

申請日期	89 年 9 月 5 日
案 號	89118378
類 別	

A4  
C4

(以上各欄由本局填註)

# 發 明 專 利 說 明 書

~~新 型~~

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(4) 篠宮勝
	國 籍	(4) 日本 (4) 日本國群馬縣安中市磯部二丁目一三番一號 信越半導體株式会社半導體磯部研究所內
三、申請人	住、居所	
	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC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 1999年9月6日 11-251482 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（ ）

### （技術領域）

本發明有關於使用於半導體元件之製造上所使用之可替代矽磊晶晶圓（silicon epitaxial wafer）地使用之矽晶圓及其製造方法。

### （背景技術）

近年來隨著半導體元件之顯著之高積體化、高性能化，而對於做為基板而可用之矽圓之結果性之要求也是很嚴苛。

以往做為 D R A M 或 M P U 用之基板而主要以大口徑化容易之切克勞斯基法（czocharalski method）（晶體生長法）（或稱 C Z 法）所製作之 C Z 晶圓。惟 C Z 晶圓中在於單（結）晶育成時所導入之“生長時進入”（Grow-in）之缺陷之存在。而由其影響所致之元件特性之劣化或良品率之降低等問題點之愈來愈顯在化。於是最近即考量開發 C Z 法之育成條件以資減低“生長時進入”之缺陷之技術，使用了生長時進入之缺陷較少之由 C Z 單晶所獲得之晶圓，或使用沒有生長時進入之缺陷之不存在之磊晶晶圓者。

惟欲形成生長時進入之缺陷少之 C Z 結晶起見，該拉伸條件乃需要以極嚴格的管理之狀態下進行拉伸，因此 C Z 晶圓本身之良品率降低，結果有導致成本提高之問題。

另外雖然亦開發有，對於具有生長時進入之缺陷之

## 五、發明說明 ( 2 )

C Z 晶圓在於高溫之還原性環境而實施熱處理以資消滅存在於 C Z 晶圓表面近傍之生長時之缺陷，由而在於 C Z 晶圓表面上形成低缺陷層之技術，惟實施此種熱處理雖有某一程度之缺陷之減低之效果，惟並不一定可以充分的消滅該缺陷之事實乃愈來愈明顯化。

另一方面延伸晶圓時，係在於以通常之條件所製作之 C Z 晶圓上形成磊晶層，因此該結晶性可以獲得非常優異，所以具有很大的提高所製作之元件之特性及良品率之可能性之利點，惟另一方面須追加使用高價格之磊晶成長元件之磊晶層之形成之過程（製程），因此同樣也無法避免成本之提高之問題。

加上，由於在於磊晶成長時之熱處理，而在 C Z 晶圓之體（bulk）中所存在之氧氣析出核係溶體化，由而實施元件製程熱處理時，體中之氧氣析出物之形成顯現不夠充分，由而導致製程中所發生之重金屬不純物之除氧能力有不足之問題，所以以往之磊晶晶圓之製造乃使用除氧效果高之高硼濃度之  $p^+$  晶圓（例如  $3 \times 10^{18}$  個 /  $cm^3$  以上， $0.02 \Omega \cdot cm$  以下），而在其上面形成硼濃度較高之低之  $p$  型磊晶層之  $p/p^+$  磊晶晶圓較多。

惟欲製造此種  $p/p^+$  磊晶晶圓時，很容易發生在於磊晶生長中，從  $p^+$  晶圓而被氧化之硼之再被取入於磊晶層，或矽之從  $p^+$  晶圓表面而以固相外方擴散而取入於磊晶層內之自行摻雜現象（Auto-doping）之問題。又由此自行摻雜而使磊晶層之電阻率改變，因此需要以 CVD 法所形成之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

### 五、發明說明 ( 3 )

$\text{SiO}_2$ 來被覆該  $p^+$  晶圓之背面等等對策，由而更能成爲使生產性及成本更劣化之原因。

又，最近有，做爲 CMOS 元件用之磊晶矽晶圓而使用在於比較低之硼濃度（例如  $0.1 \sim 50 \Omega \cdot \text{cm}$  程度）之  $p^-$  晶圓上形成  $p$  型磊晶層之  $p/p^+$  磊晶晶圓之傾向。此種晶圓雖然沒有自行摻雜之問題，惟具有與  $p/p^+$  磊晶晶圓比較時，除氧能力低之問題。

