

申請日期	88 年 8 月 31 日
案 號	88114980
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(4) 竹野博 (5) 速水善範
	國 籍	(4) 日本國群馬縣安中市磯部二一三一一 信越半導体株式 会社磯部研究所
	住、居所	(5) 日本國群馬縣安中市磯部二一三一一 信越半導体株式 会社磯部研究所
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

(由本局填寫)

承辦人代碼：

A6

大類：

B6

IPC分類：

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 8 月 31 日	10-260843
日本	1998 年 8 月 31 日	10-260844
日本	1998 年 8 月 31 日	10-260846

☒有主張優先權
☒有主張優先權
☒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

五、發明說明 (1)

技術領域

本發明係有關存在於磊晶層中的裝置之可靠性有害的重金屬雜質少之半導體裝置製造用外延矽單晶晶圓及成為其基板之硼摻雜矽單晶晶圓、銻摻雜矽單晶晶圓、及磷摻雜矽單晶晶圓及此等之製造方法。

背景技術

外延矽單晶晶圓，係由其優越的特性長久以來即被廣泛的使用作製造個別半導體或雙極 IC 等之晶圓。又對 MOS LSI 而言，由軟體錯誤 (soft error) 或 (latch up) 特性亦優越的事，可被廣泛使用於微處理器單位或快閃記憶體裝置。再者，為使製造矽單晶時導入的由所謂內部成長 (Grown-in) 缺陷引起的 DRAM 之可靠性不良降低，外延矽單晶晶圓之需要乃日益擴大著。

然而，於此種半導體裝置所使用的磊晶矽單晶晶圓上存在重金屬雜質時，則會引起半導體裝置之特性不良。尤其被視作最尖端的裝置所需的潔淨度，係重金屬雜質濃度被視作 $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$ 以下，存在於矽晶圓上的重金屬雜質須予極力降低。

又，在最近的研究，依照亦可說是此種外延晶圓外延製程之條件及外延膜厚在磊晶成長後，被指基板晶圓表面上存在的內部成長缺陷之影響非常顯著 (木村等人，日本結晶成長學會誌 Vol.24 No.5 P.444, 1997)。

尤其，經予摻雜銻之用作低電阻裝置的 N 型基板 (

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

以下稱作銻摻雜矽單晶晶圓)，由銻之原子半徑較矽者為大一事，與通常之經予摻雜硼之 P 型基板（以下稱作硼摻雜矽單晶晶圓）相比，內部成長缺陷之密度高，與其他基板相比磊晶成長後內部成長缺陷之影響非常大，故有問題存在。

至於為使此種重金屬雜質降低的技術之一種，係吸氣技術之重要性日益提高著。向來於製造邏輯裝置用外延矽單晶晶圓時，係採用吸氣效果較高的硼摻雜矽單晶晶圓，以電阻係數未滿 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 之超高硼濃度之 P^{++} 型基板（以下稱作超高硼摻雜矽單晶晶圓）用作進行磊晶成長之基板晶圓，與以電阻係數 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下的高硼濃度之 P^{+} 型基板（以下稱作高硼矽單晶晶圓）用作基板晶圓之情形相比，可得高裝置良品率。然而，超高硼摻雜矽單晶晶圓由於硼濃度非常高，故被稱作自動摻雜（auto dope）之基板中的硼雜質一旦飛出至氣相中，再度生成為磊晶成長層所包圍的問題。

至於此種自動摻雜之對策，係有在減壓氣圍下進行磊晶成長之方法，或於基板背面貼附上 CVD 氧化膜用作密封材等的方法，惟為進行此種處理，不論何者均與生產性惡化或成本高漲有關的問題點。

因此，以無需自動摻雜對策之高硼摻雜矽單晶晶圓用作進行磊晶成長的基板晶圓係可予考慮的。然而，低氧濃度之高硼摻雜矽單晶晶圓之吸氣係硼原子之偏析型吸氣，與氧析出物引起的鬆弛型之吸氣比較，對銅或鎳等之重金

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(3)

