

(英) SUMCO CORPORATION

代表人：(中) 1. 重松健二郎

(英) 1. SHIGEMATSU, KENJIRO

地 址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目二番一號

(英) 2-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 足立尚志

(英) ADACHI, NAOSHI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 小松幸夫

(英) KOMATSU, YUKIO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：◎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. 日本 ; 2005/02/18 ; 2005-041513 ☒ 有主張優先權2. 日本 ; 2005/08/12 ; 2005-234107 ☒ 有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於低氧濃度之矽晶圓；詳言之，係關於在使用晶圓全面均係以無缺陷領域構成之低氧濃度矽晶圓，以進行熱處理之際，進行在表面附近形成高氧濃度領域之高溫氧化熱處理，然後施以氧析出物形成熱處理，而可在晶圓表面上形成無缺陷層(DZ層，Denuded Zone)，並可促進晶圓內部之氧析出物(BMD：Bulk Micro Defect)之矽晶圓之熱處理方法。

【先前技術】

近年來，隨著半導體電路之高積體化，促進了元件的微細化；而，針對成為其基板之以柴氏長晶法(Czochralski Method 以下稱「CZ法」)所製作之矽單晶的品質要求就逐漸提高。特別是，因為COP(Crystal Originated Particle)、位錯團簇等之Grown-in缺陷會使氧化膜耐壓特性與裝置之特性惡化，故而，製作裝置形成領域上沒有這些Grown-in缺陷之無缺陷晶圓，極為重要。近來較理想者，係於SOI(Silicon On Insulateor)基板之上，製作SOI層及SOI層內部沒有起因於Grown-in缺陷之微小缺陷的晶圓。為形成此SOI構造，SIMOX(Silicon by Implanted Oxygen)被廣為利用。

製作此無缺陷晶圓之手法主要區分為二種：第一種手法，係於氫氣或氘氣之周圍氣體中，對晶圓進行高溫熱處

(2)

理，以由晶圓表層部將 Grown-in 缺陷予以消滅，而形成無缺陷層之退火晶圓之方法；第二種手法，係於依 CZ 法而育成單晶晶錠之育成階段中，育成沒有 Grown-in 缺陷之完全結晶，而由該無缺陷領域切出，而得到無缺陷晶圓之方法。

以第一種手法所得之退火晶圓中，晶圓表層部中所形成之無缺陷之厚度上，有 $20\mu\text{m}$ 左右之界限，故而，無法構成到達晶圓內部之無缺陷領域。因此，若所要求者係由晶圓表面到較深位置均構成無缺陷領域，則無法應付要求。

以第二種手法所得之無缺陷晶圓中，雖可由晶圓表面至背面，均構成無缺陷領域，但於依 CZ 法為育成之階段中，必須排除被置入矽單晶之空孔 (Vacancy) 型點缺陷與格子間型矽 (Interstitial-Si) 點缺陷。

亦即，矽單晶晶錠內，有格子間矽型點缺陷之優勢領域 (以下稱「I 領域」)、與空孔型點缺陷之優勢領域 (以下稱「V 領域」)；二者之間存在著原子不足或過多的情形較少之中性 (Neutral) 領域。

V 領域係因空孔之存在，而易於產生因矽原子不足所生之 COP 的領域；其係使氧化膜耐壓性劣化之重要因素。又，I 領域係因矽原子過多，而易於產生位錯團簇的領域。COP 與位錯團簇於格子間矽與空孔為過飽和狀態之時，會生成為點缺陷之凝集體；而，縱使有些許的原子偏離，在飽和狀態以下之中性領域中，並不會產生。

(3)

第1圖係於矽晶圓上觀察之典型的缺陷分布之例的模式圖。同圖係模式性地表示，針對由甫成長之矽單晶中切出晶圓，將之浸漬於硝酸銅水溶液中，使 Cu 附著於其上，並進行熱處理後，依 X 線形貌法(X-ray topology)來進行微小缺陷分布之觀察的結果。

於此晶圓之 V 領域中，在外徑之約 2/3 之位置上，顯現出環狀的氧化感應疊層缺陷(OSF: Oxidation Induced Stacking Fault)；而該環狀之內側部份則呈現氧析出促進領域(無缺陷領域)與 COP；又，與環狀 OSF 鄰接之外側上，則有容易顯現氧析出物之氧析出促進領域(無缺陷領域)。另一方面，在 I 領域中，則有與前述氧析出促進領域相接，且未顯現缺陷之氧析出抑制領域(無缺陷領域)；其外側之晶圓之周邊部份上產生了位錯團簇。