另一方面，亦有人提案對於含有硼之矽晶上實施在於氫環境中之熱處理以資控制晶圓表層之硼濃度之方法。（參照日本專利公報特開平 10-144697 號）。依此方法時，可以獲得，在於高硼濃度之  $p^+$  晶圓之表層部形成比較的硼濃度低之  $p$  型層之例如從矽晶圓之表面而至少  $0.2 \mu\text{m}$  之深度爲止之表層部之硼濃度之體之硼濃度之  $\frac{1}{2}$  以下之  $p/p^+$  晶圓者。而關於硼濃度分佈而言即可以獲得與  $p/p^+$  磊晶晶圓同樣之晶圓者。

惟在此種  $p/p^+$  晶圓之表面層仍然留存有上述之生長時進入之缺陷，實施氫環境中之熱處理也無法充分的消滅缺陷所以以此狀態下，無法以磊晶晶圓之同一條件而使用，要供以同一條件下使用起見，需要在此  $p/p^+$  晶圓之表面形成磊晶層才可以，所以生產性及成本之劣化乃不能避免。

（發明之揭示）

本發明係鑒於此問題所創作，以提供一種可做爲半導

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

## 五、發明說明( 4 )

體元件之製造上所用之 p / p<sup>+</sup> 磊晶晶圓之替代者而使用之矽晶圓及以非常低成本且簡單之製造方法為目的。

為了解決上述問題，本發明乃主要乃摻雜了硼及氮之矽晶圓中其特徵為：從該矽晶圓之表面而至少 0.2 μm 之深度為止之表面層之硼濃度係體部之硼濃度之  $\frac{1}{2}$  以下。

上述表面層之 0.09 μm 大小以上之缺陷密度係 1.0 × 10<sup>4</sup> 個 / cm<sup>3</sup> 以下，且氧氣析出熱處理後之上述體部之內部微小缺陷密度為 1 × 10<sup>8</sup> ~ 2 × 10<sup>10</sup> 個 / cm<sup>3</sup> 者。

如上述摻雜了硼及氮之矽晶圓中，該晶圓之表層部之硼濃度為體部之硼濃度之  $\frac{1}{2}$  以下，而表層部之 0.09

μm 大小以上之缺陷密度係 1.0 × 10<sup>4</sup> 個 / cm<sup>3</sup> 以下，且氧析出熱處理後之上述體部之內部微小缺陷密度係 1 × 10<sup>8</sup> ~ 2 × 10<sup>10</sup> 個 / cm<sup>3</sup> 之矽晶圓係，在於表層部而生長進入之缺陷少，所以可以獲得磊晶層水平程度之元件特性，並且硼濃度係體部之  $\frac{1}{2}$  以下所以將表層部視為 p

/ p<sup>+</sup> 磊晶晶圓之磊晶層同等來應用。再者，在體部有經高溫之熱處理也不會消滅之氧析出核之存在，因此實施除氧熱處理或元件製程等之熱處理時即可以形成充分之內部微小缺陷，由而顯示對於防止重金屬等之污染上優異之除氧效果。

此時上述矽晶圓之氮濃度為 1 × 10<sup>10</sup> ~ 5 × 10<sup>15</sup> 個 / cm<sup>3</sup> 為合宜，

(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 )

這是由於藉由氮而抑制摻雜了硼之矽晶圓中之尺寸大之生長時進入之缺陷之形成，同時使之具有充分的促進氧析出之效果起見，使之為  $1 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上為合宜。以及為不妨礙，切克勞斯基法之矽單結晶之單結晶化起見，以  $5 \times 10^{15}$  個 /  $\text{cm}^3$  以下為合宜。

再者，上述矽晶圓之體部之硼濃度為  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上為合宜，這是由於晶圓體部之硼濃度高時，除氧效果得再增加，而除去晶圓表層部之重金屬不純物之效果會大之緣故者。

再者本發明乃：育成以切克勞斯基法 (Czochralski methode) 而摻雜了氮及硼之矽單晶棒，而將該單晶棒予以切片加工成為矽晶圓之後，對於該矽晶圓，在於含有氫氣之環境中施予熱處理而將晶圓表面之硼擴散於外方為其特徵之矽晶圓之製造方法者。

如上述，育成，以切克勞斯基法而摻雜了氮及硼之矽單晶棒，而將該單晶棒予以切片加工成為矽晶圓之後，對於該矽晶圓在於含有氫氣之環境中，施予熱處理而將晶圓表面之硼擴散於外方而製造矽晶圓時，就可以製造出，在晶圓表層部之生長時進入 (Grow-in) 之缺陷少，硼濃度之較體部為低之晶圓，而此晶圓係除氧效果也優異，所以充分可以做為替代於該  $p / p^+$  或  $p / p^-$  磊晶矽晶圓而使用之矽晶圓者。