屬雜質有吸氣能力降低的問題點存在。

另一方面，長久以來，在製造 CCD 用外延矽單晶晶圓方面，經予摻雜磷之 N 型基板（以下稱磷摻雜矽單晶晶圓）或銻摻雜矽單晶晶圓等之 N 型基板係被使用作進行磊晶成長之基板晶圓。然而，此等 N 型基板，若比較硼摻雜矽單晶晶圓，則有氧較難析出的問題存在。此種由於 N 型基板之氧析出量不足引起的吸氣能力之不足，係在對 CCD 之歸因於重金屬雜質的結晶缺陷敏感的裝置為致命的問題。

尤其，銻摻雜矽單晶晶圓之情形，在利用 CZ 法使已摻雜銻之矽單晶棒成長之際，銻濃度較高的單晶棒成長之後半的氧濃度，欲利用氧化銻之蒸發維持高氧濃度係非常困難的。因此由於氧濃度降低，會使由此部分經予切斷的矽晶圓之氧析出受限制，故未能獲得製造裝置所需的吸氣能力。

因此，於銻摻雜矽單晶晶圓或磷摻雜矽單晶晶圓，若欲獲得與硼摻雜矽單晶晶圓相同程度之氧析出量時，與硼摻雜矽單晶晶圓相較，則需要長時間之氧析出熱處理，而有隨著生產性之惡化引起的問題存在。

例如，磷摻雜矽單晶晶圓之情形，具體而言被稱作 1 G 熱處理之高溫 1100℃ 以上的初段熱處理，第二段在約 600～700℃ 之析出核形成熱處理，第三段在約 1000℃ 氧析出物形成熱處理各以數小時進行。

另一方面，為增加此等之高硼摻雜矽單晶晶圓、銻摻

（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)

雜矽單晶晶圓、磷摻雜矽單晶晶圓之氧析出，可提高晶圓之氧濃度的情形，係使氧析出促進，將此種熱處理所需的時間縮短即成為可能，惟晶圓之氧析出量變成過多，會引起晶圓之變形及晶圓之強度降低等的問題。又，於此等矽單晶晶圓之表面上形成磊晶層的情形，於磊晶層中發生雜質氧之由於外方擴散引起的有害缺陷而對半導體裝置特性有惡劣影響之問題點。

發明之揭示

本發明係有鑑於此種問題點而完成者，為高硼摻雜矽單晶晶圓、銻摻雜矽單晶晶圓、及磷摻雜矽單晶晶圓，基板中之氧濃度不論可予抑制至不引起晶圓之變形及晶圓之強度降低等的問題的程度，以高生產性製造並供給容易析出氧且吸氣能力高的磊晶成長用矽晶圓及各該晶圓採用於基板晶圓所成長的磊晶層中之重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓為主要目的。

為解決上述課題之本發明，係已摻雜摻雜劑之矽單晶晶圓，以該矽單晶晶圓之析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上為特徵的摻雜物予以摻雜的矽單晶晶圓。

如此，已摻雜的摻雜物之矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓之析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上的矽單晶晶圓，不依摻雜物之種類而具有高吸氣效果者，若將此晶圓用於外延矽單晶晶圓之基

(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)

板晶圓時，可得高品質之外延矽單晶晶圓。

又，為解決上述課題之本發明，係電阻係數 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓，該硼摻雜矽單晶晶圓中之氧濃度為 16 ppm (JEIDA：日本電子工業發展協會標準) 以下，且析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上為特徵的硼摻雜矽單晶晶圓。

如此，不論電阻係數 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓，該硼摻雜矽單晶晶圓中之氧濃度為 16 ppm 以下的低氧濃度，析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度在 1×10^9 個 / cm^3 以上之容易析出氧的硼摻雜矽單晶晶圓，對銅或鎳等的重金屬雜質具有高吸氣能力，甚且晶圓中之氧濃度因較低、晶圓會變形、可防止晶圓強度不足的情形。

再者，若將此種硼摻雜矽單晶晶圓供作製作外延晶圓而用的基板晶圓時，於磊晶層中不發生由於雜質氧之外方擴散引起的有害缺陷，且具有較高的吸氣效果，可高生產性製得半導體裝置製作層中的重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓，同時亦可解決前述自動摻雜之問題。

又本發明，係電阻係數 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓，該硼摻雜矽單晶晶圓係利用 CZ 法摻雜氮並將所生長的矽單晶棒薄切而得者為特徵之硼摻雜矽單晶晶圓。

如此，係電阻係數 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$

(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)