第2圖係於依 CZ 法來進行育成之階段中的拉起速度，與結晶缺陷之產生位置之關係的模式性說明圖。如第2圖所示，上述缺陷之產生位置，通常會受到單晶育成之際之拉起速度的巨大影響。從而可知，前述第1圖係表示與第2圖中之單晶之 A 中的拉起軸垂直之斷面，或係表示以該拉起速度所育成之單晶的晶圓。

依前述第二種手法而得到無缺陷晶圓之時，在前述第1圖所示之缺陷分布中，若可將與相當於中性領域之環狀 OSF 領域相接之氧析出促進領域及無缺陷領域擴大，則可消除 COP 及位錯團簇所構成之 Grown-in 缺陷。

第3圖係改善單晶內之拉起軸方向之溫度梯度來進行

(4)

拉起之時，拉起速度與結晶缺陷之產生位置之關係的模式圖。依據對甫凝固之單晶內溫度分布的控制，可如第3圖所示，使環狀 OSF 之產生領域成為 U 字形，而使晶圓之面內沒有 I 領域，亦即位錯團簇之產生領域，亦無 V 領域，亦即 COP 之產生領域。

以第3圖所示之單晶之 B 的拉起速度所育成之單晶的晶圓，係由含有環狀 OSF 產生領域的氧析出促進領域、及氧析出抑制領域等之無缺陷領域的晶圓所生成；其可使 Grown-in 缺陷，亦即 COP 以及位錯團簇不存在。同樣地，以 C 之拉起速度所育成之單晶的晶圓，係由環狀 OSF 產生領域之外側的無缺陷領域所構成的無缺陷晶圓。

然而，無缺陷晶圓中，雖然從晶圓表面到背面均由無缺陷領域而構成，但於晶圓中之氧濃度高之時，於裝置製造處理中，氧析出物與 OSF 會形成到形成裝置之晶圓表面附近。因這些因素，裝置之特性會惡化。

於日本特開平 11-147786 號公報中，提供了「使晶圓全面之氧濃度均不滿 24 ppma ($6.5 \sim 12 \times 10^{17}$ atoms/cm³ (ASTM F121-1979))，雖因氧析出熱處理而有環狀 OSF 之潛在核存在，但於熱氧化處理之際，不會產生環狀 OSF，或者，晶圓全面內均沒有 FPD (Flow Pattern Defect) 及格子間位錯環路 (dislocation loop) 之矽晶圓」。

然而，由於所提供之矽晶圓中，所含有之氧濃度低，故而，縱使施以在晶圓中形成氧析出核所需之低溫熱處理，並繼續施以使氧析出核成長之高溫熱處理，也幾乎不會

(5)

形成氧析出物。因此，無法發會對於重金屬污染的充分去疵 (Gettering) 能力。

關於具有去疵效果之氧析出物層的形成，日本國際公開 WO98/38675 號手冊中，提供了「針對矽晶圓表面，不但在一定的周圍氣體中，以高溫施以短時間的急速加熱、急速冷卻之熱處理 (RTA: Rapid Thermal Annealing)，以在內部形成高濃度之熱平衡的空孔，並依急速冷卻而予以凍結；同時還以此之後的熱處理，在表面上使空孔向外擴散，以均一地形成 DZ 層之方法」。而，於此 DZ 層形成後，施以較 RTA 處理之溫度為低之低溫熱處理，以使氧析出核形成以作為內部之缺陷層。

然而，可形成因急速高溫所致之空孔凍結所生之氧析出核的初期氧濃度為 $7 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 左右，而較此為低之氧濃度的晶圓，無法形成氧析出物，故而，晶圓內部不可能具有去疵能力。

並且，關於無缺陷晶圓之製造，在日本特開 2003-100762 號公報中，提供了「將無缺陷結晶晶圓於氫氣、氫氣之周圍氣體中，施以高溫熱處理，以消滅晶圓內殘存之少數 Grown-in 缺陷之矽晶圓製造方法」。又，於日本特開 2003-77925 號公報中，提供了「將無缺陷結晶晶圓在含氮氣體周圍空氣中，施以高溫熱處理，以將空孔導入矽晶圓內部，而施以在內部之空孔中使氧析出之析出處理之矽晶圓製造方法」。

然而，依日本特開 2003-100762 號公報及日本特開

(6)