再者以此方法來製造晶圓時，可免除磊晶成長熱處理，所以大幅度地可以降低晶圓製造成本。

(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 )

由於育成以切克勞斯基法而摻雜氮及硼之矽單晶棒時，令摻雜於該單晶棒之氮濃度定為  $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15}$  個 /  $\text{cm}^3$  為宜。

以熱處理而充分可消滅生長時進入之缺陷之尺寸大小之氮濃度係以  $1 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上為宜。因為如果  $5 \times 10^{15}$  以上時，恐有對於單結晶化有妨礙之虞之緣故。

由於育成以切克勞斯基法而摻雜氮及硼之矽單晶棒時，令摻雜於該單晶棒之硼濃度定為  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$  為合宜。具有如上述之高硼濃度時除氧 (gettering) 效果將再會增加。

又，上述含有氫氣環境係氫氣 100% 之環境，而熱處理溫度為  $1100^\circ\text{C}$  以上為合宜。

如上述氫氣含有環境係氫氣 100% 之環境而熱處理溫度係  $1100^\circ\text{C}$  以上時，更能有效果的實施晶圓表面之硼之外方擴散且確實的可以消滅該生長時進入之缺陷者。

如上所述本發明乃育成以切克勞斯基法來摻雜氮及硼之矽單 (結) 晶，而對於由此單結晶所獲得之晶圓實施在於含有氫氣環境中之熱處理，由而將晶圓表面之硼朝外方擴散由而以高生產性且簡單的可以製造出可以替代 p / p<sup>+</sup> 磊晶矽晶而使用之矽晶圓者。

(實施發明之最佳之形態)

下面詳細的說明本發明之實施形態，惟本發明並不侷限於這些實施形態。

(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 )

本發明乃創作了，如果將以 C Z 法而育成矽單結晶中，摻雜氮之技術中所獲得之矽晶圓上施予熱處理就得於很有效率的可以消滅該在矽晶圓表面之生長時進入之缺陷之知識，應用於，將摻雜了硼之晶圓，在於含有氫氣環境中實施熱處理以資將晶圓表面近傍之硼擴散於外方之技術，就可以以非常低成本且簡便的可以製造可用做例如替代 p / p<sup>+</sup> 磊晶晶圓而使用之矽晶圓，而緻細的查究諸條件而完成者。

詳言之，有文獻指出，將氮摻雜於單結晶中，即可以抑制矽中之原子空孔之凝集。(T. Abe and H. Takeno, Mat Res. Soc. Symp. Proc Vol 262,3. 1992)。這效果可能是由於原子空孔之凝集過程係由均一核形成移行至不均一核形成之緣故。所以以 C Z 法來育成矽單結晶時將氮予以摻雜時，可以使以原子空孔之凝集體所形成之空洞 (Void) 缺陷等之生長時進入 (Glow-in) 之缺陷之尺寸變為非常小，而此種尺寸大小之結晶缺陷乃得以熱處理而容易的將它消滅者。

再者，又有一文獻揭示，在於矽單結晶中摻雜有氮時，就有助長氧之析出之效果，而氧析出物密度為變高之事實。(例如 F. Shimura and R.S. Hockett. Appl. Phys. Lett. 48, 224, 1986)。

所以由實施了熱處理而晶圓表面之氧析出物乃由擴散於外方而消滅，且在於體部即具有高密度之氧析出物，可以形成除氧能力高之晶圓者。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 8 )

按在於上述之日本專利公報特開平 1 0 - 1 4 4 6 9 7 號公報揭示有，在含有硼之矽晶圓上實施在於氫氣環境中之熱處理，由而控制晶圓表層之硼濃度之方法。這是發現，在氫環境中施予熱處理也幾乎不會發生硼之向外方之擴散，惟在於含有氫氣環境中實施熱處理由而可以看出晶圓表層部之硼之擴散於外方之現象，利用此現象，而在於含有氫氣環境對於含高濃度之硼之晶圓實施熱處理以資在表層部形成了低硼濃度層之  $p / p^+$  矽晶圓者。

所以對於高硼濃度之  $p^+$  晶圓，在於含有氫氣之環境中實施了熱處理由而不會發生自行摻雜之問題地可以製造  $p / p^+$  晶圓。惟以此技術雖然可以控制晶圓表層部之硼濃度使之成為所欲之電阻率，惟可以預料，雖然經過了含有氫氣環境中之熱處理之後，在晶圓表層部仍然殘留有生長時進入之缺陷之存在。