以下之硼摻雜矽單晶晶圓，該硼摻雜矽單晶晶圓若係利用 CZ 法摻雜氮並將所生長的矽單晶棒薄切而得者時，則在晶圓之體 (bulk) 部由於氮之存在會促進氧析出，故基板中之氧濃度即使為不引起晶圓變形或晶圓之強度降低等的問題之程度的低濃度，亦成為具有較高的吸氣效果者。

再者，若將此種硼摻雜矽單晶晶圓供作製造外延晶圓而用的基板晶圓時，則可防止由於自動摻雜使雜質包圍磊晶層，具有較高的吸氣效果，可高生產性的製得重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓。

又，此情形，可將前述硼摻雜矽單晶晶圓之氧濃度設成 16ppma 者。

如此若設成 16ppma 以下的低氧時加上晶圓之變形及晶圓強度之降低的顧慮會再減少，可抑制硼摻雜矽單晶晶圓中的結晶缺陷之形成，可防止晶圓之表面層的氧析出物之形成。因此於晶圓表面上形成磊晶層之情形，亦對磊晶層之結晶性不致產生惡劣影響。另一方面，在體部由於氮之存在會促進氧析出，故即使為此種低氧，亦可足夠發揮吸氣效果。

又，為解決上述課題之本發明，係銻摻雜矽單晶晶圓，該銻摻雜矽單晶晶圓表面之結晶缺陷的密度在 0.1 個 / cm^2 以下為特徵之銻摻雜矽單晶晶圓。

如此，係銻摻雜矽單晶晶圓表面之結晶缺陷的密度在 0.1 個 / cm^2 以下之銻摻雜矽單晶晶圓，其晶圓表面之內部成長 (Grown-in) 缺陷的密度較習用的銻摻雜矽單晶晶

(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)

圓可予抑制極小的矽單晶晶圓。因此，若將此種銻摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓用之基板晶圓時，可得具有良質的磊晶層之外延矽單晶晶圓。

又，本發明係銻摻雜矽單晶晶圓，該銻摻雜矽單晶晶圓之析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上為特徵的銻摻雜矽單晶晶圓。

如此，係銻摻雜矽單晶晶圓，該銻摻雜矽單晶晶圓之析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上之銻摻雜矽單晶晶圓由於吸氣能力極高，成為晶圓表面之重金屬雜質密度極低的矽單晶晶圓。因此，將此種銻摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓而用的基板晶圓時，可得具有良質的磊晶層之外延矽單晶晶圓。

再者，本發明係銻摻雜矽單晶晶圓，以該銻摻雜矽單晶晶圓表面之結晶缺陷的密度為 0.1 個 / cm^2 以下，且析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度 1×10^9 個 / cm^3 以上為特徵之銻摻雜矽單晶晶圓。

如此，係銻摻雜矽單晶晶圓。該銻摻雜矽單晶晶圓表面之結晶缺陷的密度為 0.1 個 / cm^2 以下，且析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度 1×10^9 個 / cm^3 以上的銻摻雜矽單晶晶圓，係晶圓表面之內部成長缺陷的密度與習用的銻摻雜矽單晶晶圓相比可予抑制至極少的矽單晶晶圓，且由於吸氣能力極高，故成為晶圓表面之重金屬雜質密度極低的矽單晶晶圓。因此，若將此種銻摻雜矽單晶晶圓供製作外延晶圓而用的基板晶圓時，可得具有極良

(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)

質的磊晶層之外延矽單晶晶圓。

又，本發明係銻摻雜的單晶晶圓，該銻摻雜矽單晶晶圓係對利用 CZ 法摻雜氮而生長的矽單晶棒予以薄切而得者為特徵之銻摻雜的單晶晶圓。

如此，銻摻雜矽單晶晶圓，該銻摻雜矽單晶晶圓若為利用 CZ 法摻雜氮而予生長的矽單晶棒經薄切而得者時，則由於氮之影響使晶圓表面之尺度較大的內部成長缺陷之密度成為經予顯著的降低者。又在晶圓之體部由於氮之存在會促進氧析出，故基板中的氧濃度即使為不引起晶圓之變形或晶圓之強度降低的問題之較低濃度，亦成為以短時間之熱處理具有較高的吸氣效果。