2003-77925號公報所提供之製造方法，於所得晶圓之氧濃度低的情形下，無法在晶圓內部充分形成氧析出物。又，在晶圓之氧濃度高之情形下，雖然晶圓內部可形成氧析出物，但所形成之氧析出物之分布係，BMD 密度由晶圓中心向表面下降，且由 BMD 密度之高峰位置(晶圓中心位置)至晶圓表面之距離變長，而去疵能力就下降。

【發明內容】

如前所述，於採用無缺陷晶圓來作為裝置基板之時，若晶圓中之氧濃度高，則於裝置製造處理中，氧析出物與 OSF 會形成到形成裝置之晶圓表面附近，而使裝置特性惡化。因此，以高氧濃度之無缺陷晶圓，無法適用於裝置基板。

另一方面，縱使採用低氧濃度之無缺陷晶圓，且為確保去疵能力，而適用使用了爐之 RTA 處理，可形成空孔凍結所生之氧析出核的初期氧濃度亦係在 7×10^{17} atoms/cm³(ASTM F121-1979)左右。從而，初期氧濃度較此為低的晶圓無法形成氧析出物，因而無法使晶圓內部具備去疵能力。

本發明鑑於關於上述無缺陷晶圓之問題點，目的在提供一種矽晶圓之熱處理方法，其係縱使於採用低氧濃度之無缺陷晶圓之時，亦可依據於最適當條件下之在表面內部形成高氧濃度領域之高溫氧化熱處理的實施，與其後之氧析出物形成熱處理的實施，而使晶圓表面上形成 DZ 層，

(7)

以促進晶圓內部之氧析出物的形成。

本發明者為解決上述課題，而反覆檢討後，得到以下之發現，而完成了本發明：縱使於使用低氧濃度之晶圓，亦可於氧之周圍氣體下實施高溫熱處理，以引發氧由矽晶圓表面向內擴散，而可使晶圓表面之內部的氧濃度提高；其後所實施之熱處理，則可使氧析出物安定地形成，而可提高去疵能力。

從而，本發明之熱處理方法係使用由依 CZ 法所製造之矽單晶所得之氧濃度為 $6.5 \sim 12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 之低氧濃度矽晶圓，來進行熱處理之方法，其特徵為，進行高溫氧化熱處理，於前述矽晶圓之表面的內部中，形成高氧濃度領域；其後，施以氧析出物形成熱處理。

雖然，欲使氧由矽晶圓之表面向內擴散，必須使氧固溶度高於矽晶圓之氧濃度，但是，矽晶圓之氧固溶度係依存於晶圓溫度，溫度越高，則氧固溶度越高。例如，晶圓溫度為 1350°C 時之氧固溶度為 $18 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ； 1300°C 時之氧固溶度為 $10.1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ； 1250°C 時之氧固溶度為 $8.49 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ； 1200°C 時之氧固溶度為 $5.73 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ；以及， 700°C 時之氧固溶度為 $1.23 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 。

從而，本發明之熱處理方法，係於含有 5% 以上之氧之周圍氣體中，在 $1250^\circ\text{C} \sim 1380^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行 1～20 小時之高溫氧化熱處理，以引發氧由晶圓飽面向內擴散，

(8)

而可在內部形成高氧濃度之領域。

另一方面，於依 SIMOX 而形成 SOI 基板之工程中，爲了在由矽基板表面注入氧離子之領域上形成嵌入氧化膜，必須使用氧化周圍氣體，在 1300°C 以上之溫度下，進行 4 小時以上，48 小時以下之退火熱處理。特別是，爲了促進嵌入氧化膜的成長，必須使前述氧化周圍氣體之氧濃度確保在 20% 以上；而依此氧濃度，可使氧由晶圓表面充分地向內擴散。依此，可於後工程之析出熱處理中容易地形成氧析出物。

本發明之熱處理方法中，於形成高氧濃度領域後所實施之氧析出物形成熱處理，係由於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之周圍氣體中，在 $450^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 之溫度下，進行 1 ~ 48 小時之「氧析出核形成熱處理」，和其後於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之周圍氣體中，在 $800^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 之溫度下，進行 4 ~ 48 小時之「氧析出物成長熱處理」所構成。依此二階段之熱處理所構成之氧析出物形成熱處理，可使最適當大小之氧析出物高密度且安定地形成。