於是本發明人等，以通常之 C Z 法製作硼濃度之約  $1 \times 10^{18}$  個 /  $cm^3$  之矽晶圓，而對於此晶圓實施氫氣環境下， $1200^\circ C$ ，60 分鐘之熱處理，測定從該表面約  $0.5 \mu m$  之深度之領域，測定 T Z D B (Time Zero Dielectric Breakdown) 之累積不良率做為其氧化膜耐壓特性，該結果顯示於第 2 圖。

由第 2 圖之曲線 A 可知，稱謂「B 模式之不良」之電場強度之  $3 \sim 6 MV / cm$  之領域之破壞頻度高之事實，這表示雖然在氫氣環境中實施  $1200^\circ C$ ，60 分鐘之熱處理，在於從晶圓表面到  $0.5 \mu m$  之深度之領域中仍然

(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 )

存留有生長時進入之缺陷。

換言之確認了，對於以通常之 C Z 法所製作之摻雜了硼之晶圓，適用上述特開平 1 0 - 1 4 4 6 9 7 號公報之技術，該晶圓表面附近之生長時進入之缺陷仍然無法充分的被消滅之事實。

於是本發明人等創作了，對於摻雜了氮之上述 C Z 矽晶圓而適用了上述特開平 1 0 - 1 4 4 6 9 7 號公報之技術，於是由於摻雜了氮時，矽晶圓單結晶中之生長時進入之缺陷之尺寸已變小，所以可預料在含有氫氣環境下之熱處理而能容易地消滅上述缺陷。

本發明人等製作了以 C Z 法摻雜氮之氮濃度為  $1 \times 10^{14}$  個 /  $\text{cm}^3$  且與上述者同樣地硼濃度為約  $1 \times 10^{18}$  個 /  $\text{cm}^3$  之矽晶圓，而對於此晶圓同樣地實施在於氫氣環境下  $1200^\circ\text{C}$ ，60 分鐘之熱處理，做為從表面至約  $0.5 \mu\text{m}$  之深度之領域之氧化膜耐壓特性測定了 T Z D B 之累積不良率，而一併表示於第 2 圖。

由第 2 圖之曲線 B 可知，摻雜了氮之晶圓係在於所謂 C 模式之電場強度之  $8 \text{MV} / \text{cm}$  以上之領域之破壞頻度高，C 模式收率高之事實。換言之，這個表示，經過氮之摻雜後施予熱處理之結果晶圓表層部之生長時進入之缺陷被消滅。

換言之，育成以 C Z 法而摻雜硼，再摻雜氮之矽單結晶，將由此單結晶所獲得之晶圓，在於含有氫氣之環境中施予熱處理，由而將晶圓表面之硼擴散於外方，由而可以

(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 )

獲得，雖然係  $p / p^+$  晶圓，但是晶圓表層部之結晶缺陷密度係與磊晶晶圓同樣的少之晶圓者。

本發明中，欲以切克勞斯基法來摻雜硼以及摻雜氮之矽單結晶棒乃可以採用例如日本專利公報特開昭 60 - 251190 號所記述之習知之方法就可以。

詳述之，切克勞斯基法乃，對於收容於石英坩堝中之多晶矽原料之融液接觸種結晶，而將電一面旋轉一面緩慢拉昇以資育成單結晶棒之方法。惟，預先在石英坩堝內，放入已摻雜了硼之多結晶矽原料，同時在石英坩堝內放入氮化物，或在矽融液中投入氮化物，或以氮氣體來形成該環境等等由而對於拉昇中之結晶可摻雜氮者。此時以調整氮化物之量，氮氣之濃度等等而可以控制結晶中之氮之摻雜量。

如果對於矽單結晶中摻雜氮就可以助長矽中之氧原子之凝集，而使氧析出物濃度變高之理由可能為：如上述氧原子之凝集過程乃由均一核形而移行於以不純物氮為核之不均一核之緣故。所以所摻雜之氮之濃度乃以可以充分引起不均一核之形成之  $1 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上為合宜，由而可以充分的提高氧析出物之濃度。另一方面氮濃度超過矽單結晶中之固溶限界之  $5 \times 10^{15}$  個 /  $\text{cm}^3$  時，有時會阻礙矽單結晶之單結晶化本身，所以不宜超過上述之濃度。

再者摻雜之硼之濃度乃以達到  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上為合宜，這是由於如此之高之硼濃度時更可助長晶圓體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 11 )