再者，若將此種銻摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓而用的基板晶圓時，則因基板晶圓表面之尺度較大的內部成長缺陷較少，故給予磊晶層之惡影響極少，以短時間之熱處理具有較高的吸氣效果，可顯著的降低磊晶層之重金屬摻雜濃度。因此可以高生產性製得具有極高品質之磊晶層之外延矽單晶晶圓。

此時，可將前述銻摻雜矽單晶晶圓之氧濃度設成 20ppma (JEIDA：日本電子工業發展協會標準) 以下者。

如此若設成 20ppma 以下之中，低氧時加上無需顧慮晶圓之變形及晶圓強度之降低，可抑制銻摻雜矽單晶晶圓中的結晶缺陷之形成，可防止在晶圓之表面層的氧析出物之形成。因此於晶圓表面上形成磊晶層時，亦不致對磊晶層之結晶性生成惡劣影響。另一方面，在體部由於氮之存

(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)

在會促進氧析出，故即使為此種中、低氧，亦可充分發揮吸氣效果。

又，解決上述課題之本發明，係磷摻雜單晶晶圓，該磷摻雜矽單晶晶圓，該磷摻雜單晶晶圓中的氧濃度為 18ppma (JEIDA：日本電子工業發展協會標準)，且析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上為特徵之磷摻雜矽單晶晶圓。

如此，係磷摻雜矽單晶晶圓，不論該磷摻雜矽單晶晶圓中的氧濃度為 18Ppma 以下之中、低氧濃度，析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度在 1×10^9 個 / cm^3 以上之較易析出氧的磷摻雜矽單晶晶圓，對銅或鎳等重金屬雜質即使短時間之熱處理亦具有較高的吸氣能力，由於晶圓中之氧濃度較低，晶圓會變形，可防止晶圓之強度不足。

再者，將此種磷摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓而用的基板晶圓時，於磊晶層上不致發生由於雜質氧之外方擴散引起的有害缺陷，且在短間之熱處理具有效高的吸氣效果，可以高生產性製得重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓。

又本發明係磷摻雜矽單晶晶圓，該磷摻雜矽單晶晶圓係以利用 CZ 法摻雜氮予以生長的矽單晶棒經薄切而得者為特徵之磷摻雜單晶晶圓。

如此，係磷摻雜矽單晶晶圓，該磷摻雜矽單晶晶圓若係利用 CZ 法摻雜氮予以生長的矽單晶棒經薄切而得者，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

則在晶圓之體部由於氮之存在而促進氧析出，故即使基體中的氧濃度為不致引起晶圓之變形或晶圓之強度降低等的問題之比較低濃度，在短時間之熱處理亦成為具有較高的吸氣效果。

再者，若將此種磷摻雜矽單晶晶圓供製造矽外延晶圓而用的基板晶圓時，則在短時間之熱處理具有較高的吸氣效果，可以高生產性製得重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓。

此情形，可將前述磷摻雜矽單晶晶圓之氧濃度設成 18ppma 以下者。

如此若設成 18ppma 以下之中，氧濃度時，加上晶圓之變形及晶圓強度之降低的顧慮會更減少，可抑制磷摻雜矽單晶晶圓中的結晶缺陷之形成，可防止在晶圓之表面層的氧析出物之形成。因此於晶圓表面上形成磊晶層之情形，對磊晶層之結晶性亦不致生成惡劣影響。另一方面，在體部由於氮之存在可促進氧析出，故即使以此種低氧亦可充分發揮吸氣效果。

再者，於生長已摻雜氮並生長矽單晶之情形，前述矽單晶晶圓之氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 為宜。

此為利用氮抑制矽晶圓中的尺度之大內部成長缺陷之形成，同時使具有能充分促進氧析出之效果，以作成 $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^3$ 以上為宜，及為作成使不妨礙 CZ 法之矽晶圓的單晶化，以設成 $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 以下為較宜所致。

(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)

再者，前述矽單晶晶圓，係以施加 900°C ~ 矽熔點以下的溫度之熱處理者為佳。

如此，若為對矽單晶晶圓施加 900°C ~ 矽熔點以下的溫度之熱處理者時，則矽單晶晶圓表面之氮或氧係予外方擴散，乃成為晶圓表面層之結晶缺陷極少者。又其後在進行磊晶層之形成等的高溫之熱處理之際，成為亦無析出核會溶解且不引起析出，具有足夠的吸氣效果之晶圓。