本發明之熱處理方法，係可於實施前述氧析出物形成熱處理前，使用急速升降溫加熱裝置，於含有氮氣之周圍氣體中，以 $20^{\circ}\text{C} / \text{秒}$ 以上之升降溫速度，在 $1100 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 之溫度下，進行 1 秒 ~ 5 分鐘之熱處理。由於依在含有氮氣之周圍氣體中，進行 RTA 處理，可於晶圓內部形成新的空孔，故而，可依據其後之氧析出物形成熱處理之實施，而得到具有優良去疵效果之矽晶圓。

(9)

本發明之熱處理方法，係使用由無 Grown-in 缺陷之無缺陷晶圓；亦即，其係使用於 I 領域所產生之格子間矽型點缺陷之凝集體，亦即位錯團簇，以及於 V 領域所產生之空孔型點缺陷之凝集體，亦即 COP 均不存在之無缺陷領域所構成之矽單晶所得之矽晶圓。

並且，本發明之熱處理方法，係可使用由含有之氮濃度在 $1 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 之範圍的矽單晶、或由含有之碳濃度在 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F123-1981) 之範圍的矽單晶所得之矽晶圓。

依本發明之矽晶圓之熱處理方法，則縱使於採用低氧濃度之無缺陷晶圓之時，亦可依據於最適當條件下之高溫氧化熱處理的實施，以引發氧由晶圓表面向內擴散，而在晶圓表面內部形成高氧濃度領域，故而，其後可依於最適當條件下之氧析出物形成熱處理的實施，而使晶圓表面上形成 DZ 層，以使晶圓內部高密度且安定地形成大小最適當的氧析出物，而發揮優良的去疵效果。並且，其亦適用於依 SIMOX 而形成之 SOI 基板之退火熱處理。

【實施方式】

本發明之矽晶圓之熱處理方法，係使用由依 CZ 法而製造之矽單晶所得之低氧濃度矽晶圓，來進行熱處理之方法；亦係在氧之周圍氣體中實施高溫氧化熱處理，以引發氧自晶圓表面向內擴散，而於晶圓內部形成高氧濃度領域之方法。以下區分「對象晶圓」、「高溫氧化熱處理」、

(10)

「氧析出物形成熱處理」、以及「RTA處理」，來說明本發明之內容。

1.關於對象晶圓之特性及結晶領域

作為本發明之對象的低氧濃度矽晶圓的氧濃度上限為 $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F123-1981)。而，若氧濃度不滿 $4 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ，則氧析出物之密度本身會大幅降低，而難以引發氧析出，故而，必須使氧濃度在 $4 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上。並且，若氧濃度不滿 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ，則晶圓強度會下降，而容易產生滑移 (Slip)，故而，氧濃度在 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上較為理想。由此種確保氧析出物之密度及晶圓強度的觀點出發，故將作為本發明之對象的低氧濃度矽晶圓的氧濃度下限設為 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 。

另一方面，若氧濃度超過 $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ，則晶圓表層部會產生氧析出物與 OSF，而有使裝置特性惡化之虞。因此，將作為本發明之對象的矽晶圓的氧濃度設為 $6.5 \sim 12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 。

於使用本發明之矽基板作為依 SIMOX 所形成之 SOI 基板之時，由於通過超高溫熱處理以縮小、消滅 OSF 與氧析出物，故而，縱使初期氧濃度矽高氧濃度，亦無問題。亦即，氧濃度之下限若設為 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ，則沒有規定上限之必要。然而，若氧濃度過高，則會發生破碎等製作上之問題，故而，將氧濃度之上限設為 1.8×10^{18}

(11)

atoms/cm³，較為理想。

並且，作為本發明之對象的矽晶圓所含有之氮的濃度，在 $1 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{15}$ atoms/cm³ 之範圍內，較為理想。使其含有氮，則 BMD 密度在晶圓全面會變得均一，而促進氧析出物之成長。為發揮此效果，必須含有 1×10^{12} atoms/cm³ 以上；另一方面，若使其含有超過 5×10^{15} atoms/cm³，則依其溶解度而言，係接近單晶所能含有之界限的濃度，而欲使單晶全長都均一地維持濃度，就變得困難。而，氮濃度係基於初期矽融液量、初期添加於矽融液中之氮之量、以及相對於晶錠的晶圓之採取位置，而由氮的偏析係數所計算出來的值。