部之氧析出，再者以此程度之硼濃度即在於後實施之在於含有氫氣環境中之熱處理而很容易使晶圓表層部之硼擴散於外方也。

於是以前切克勞斯基法中摻雜了硼之同時可以摻雜規定濃度之氮，由而可以獲得結晶缺陷之尺寸小之矽單結晶棒。

而以通常之方法，使用內周刀刃切片機或鋼絲鋸等之切斷元件予以切片之後，經過，端面倒角、研光、蝕刻、研磨等過程而加工成矽單晶晶圓，當然上述過程只是例示舉例而已，其他亦有洗淨、熱處理等等過程，而過程之順序之變更，一部份省略等等適宜的可以依目的變更過程。

接著對於所獲得之已摻雜了硼及氮之矽晶圓在含有氫氣之環境下施予熱處理，由此熱處理而可以使晶圓表層部之硼擴散於外方而很容易的製造 p / p<sup>+</sup> 晶圓。

此時，在於氫氣 100% 環境中，以 1100℃ 以上地實施熱處理時就能更有效果的實施向外方之擴散由而確實的可以消滅表面之缺陷者。

另一方面晶圓之體部之硼濃度乃維持於高值，加上摻雜有氮，所以由氧析出熱處理而可誘起適當之密度之內部微小缺陷，而可以發揮很高之除氧效果者。

下面舉出本發明之實施例及比較例，而具體的做說明，惟本發明並侷限於此實施例。

( 實施例 )

裝訂線

## 五、發明說明 ( 12 )

在於直徑 2 4 英寸之石英坩鍋中放入電阻率為 0 . 1 ~ 0 . 0 1  $\Omega \cdot \text{cm}$  地添加規定之濃度之硼之原料多晶矽，同時且與原料多結晶矽一齊放入具有氮化矽膜之矽晶圓，而予以熔融，而以 C Z 法拉昇直徑 8 英寸，p 型，方位  $\langle 100 \rangle$  之單結晶棒。由此單結晶棒而以偏析係數之計算而從氮濃度為  $1 \times 10^{14}$  個 /  $\text{cm}^3$  之位置而切片而成之晶圓，施予加工製作了鏡面研磨晶圓，所製作之晶圓之電阻率為約 0 . 0 7  $\Omega \cdot \text{cm}$  ( 硼濃度為約  $1 \times 10^{18}$  個 /  $\text{cm}^3$  )。

將此晶圓在於 1 0 0 % 氫氣環境中以 1 2 0 0  $^{\circ}\text{C}$ ，6 0 分鐘之條件實施熱處理，而在晶圓表面形成熱氧化膜，而從該氧化膜利用粒子計數器 ( KLA tencoal 公司製 S P - 1 ) 來測定 L P D ( Light Pattern Defect ) 以資測定深度方向之空洞缺陷密度 ( 大小 0 . 0 9  $\mu\text{m}$  以上 )。其測定結果表示於第 1 圖。

又在於深度方向之測定時，即對於同一晶圓及複實施熱氧化處理，而從熱氧化膜與矽之界面之位置之從原來之晶圓表面之深度為達到約 5 0  $\text{nm}$ ，1 2 0  $\text{nm}$ ，1 8 0  $\text{nm}$ ，2 7 0  $\text{nm}$  之狀態而測定 L P D，將所獲得之測定值換算為每單位體積之個數而予以標記。

由第 1 圖可知，在測定之深度之全領域而尺寸 0 . 0 9  $\mu\text{m}$  以上之空洞缺陷密度為  $1 \times 10^4$  個 /  $\text{cm}^3$  以下。

接著形成於表面之氧化膜厚之達到約 1  $\mu\text{m}$  之處而以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 13 )

H F 水溶流來除去此氧化膜，以資測定自晶圓之表面到深度約  $0.5 \mu\text{m}$  之氧化膜耐壓特性 ( T Z D B 特性 )。

T Z D B 特性之測定條件乃：氧化膜厚：  $25 \text{ nm}$ ，測定電極：摻雜磷之多晶矽。

電極面積：  $8 \text{ mm}$ ，判定電流：  $1 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 。測定結果係做為第 2 圖中之曲線 B 來表示。

由第 2 圖之曲線 B 可知 C 模式良品率 ( 絕緣破壞電場為  $8 \text{ MV}$  以上之比例 ) 為  $95\%$  以上。這表示與通常之磊晶晶圓大致相同之 T Z D B 特性。所以可知本發明之晶圓係在於從表面至深度約  $0.5 \mu\text{m}$  也具有與磊晶晶圓之大致同一之 T Z D B 特性者。