因此，本發明係外延矽單晶晶圓，以於本發明之矽單晶晶圓之表層部形成有磊晶層者為特徵之外延矽單晶晶圓。

如此，於本發明之矽單晶晶圓之表層部形成有磊晶層之外延矽單晶晶圓，由於無自動摻雜之問題，故成為具有所期待電阻值之高品質的磊晶層者，同時不論生產性高且可予抑制基板中的氧濃度至不引起晶圓之變形及晶圓之強度降低等的問題之程度，對銅或鎳等的重金屬，具有較高的吸氣效果，成為重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓。

又，本發明係電阻係數 $10\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓之製造方法，其特徵在於利用 CZ 法摻雜硼之同時生長已摻雜氮的矽單晶棒，將該矽單晶棒薄切並加工成矽單晶晶圓之硼摻雜矽單晶晶圓之製造方法。

如此，於電阻係數為 $10\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓之製造方法，利用 CZ 法摻

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

雜硼之同時生長已摻雜氮的矽單晶棒，將該矽單晶棒薄切並加工成矽單晶晶圓，製造硼摻雜矽單晶晶圓時，在晶圓之體部由於氮之存在會促進氧析出之故，即使基板中的氧濃度為不致引起晶圓之變形或晶圓之強度的降低之程度，亦可製造具有較高的吸氣效果之硼摻雜矽單晶晶圓。

再者，若將以此種方法製造的硼摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓用之基板晶圓時，則可防止由於自動摻雜至磊晶層引起的雜質之包圍，具有較高的吸氣效果，可以高生性製得重金屬雜質濃度極低的外延矽單晶晶圓。

此情形，可將該單晶棒所含有的氧濃度設成 16ppma 以下。

若如此進行時，亦對磊晶層之結晶性不致生成惡劣影響，可充分的發揮吸氣效果。

又，本發明係於銻摻雜矽單晶晶圓之製造方法，以利用 CZ 法摻雜銻之同時，生長已摻雜氮之矽單晶棒，將該矽單晶棒薄切以加工成矽單晶晶圓為特徵之銻摻雜矽單晶晶圓之製造方法。

如此，於銻摻雜矽單晶晶圓之製造方法，係利用 CZ 法摻雜銻之同時，生長已摻雜氮之矽單晶棒，若將該矽單晶棒薄切並加工成矽單晶晶圓，製造銻摻雜矽單晶晶圓時，由於氮之影響成為使晶圓表面之內部成長缺陷的密度顯著的降低者。又，在晶圓之體部由於氮之存在會促進氧析出，故即使為基板中之氧濃度不引起晶圓之變形或晶圓之強度降低等的問題之比較低的濃度，亦以短時間之熱處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

可製造具有高的吸氣效果之銻摻雜矽單晶晶圓。

再者，若以此種方法製造的銻摻雜矽單晶晶圓供製造外延晶圓用之基板晶圓時，則基板晶圓表面之內部成長缺陷賦與磊晶層之惡劣影響極少，以短時間之熱處理具有較高的吸氣效果，可顯著的降低磊晶層之重金屬雜質濃度，故可以高生產性製得具有極高品質的磊晶層之外延矽單晶晶圓。

此時，可將該單晶棒所含有的氧濃度設成 20ppma 以下。

若如此進行時，亦對磊晶層之結晶性不致生成惡劣影響，可充分的發揮吸氣效果。

又，本發明係於磷摻雜矽單晶晶圓之製造方法，以利用 CZ 法摻雜磷之同時，生長已摻雜氮之矽單晶棒，將該矽單晶棒薄切以加工成矽單晶晶圓為特徵之磷摻雜矽單晶晶圓之製造方法。

如此，於磷摻雜矽單晶晶圓之製造方法，係利用 CZ 法摻雜磷之同時，生長已摻雜氮之矽單晶棒，若將該矽單晶棒薄切以加工成矽單晶晶圓。製造磷摻雜矽單晶晶圓時，在晶圓之體部，由於氮之存在會促進氧析出，為氧析出較難引起的磷摻雜矽單晶晶圓，即使為基板中之氧濃度不致引起晶圓之變形或晶圓之強度降低等的問題之濃度，在短時間之熱處理亦可製造具有較高的吸氣效果之磷摻雜矽單晶晶圓。