又，作為本發明之對象的矽晶圓所含有之碳的濃度，在 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{16}$ atoms/cm³ (ASTM F123-1981) 之範圍內，較為理想。碳不但因其係電中性物質而可促進具有去疵作用之氧析出核的成長，同時於因熱處理而使格子間氧(固溶氧)下降而晶圓強度下降之時，含有維持強度之效果。此時，若含有量不滿 1×10^{15} atoms/cm³，則其效果不會充分顯現；而若含有量過多，則在 CZ 法之單晶育成時容易發生多晶化，故而在 5×10^{16} atoms/cm³ 以下，較為理想。

第 4 圖係作為本發明之對象的無缺陷晶圓的結晶領域之模式性例示圖。亦即，本發明係使用於 I 領域所產生之格子間矽型點缺陷之凝集體，亦即位錯團簇，以及於 V 領域所產生之空孔型點缺陷之凝集體，亦即 COP 均不存

(12)

在之無缺陷領域所構成之矽單晶所得之無缺陷矽晶圓。於育成位錯團簇與 COP 均不存在的矽單晶之時，在一般的拉起條件下，亦可使用組合了水冷拉起與氫雜質(Dope)等手法之矽單晶。

從而，如第4圖之例示，作為本發明之對象的無缺陷晶圓的結晶領域，可相當於，由以如前述第3圖所示之單晶之B的拉起速度所育成之單晶而得到的晶圓的結晶領域；其係由含有環狀 OSF 產生領域之氧析出促進領域以及氧析出抑制領域之無缺陷領域的晶圓所構成；其中，位錯團簇以及 COP 所構成之 Grown-in 缺陷，均不存在。

並且，在 Grown-in 缺陷不存在之範圍中，由以前述第3圖所示之單晶之C的拉起速度所育成之單晶而得到的晶圓的結晶領域，亦可使用。

位錯團簇及 COP 密度之測定結果會受到評價方法的左右。於本發明中，「Grown-in 缺陷不存在之結晶」係指，若以依銅飾法(Cu Decoration)所為之評價方法來觀察，在 $3.0/\text{cm}^2$ 以下而言。此評價方法較 Secco 蝕刻之感度為高，而可偵測出更小的位錯團簇以及 COP。

2.關於高溫氧化熱處理

本發明之熱處理方法，係於含有5%以上之氧之周圍氣體中，在 $1250^\circ\text{C} \sim 1380^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行1~20小時之處理，以作為高溫氧化熱處理。若所使用之周圍氣體的氧濃度不滿5%，則氧不會充分由晶圓表面向內擴散，故必

(13)

須含有 5% 以上。混合至周圍氣體之氣體例如氮、惰性氣體等，均可使用。

於高溫氧化熱處理中，若加熱溫度不滿 1250°C ，則無法引發氧充分向內擴散；另一方面，若加熱溫度超過 1380°C 而達到高溫，則熱處理時，晶圓中有發生滑移與彎曲之虞。因此，高溫氧化熱處理之加熱溫度設在 $1250^{\circ}\text{C} \sim 1380^{\circ}\text{C}$ 。又，加熱時間若不滿 1 小時，則氧不會充分向內擴散；若超過 20 小時，則氧向內擴散之效果已經飽和，故加熱時間設為 1 ~ 20 小時。

本發明之熱處理方法中，於進行 $1250^{\circ}\text{C} \sim 1380^{\circ}\text{C} \times 1 \sim 20$ 小時之高溫氧化熱處理之後，一般而言，取出爐外之溫度係在 $500^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 之範圍內；而，於降溫至將矽晶圓取出爐外之溫度之期間中，由氧固溶度之觀點而言，晶圓表層部之氧濃度變低，氧會於矽晶圓之表層部中向外擴散，而形成沒有氧析出物與 OSF 之 DZ 層。

於使用依 SIMOX 所形成之 SOI 基板之時，係於含有 20% 以上之氧之周圍氣體中，以 $1300^{\circ}\text{C} \sim 1380^{\circ}\text{C}$ 之溫度，進行 4 ~ 48 小時之熱處理，以作為高溫氧化熱處理。於此，將加熱溫度設為 $1300^{\circ}\text{C} \sim 1380^{\circ}\text{C}$ 係因為，為了在由矽基板表面注入氧離子之領域上形成嵌入氧化膜，必須進行 1300°C 以上之熱處理；而，若超過 1380°C ，則熱處理時，晶圓中有發生滑移與彎曲之虞。又，為促進嵌入氧化膜之成長，周圍氣體之氧濃度必須在 20% 以上。

(14)