又，以二次離子質量分析元件而測定此晶圓之表面附近之硼濃度，換言之從原來之晶圓之表面之深度約  $0.5 \mu\text{m}$  之硼濃度，即硼濃度係約  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$ 。所以在於氬氣環境中之熱處理後之表面附近之硼濃度乃可以確認與體部相比較降低很多之事實。

再者，為了確認此晶圓之除氧能力起見，實施氮環境中  $800^\circ\text{C}$ ，4 小時，及在氧氣環境下  $1000^\circ\text{C}$ ，16 小時之氧析出熱處理，而以 O P P ( Optical Precipitate Profiler ) 法來測定體部之內部微小缺陷密度。

此 O P P 法係應用諾馬斯基型 ( Nomarski type ) 微分干涉顯微鏡者，首先藉由偏光稜鏡而將從光源所出射之雷射光分離成為 2 條之互相正交之  $90^\circ$  相位不同之直線偏光之光束而使之從晶圓之鏡面側射入。此時一個光束橫過

(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 )

光束之缺陷時就發生相位偏移，而與另一光束發生相位差。而透過晶圓之背面後，以偏光分析器來檢出此相位差而可以檢出缺陷。

該結果內部微小缺陷密度係  $5 \times 10^9$  個 /  $\text{cm}^3$ 。所以可知本發明之晶圓係雖然在於氫氣之環境中，以  $1200^\circ\text{C}$ ，60分鐘之條件而實施熱處理，惟在於 as-grown 時形成之氧析出核不會消滅在於以後之熱處理而可形成對於除氧而充分之內部微小缺陷密度 ( $1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$ )。

## (比較例)

不施予滲氮雜，而與實施例之同一條件製作鏡面研磨晶圓。使用此晶圓而實施例同樣的實施同一之氫氣熱處理之晶圓，以及不實施氫氣熱處理之晶圓，分別測定深度方向之空洞缺陷密度，而一併標記於第1圖上。

由第1圖可知，在未實施氮摻雜之晶圓，也施予氫氣熱處理之結果，在於深度50nm程度，有某一程度地可以減輕  $0.09 \mu\text{m}$  以上之空洞缺陷，惟超出該深度以上時即呈顯與未實施氫氣熱處理之晶圓同等之缺陷。

又對於實施氫氣熱處理之晶圓即與實施例同樣地調查了厚度約  $0.5 \mu\text{m}$  之 T Z D B 特性，在第2圖上以曲線 A 地併於標記，由曲線 A 查知，不實施氮摻雜而實施氫氣熱處理之晶圓之從表面到深度約  $0.5 \mu\text{m}$  之 C 模式良品率係 60% 程度，可以知道與通常之磊晶晶圓相比相當的

(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 )

劣者。

再者本發明並不侷限於上述實施形態，上述實施形態係只是例示，具有與本發明之申請專利範圍所述之技術思想實質上同一之構成且可以獲得同樣之作用效果者均應包含於本發明之技術範圍者。

例如本發明中，欲育成藉由切克勞斯基法摻雜了氮之矽單結晶棒時，對於融液施加磁場與否並管者，本發明之切克勞斯基法乃施加所謂磁場之MCZ法亦包括者。

再者，在上述之實施形態乃，以p / p<sup>+</sup>晶圓中，晶圓表層部之結晶缺陷密度係與磊晶晶圓同等的少之晶圓為中心的做了說明，惟本發明並不侷限於此，雖然係p / p<sup>-</sup>晶圓，而是摻雜了硼及氮之矽晶圓，且從該矽晶圓之表面，至少0.2 μm之深度為止之表層部之硼濃度為體部之硼濃度之 $\frac{1}{2}$ 以下，而上述表層部之0.09 μm大小以上之缺陷密度為 $1.0 \times 10^4$ 個 / cm<sup>3</sup>以下，且氧析出熱處理後之上述體部之內部微小缺陷密度係 $1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10}$ 個 / cm<sup>3</sup>之矽晶圓亦包含於本發明之矽晶圓者。

## 圖式之簡單說明

第1圖乃，在於氮雜了硼之晶圓中，比較了有・無退火，有・無氮摻雜之條件之下之晶圓表層部之缺陷密度之圖。

第2圖乃在於摻雜了硼之晶圓中，比較有・無氮之摻雜之下TZDB特性之圖。

四、中文發明摘要(發明之名稱:

## 矽晶圓及其製造方法

依本發明可以提供一種摻雜了硼及氮之矽晶圓中其特徵為：從該矽晶圓之表面而至少  $0.2 \mu\text{m}$  之深度為止之表面層之硼濃度係體部之硼濃度之  $\frac{1}{2}$  以下。上述表面層之  $0.09 \mu\text{m}$  大小以上之缺陷密度係  $1.0 \times 10^4$  個 /  $\text{cm}^3$  以下，且氧氣析出熱處理後之上述體部之內部微小缺陷密度為  $1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$  之晶圓，及藉切克勞斯基法而摻雜了氮及硼之矽單晶棒，而將該單晶棒予以切片加工為矽晶圓之後，對於該矽晶圓，在於含有氫氣中施予熱處理而將晶圓表面之硼擴散於外方而成之矽晶圓之製造方法。由而可以提可做為替代 P / P<sup>+</sup> 磊晶晶圓而用之矽晶圓以及其製造方法者。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

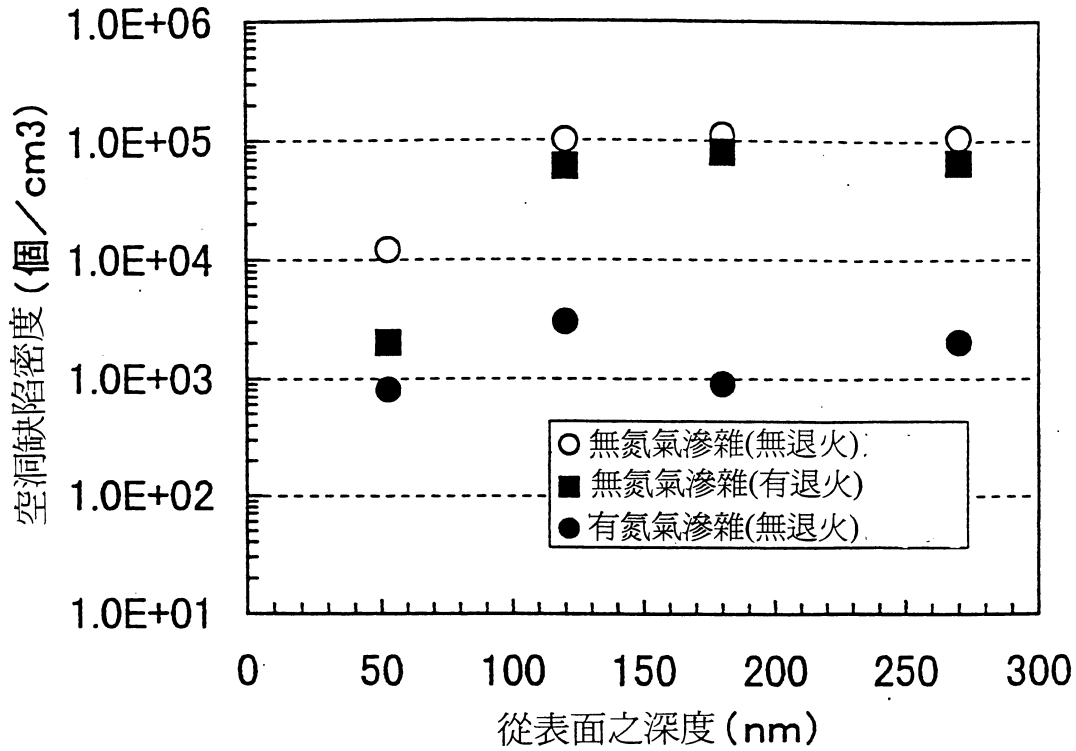
英文發明摘要(發明之名稱:

The present invention provides a silicon wafer doped with boron and nitrogen, wherein boron concentration in a surface layer of a depth of at least  $0.2 \mu\text{m}$  from a surface of the silicon wafer is  $1/2$  or less of boron concentration of bulk portion, density of defects having a size of  $0.09 \mu\text{m}$  or more in the surface layer is  $1.0 \times 10^{14}$  defects/ $\text{cm}^3$  or less, and density of bulk micro defects in the bulk portion after oxygen precipitation heat treatment is  $1 \times 10^8$  to  $2 \times 10^{10}$  defects/ $\text{cm}^3$ , and a method for producing a silicon wafer, which comprises growing a silicon single crystal ingot doped with boron and nitrogen by the Czochralski method, processing the single crystal ingot into a silicon wafer by slicing the ingot, and subjecting the silicon wafer to a heat treatment in a hydrogen-containing atmosphere to out-diffuse boron of wafer surface. Thus, there are provided a silicon wafer that can be used as an alternative of p/p<sup>+</sup> epitaxial wafers and a method for producing the same.