再者，若以此種分法製造的磷摻雜矽單晶晶圓供製造

(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)

外延晶圓用之基板晶圓時，以短時間之熱處理具有較高的吸氣效果，可以高生產性製得重金屬雜質濃度極低的高品質之磊晶層之外延矽單晶晶圓。

此時，可將該單晶棒所含有的氧濃度設成 18ppma 以下。

若如此進行時，亦對磊晶層之結晶性不致生成惡劣影響，可充分的發揮吸氣效果。

再者，此情形，於利用 CZ 法生長已摻雜氮之矽單晶棒之際以將摻雜入該單晶棒內之氮濃度設成 $1 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 為宜，又對前述矽單晶晶圓施加 $900^\circ\text{C} \sim$ 矽之熔點以下的溫度之熱處理為宜。

若如此製造矽單晶晶圓時，則可進一步製造吸氣能力高，表面缺陷少，適用作能進行各種特性優越的磊晶成長之基板晶圓之矽單晶晶圓。

因此，本發明係於外延矽單晶晶圓之製造方法，以利用本發明之矽單晶晶圓之製造方法製造矽單晶晶圓，於該矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層為特徵之外延矽單晶晶圓之製造方法。

如此，於外延矽單晶晶圓之製造方法，利用上述的矽單晶晶圓之製造方法，製造矽單晶晶圓，若於該矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層時，則基板晶圓表面之內部成長缺陷給予磊晶層之影響極少，即使抑制基板中之氧濃度至不引起晶圓之變形及晶圓之強度降低的問題之程度，由於對重金屬以短時間之熱處理具有較高的吸氣效果，故可顯著

(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)

的降低磊晶層之重金屬雜質濃度，以高生產性可製造具有高品質之磊晶層的外延矽單晶晶圓。

如以上說明般，在本發明係藉由採用已摻雜氮的矽晶圓作為外延矽單晶晶圓之基板，不論於低氧濃度之高硼摻雜矽單晶晶圓或氧析出較難的銻摻雜、磷摻雜矽單晶晶圓，具有容易析出氧之較高的吸氣能力，於晶圓表面上進行磊晶成長之情形，可以高生產性且簡單的製作磊晶層中之缺陷密度及重金屬雜質濃度較低的高品質之外延矽單晶晶圓。

圖式之簡單說明

第 1 圖為於實施例 1、比較例 1，使氧析出物析出的熱處理之後，顯示利用 OPP 法之晶圓的氧析出物缺陷密度之測定結果的結果圖。

第 2 圖為於實施例 2、比較例 2，顯示利用粒子計數器測定磊晶成長前後的晶圓表面之結晶缺陷密度的測定結果之結果圖。

第 3 圖為於實施例 1、比較例 1，使氧析出物析出的熱處理之後，顯示利用 OPP 法之晶圓的氧析出物缺陷密度之測定結果的結果圖。

第 4 圖為於實施例 3、比較例 3，顯示利用 OPP 法之晶圓的氧析出物缺陷密度之測定結果的結果圖。

實施發明之最佳形態

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

以下進一步詳細說明本發明，惟本發明並非受此等所限定者。

本發明係利用 CZ 法所製造的電阻係數 $10 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的高硼摻雜矽單晶晶圓，或銻摻雜矽單晶晶圓或磷摻雜矽單晶晶圓，尤其藉由以於結晶成長中摻雜氮之技術可得低氧濃度且氧析出物或氧化誘導積層缺陷密度較高的矽單晶晶圓，供作製造外延矽單晶晶圓而用的基板晶圓，發現可以高生產性、低成本製造於磊晶層上不致發生由於雜質氧之外方擴散引起的有害缺陷，月具有較高的吸氣效果，重金屬雜質濃度極低的外延單晶晶圓，並精心檢查各種條件以至完成本發明。

亦即，若將氮摻雜入矽晶圓中時，則被指出可助長矽中的氧原子之凝集，氧析出物濃度變高 (T. Abe and H. Takeno, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 262, 3, 1992) 。此效果係可被視作氧原子之凝集過程係由均勻核形成移行至以雜質氮為核的不均勻核形成所致。