3.關於氧析出物形成熱處理及 RTA 處理

本發明之熱處理方法中所採用之氧析出物形成熱處理，係由「氧析出核形成熱處理」及「氧析出物成長熱處理」二階段之熱處理組合而成。首先，「氧析出核形成熱處理」，係於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之周圍氣體中，在 $450^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C} \times 1 \sim 48$ 小時之條件下進行。亦即，高溫氧化熱處理後，縱使直接進行使氧析出物成長之高溫熱處理，亦由於作為氧析出物之基礎的氧析出核不存在，故而無法形成充分的大小與密度所構成之氧析出物。因此，必須以使晶圓內部形成氧析出核之溫度，來進行熱處理，以作為第一階段之熱處理。

氧析出核形成熱處理所使用之周圍氣體係氧、氮、惰性氣體、或混合氣體。為確保充分的 BMD 大小、BMD 密度，處理時間須在 $1 \sim 48$ 小時，若為 $4 \sim 24$ 小時，更為理想。

其後之「氧析出物成長熱處理」，係於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之周圍氣體中，在 $800^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C} \times 4 \sim 48$ 小時之條件下進行。於形成氧析出核之狀態下，在裝置製造處理中受到高溫熱處理時，微小的氧析出核有消滅之虞。因此，必須以使氧析出核成長而形成充分大小之氧析出物之溫度，來進行熱處理，以作為第二階段之熱處理。

為使氧析出核成長而形成充分大小之氧析出物， $800^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C} \times 4 \sim 48$ 小時之條件係為必要；而，一般係以 $1000^{\circ}\text{C} \times 16$ 小時之標準評價條件，來作為氧析出物之評價

(15)

熱處理；在同一條件下，可進行氧析出物成長熱處理。

第5圖係依本發明之熱處理方法所得之矽晶圓的斷面構成的模式圖。晶圓表層部之氧由矽晶圓1之正面、背面的表層面，向外擴散而形成沒有氧析出物與OSF之DZ層11。這些DZ層之內側因氧析出物成長熱處理，而形成具有高BMD密度之氧析出物層12。又，此晶圓1由於係使用格子間矽型點缺陷之凝集體，亦即位錯團簇，以及空孔型點缺陷之凝集體，亦即COP均不存在之無缺陷領域所構成之矽單晶所得之矽晶圓，故而，其係構成無缺陷晶圓。

並且，本發明之熱處理方法中，於實施氧析出物形成熱處理前，可進行RTA處理，其係使用急速升降溫加熱裝置，於含氮氣之周圍氣體中，以 $20^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上之升降溫速度，在 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 之溫度下，進行1秒 $\sim$ 5分鐘。依此RTA處理，將空孔注入晶圓內部。

如前所述，因為於此作為對象之晶圓係沒有點缺陷之凝集體的矽晶圓，故而，幾乎沒有使被注入之空孔對消滅之格子間矽型點缺陷，而可有效率地注入氧析出所必需的空孔。又，由於幾乎沒有空孔型點缺陷，故而，可依RTA處理來確保充分的空孔密度。

依據其後之氧析出物形成熱處理之實施，以促進向空孔之氧析出，並依熱處理來謀求氧析出核之安定化，進行析出物之成長。亦即，依據此RTA處理，可謀求晶圓面內之氧析出的均一化，而得到具有充分之BMD密度之氧析出物層。

(16)

[實施例]

以下基於比較例 1、2，以及本發明例 1～5 之具體實施例，來說明本發明之矽晶圓之熱處理方法之效果。

1. 比較例

1-1. 比較例 1

準備氧濃度係 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、 $9 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、以及 $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 三種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。對此晶圓不施以高溫氧化熱處理，而直接實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 8 小時。

1-2. 比較例 2

準備氧濃度係 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 及 $10 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 二種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。對此晶圓，使用橫型批式爐，於含有 1% 之氧 (氧分壓 1%) 之周圍氣體中，施以 $1350^\circ\text{C} \times 10$ 小時之高溫熱處理。其後，實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 16 小時。

(17)

2. 本發明例

2-1. 本發明例 1

準備氧濃度係 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、 $9 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、以及 $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 三種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。對此晶圓，使用橫型批式爐，於氧(氧分壓 100%)之周圍氣體中，施以 $1300^\circ\text{C} \times 10$ 小時之高溫熱處理。其後，實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 8 小時。