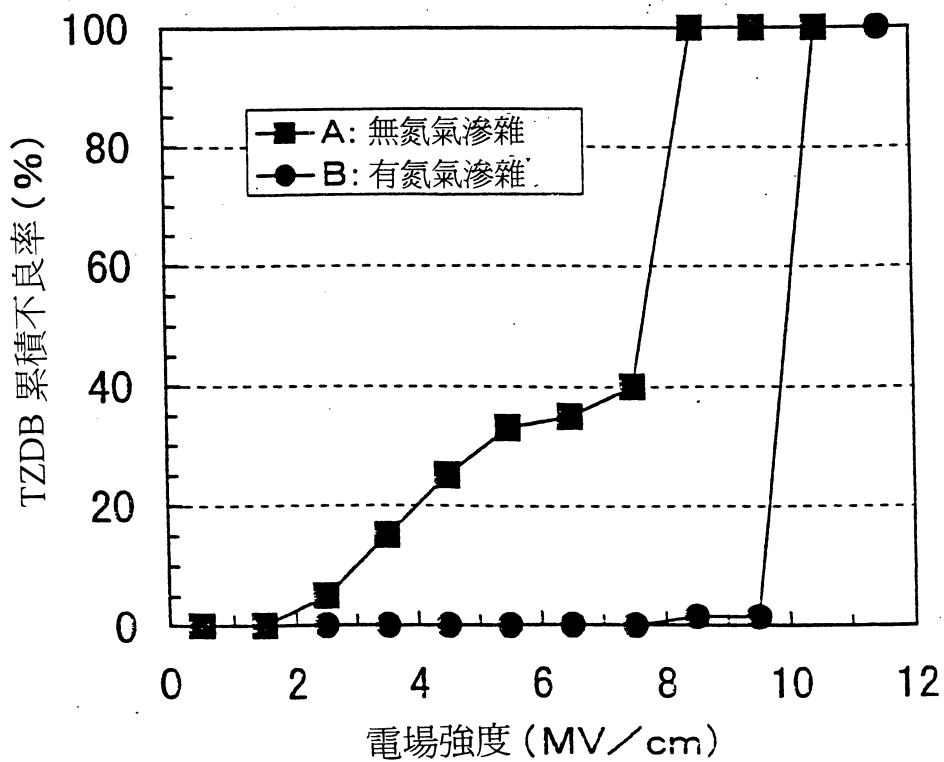
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

訂

第 1 圖



第 2 圖





## 六、申請專利範圍

第 89118378 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 92 年 8 月 19 日修正

1. 一種矽晶圓，是摻雜了硼及氮之矽晶圓，其特徵為：從該矽晶圓之表面而至少  $0.2 \mu\text{m}$  之深度為止之表面層之硼濃度係體部之硼濃度之  $\frac{1}{2}$  以下。上述表面層之

$0.09 \mu\text{m}$  大小以上之缺陷密度係  $1.0 \times 10^4$  個 /  $\text{cm}^3$  以下，且氧氣析出熱處理後之上述體部之內部微小缺陷密度為  $1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10}$  個 /  $\text{cm}^3$  者。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之矽晶圓，其中上述矽晶圓之氮濃度係  $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15}$  個 /  $\text{cm}^3$  者。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之矽晶圓，其中上述矽晶圓之體部之硼濃度係  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上者。

4. 一種矽晶圓之製造方法，其特徵為：

育成以切克勞斯基法 (Czochralski method) 來摻雜了氮及硼之矽單晶棒，使摻雜於該單晶棒之氮濃度定為  $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15}$  個 /  $\text{cm}^3$ ，而將該單晶棒予以切片加工成為矽晶圓之後，對於該矽晶圓，在於含有氫氣之環境中施以熱處理溫度為  $1100^\circ\text{C}$  以上的熱處理而將晶圓表面之硼擴散於外方。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之矽晶圓之製造方法

(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

，其中

當育成以切克勞斯基法來摻雜氮及硼之矽單晶棒時，令摻雜於該單晶棒之硼濃度定為  $1 \times 10^{17}$  個 /  $\text{cm}^3$  者。

6. 如申請專利範圍第 4 或 5 項所述之矽晶圓之製造方法，其中

上述含有氫之環境係氫 100% 之環境。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線