因此，若於利用 CZ 法生長矽單晶之際摻雜氮時，可得氧析出物濃度較高的矽單晶及加工此單晶而得的矽單晶晶圓。因此藉由以此矽單晶晶圓為基板使磊晶層成長，即使為低氧濃度之硼摻雜矽單晶晶圓或原本氧析出較難的銻矽單晶晶圓或磷摻雜單晶晶圓，可得較高的氧析出物密度，其結果可成長重金屬雜質密度極少的磊晶層。再者，由於可降低晶圓中的氧濃度，不致引起晶圓之變形或晶圓強度降低等的問題，對磊晶層亦無由於雜質氧引起之惡劣影

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

響。

因此，如此於矽單晶成長時摻雜氮而予製造的矽單晶晶圓，硼之摻雜量以電阻係數換算計，即使為 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下程度者或原本氧析出較難的銻經予摻雜者或經予摻雜磷者，亦具有較高的吸氣效果，可得高品質之磊晶層，且亦不需對自動摻雜之對策，不僅外延矽單晶晶圓之品質之提高，亦可期待生產性及成本之改善。

於本發明，利用 CZ 法摻雜氮之同時，生長已摻雜氮之矽單晶棒，例如若依日本特開昭 60-251190 號所述的公知方法即可。

亦即，CZ 法係令晶種與石英坩堝中所收容的多晶矽原料之熔液接觸，邊令此旋轉邊徐徐提拉以生長所期待直徑之矽單晶棒的方法，惟事先將經予摻雜硼之多晶矽原料放入石英坩堝內，同時事先將氮化物放入石英坩堝內，或將氮化物投入矽熔液中，或藉由以氣圍氣為含有氮之氣圍等，可於提拉結晶中摻雜氮。此際，藉由調整氮化物之量或氮氣之濃度或導入時間等，可控制結晶中的氮摻雜量。

如此，利用 CZ 法生長單晶棒之際，藉由摻雜氮，欲使經予導入的尺度較大的內部成長缺陷減少，同時助長矽中的氧原子之凝集，可提高氧析出物濃度。此方法係為無需減緩使習用內部成長缺陷減少而進行的提拉速度，採用習知的製造裝置，因係可容易實施的方法，不需新增設製造裝置等，可以高生產性製造矽單晶。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

又，向來係電阻係數 $10 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以下之高硼摻雜矽單晶晶圓之情形，與電阻係數未滿 $10 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 之超高濃度硼摻雜矽單晶晶圓相比，氧析出可予抑制，又在銻摻雜矽單晶晶圓及磷摻雜矽單晶晶圓之情形，與硼摻雜矽單晶晶圓相比，較難引起氧析出，未能獲得裝置製造上所需的吸氣能力。

尤其，於銻摻雜矽單晶晶圓之情形，利用 CZ 法使已摻雜銻之矽單晶棒成長之際，銻濃度較高的成長單晶棒之後半的氧濃度，係藉由氧化銻之蒸發欲維持高氧濃度係非常困難的，因此藉由使氧濃度成為極低，使由此部位經予裁切的矽晶圓之氧析出可予抑制，未能獲得製造裝置時所需的吸氣能力。

另一方面，對此等的晶圓，為解決此問題若提高晶圓內之氧濃度時，則引起晶圓之變形或晶圓強度之降低，又於晶圓表面上已形成磊晶層之情形，由於雜質氧之向磊晶層的外方擴散引起之缺陷會發生，反之會帶來特性之劣化。然而，如本發明，藉由將氮摻雜於矽單晶中，不使氧濃度提高，亦可獲得製造裝置時所需的吸氣能力。

若將氮摻雜入矽單晶中時，則會助長矽中的氧原子之凝集，使氧析出濃度變高的理由，可被視作如前述般，氧原子之凝集過程係由均勻核形成移行至以雜質氮為核之不均勻核形成所致。

因此，摻雜的氮之濃度以充分引起不均勻核形成的 $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^3$ 以上為宜。由此可充分的提高氧析出物

(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)

濃度。另一方面，氮濃度若超過矽單晶中的固溶界限之 $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 時，則因矽單晶之單結晶化本身受阻，故以設成不超過此濃度為宜。

又，在本發明，即使在低氧濃度，氧析出物濃度由於較高，利用 CZ 法生長已摻雜氮之矽單晶棒之際，使單晶棒所含有的氧濃度在已摻雜硼之情形可設成 16ppma 以下，已摻雜銻之情形則可設成 20ppma 以下，已摻雜銻之情形則可設成 18ppma 以下之中、低氧濃度。