2-2. 本發明例 2

準備氧濃度係 $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 及 $11 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 二種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。對此晶圓，使用橫型批式爐，於含有 50% 之氧(氧分壓 50%)之周圍氣體中，施以 $1350^\circ\text{C} \times 10$ 小時之高溫熱處理。其後，實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 16 小時。

2-3. 本發明例 3

準備氧濃度係 $7.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 及

(18)

$10 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 二種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。對此晶圓，使用橫型批式爐，於含有 50% 之氧 (氧分壓 50%) 之周圍氣體中，施以 $1350^\circ\text{C} \times 10$ 小時之高溫氧化熱處理。

對於所得晶圓，使用燈退火 (Lamp Anneal) 爐，於氮氣之周圍氣體中，以 $50^\circ\text{C} / \text{秒}$ 之升溫速度升溫至 1200°C ，保持 120 秒後，再以 $50^\circ\text{C} / \text{秒}$ 降溫至 400°C 。其後，使用橫型批式爐，保持 800°C 達 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 16 小時。

2-4. 本發明例 4

準備氧濃度係 $7.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 及 $10 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 二種水準，而電阻率係 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 所構成之低氧濃度晶圓，且其係全面均係無缺陷領域所構成之矽晶圓。使用所得之晶圓，實施氧離子注入，使注入能量為 180 KeV 、雜質 (Dope) 量為 $4.0 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 。

以注入氧之晶圓為標準 SIMOX 退火條件，投入 700°C 後，於含有 1% 之氧的周圍氣體－氬氣主體中，升溫至 1350°C ，並保持 5 小時後，再進一步於含有 70% 之氧的周圍氣體中保持 10 小時，然後降溫至 700°C 。對所得到之晶圓，實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 8 小

(19)

時。

2-5. 本發明例 5

使用與本發明例 4 相同之晶圓，實施氧離子注入，使注入能量為 180KeV 、雜質 (Dope) 量為 $4.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 。然後，投入 700°C 後，於含有 80% 之氧的周圍氣體中，升溫至 1350°C ，並保持 40 小時，然後降溫至 700°C 。對所得到之晶圓，實施以下之熱處理：以 $0.3^\circ\text{C} / \text{分}$ 由 600°C 升溫至 700°C ，並保持 4 小時後，再進一步升溫至 1000°C ，並保持 8 小時。

3. 評價結果

將以比較例 1、2，與本發明例 1~5 所得之晶圓切開為二份後，於微量蝕刻 (Light-Etch) 液中進行 $3\mu\text{m}$ 的蝕刻，然後以光學顯微鏡來觀察晶圓斷面之氧析出物。於比較例 1、2 中，幾乎都觀察不到氧析出物；而，於本發明例 1~5 中之任一者，均可觀察到，在相當於氧之向內擴散之氧濃度高峰的表面起算深度約 $100\mu\text{m}$ 之位置中，氧析出物之密度在 $5 \times 10^9/\text{cm}^3$ 以上。又，可確認由晶圓表面起至深度約 $50\mu\text{m}$ 之處為止，係 DZ 層。特別是，於本發明例 5 中，由於進行了高溫、長時間的氧化處理，故而增加了氧向內擴散之量，擴大了氧析出物形成領域。

其次，在以比較例 1、2，及本發明例 1~5 所得之晶圓表面上，施以 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ 之鎳的故意污染，而實施了簡易

(20)

的裝置熱模擬。其後，於微量蝕刻 (Light-Etch) 液中進行表面 $3\mu\text{m}$ 的蝕刻，然後以光學顯微鏡來觀察表面缺陷之晶圓表面缺陷；結果，於比較例 1、2 中，矽表面上可觀察到鎳的矽化物 (Silicide)，而於本發明例 1～5 中之任一者中，鎳污染均被補足而觀察不到矽化物。

如上之說明所述，依本發明之矽晶圓之熱處理方法，則縱使於採用低氧濃度之無缺陷晶圓之時，亦可依據於最適當條件下之高溫氧化熱處理的實施，來引發氧由晶圓表面向內擴散，而在晶圓表面內部形成高氧濃度領域。依此，其後可依於最適當條件下之氧析出物形成熱處理的實施，而使晶圓表面上形成 DZ 層，以使晶圓內部高密度且安定地形成大小最適當的氧析出物，而發揮優良的去疵效果。

並且，本發明之矽晶圓之熱處理方法，縱使於用作依 SIMOX 所形成之 SOI 基板之時，亦可在前述 SIMOX 時之氧離子注入後，依據最適當條件下之高溫氧化熱處理之實施，以及其後之氧析出物形成熱處理之實施，而發揮與上述相同之效果。依此，其作為低氧濃度之無缺陷晶圓的熱處理方法，有相當廣泛的用途。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係於矽晶圓上觀察之典型的缺陷分布之例的模式圖。

第 2 圖係於依 CZ 法來進行育成之階段中的拉起速度

(21)

，與結晶缺陷之產生位置之關係的模式性說明圖。

第3圖係改善單晶內之拉起軸方向之溫度梯度來進行拉起之時，拉起速度與結晶缺陷之產生位置之關係的模式圖。

第4圖係作為本發明之對象的無缺陷晶圓的結晶領域之模式性例示圖。

第5圖係依本發明之熱處理方法所得之矽晶圓的斷面構成的模式圖。

【主要元件符號說明】

1：矽晶圓

11：DZ層

12：氧析出物層

五、中文發明摘要

發明之名稱：矽晶圓之熱處理方法

使用由依柴氏長晶法 (Czochralski Method) 而製造之矽單晶所得之低氧濃度矽晶圓，來進行熱處理之方法，其係進行高溫氧化熱處理，於前述晶圓之表面內部形成高氧濃度領域，且其後實施氧析出物形成熱處理；依前述高溫氧化熱處理，以引發氧自晶圓表面向內擴散，可使晶圓表面內部形成氧濃度變高之領域；而，依其後之前述氧析出物形成熱處理，使得晶圓表面上形成 DZ 層，且使晶圓內部高密度且安定地形成大小最適當的氧析出物，而可發揮優良之去疵 (Gettering) 效果。並且，縱使於用於依 SIMOX 而形成之 SOI 基板之時，亦可於前述 SIMOX 之氧離子注入後，依據高溫氧化熱處理之實施，及其後氧析出物形成熱處理之實施，而發揮與上述相同之效果。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1. 一種矽晶圓之熱處理方法，係由：使用柴氏長晶法 (Czochralski Method) 所製造之矽單晶所得之氧濃度為 $6.5 \sim 12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F121-1979) 之低氧濃度矽晶圓，來進行在前述矽晶圓之表面內部形成高氧濃度領域的高溫氧化熱處理之工程、和其後所進行之氧析出物形成熱處理之工程，所構成之矽晶圓熱處理之方法，其特徵為，

前述高溫氧化熱處理，係於含有 5% 以上之氧之氣體環境中，在 $1250^\circ\text{C} \sim 1380^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行 1 ~ 20 小時，以促使氧從該當矽晶圓表面往內方擴散；並且，

前述氧析出物形成熱處理，是由：

於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之氣體環境中，在 $450^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行 1 ~ 48 小時的氧析出核形成熱處理；和接下來的

於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之氣體環境中，在 $800^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行 4 ~ 48 小時的氧析出物成長熱處理

所構成。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之矽晶圓之熱處理方法，其中，前述氧析出物形成熱處理係由：

於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之氣體環境中，在 $450^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ 之溫度下，進行 1 ~ 48 小時的氧析出核形成熱處理；和接下來的

於氧、氮、惰性氣體、或混合氣體之氣體環境中，在

(23)

800℃～1100℃之溫度下，進行4～48小時的氧析出物成長熱處理

所構成。

3.如申請專利範圍第1項所記載之矽晶圓之熱處理方法，其中，於實施前述氧析出物形成熱處理前，使用急速升降溫加熱裝置，於含有氮氣之氣體環境中，以20℃／秒以上之升降溫速度，在1100℃～1300℃之溫度下，進行1秒～5分鐘之熱處理。

4.如申請專利範圍第1項所記載之矽晶圓之熱處理方法，其中，所使用之矽晶圓，係由沒有晶格間矽型點缺陷凝集體（例如錯位團簇）以及空孔型點缺陷凝集體（例如COP）存在之無缺陷領域所成之矽單晶所得。

5.如申請專利範圍第1項所記載之矽晶圓之熱處理方法，其中，所使用之矽晶圓，係由含氮濃度在 $1 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 之範圍的矽單晶所得。

6.如申請專利範圍第1項所記載之矽晶圓之熱處理方法，其中，所使用之矽晶圓，係由含碳濃度在 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F123-1981)之範圍的矽單晶所得。

七、指定代表圖：

- (一) 本案指定代表圖為：第(5)圖
- (二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

1：矽晶圓

11：DZ層

12：氧析出物層

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