若將矽單晶中的氧濃度設成上述之值以下時，則使磊晶層之結晶性降低的氧析出物等之缺陷，因可約略完全防止經予形成於矽單晶晶圓之表面上，故可防止對經予成長於矽單晶晶圓之表面上的磊晶層之結晶性生成惡劣影響。另一方面，在體部由於氮之存在可予促進氧析出，故即使低氧亦可充分發揮吸氣效果。

在生長矽單晶棒之際使所含有的氧濃度降低至上述範圍之方法，若依向來慣用的方法時即可。例如，藉由坩堝旋轉數之減少，導入氣體流量之增加，氣圍氣壓力之降低，矽熔液之溫度分布及對流之調整等的手段，可簡單的設成上述氧濃度範圍。

如此，於 CZ 法，在摻雜硼、銻或磷之同時，經予摻雜所期待濃度之氮，可得尺度較大的結晶缺陷較少，同時含有所期待濃度之氧的矽單晶棒。依通常的方法，以內周刀片薄切器或線鋸等裁切裝置薄切後，經去角、研磨、蝕刻、研磨等的步驟，加工成矽單晶晶圓。當然，此等步驟

(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)

係止於例示已列舉的，此外亦可得清洗，熱處理等各種步驟，因應步驟順序之變更，部分省略等目的，可變更適當步驟並予使用。

其次，在進行磊晶成長之前，以於所得的矽單晶晶圓上施加 900°C ~ 矽之熔點以下的溫度之熱處理為宜。藉由在形成磊晶層之前進行此熱處理，可使矽單晶晶圓表面之氮向外方擴散。

將矽單晶晶圓表面之氮向外方擴散，係藉由氮之氧析出促進效果，在矽單晶晶圓表面層析出氧，利用以此為準的缺陷之形成，可防止對其後之磊晶層有惡劣影響所致。

此情形，氮之在矽中的擴散速度，係較氧顯著快速，故藉由施加熱處理，可確實的將表面之氮向外方擴散。至於具體的熱處理之條件，以在 900°C ~ 矽之熔點以下，較宜為 1100°C ~ 1200°C 之溫度範圍進行為宜。

藉由在此種溫度範圍進行熱處理，可充分的將矽單晶晶圓表面層之氮向外方擴散，同時亦可使氧向外方擴散，故可約略完全防止歸因於在表面層之氧析出物的缺陷之發生，可防止對磊晶層之結晶性有惡劣影響。

又，於進行磊晶成長之前不進行上述的熱處理，若直接施加為磊晶成長而用的高溫熱處理時，則氧析出核會熔解，即使藉由其後的熱處理亦不充分的析出，而有未能獲得吸氣效果之顧慮，惟在進行磊晶成長之高溫熱處理之前不進行上述的熱處理，於磊晶層形成時可得足夠的吸氣效果，可得重金屬雜質濃度之極底的外延矽單晶晶圓。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

再者，至於副帶的作用，係藉由晶圓之體部 (bulk) 中的氧析出物再成長，誘導堆疊缺陷 (BSF: Bulk Staeking Faults)，亦有發揮較強力的吸氣效果之情形。

以下，舉本發明之實施例及比較例並具體的說明，惟本發明並非受此等所限定者。

實施例 1

利用 CZ 法，於直徑 24 英吋之石英坩堝內，喂入已添加指定濃度之硼的原料多晶矽至使電阻係數成 $10 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 以下，且同時喂入原料多晶矽及具有氮化矽膜之矽晶圓並熔融，以通常的提拉速度之 $1.0 \text{ mm} / \text{min}$ 之速度提拉直徑 8 英吋、P 型、方位 $\langle 100 \rangle$ 之單晶棒。又在提拉結晶之際控制坩堝旋轉，使單晶中之氧濃度成為 $14 \sim 16 \text{ ppm}$ (JEIDA)。

氮濃度係以偏析係數之計算值計為 $2 \sim 7 \times 10^{14} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 。又，利用氣體熔化 (gas fusion) 法測定單晶棒之氧濃度時，確認出係形成 $14 \sim 16 \text{ ppm}$ 之氧濃度。

由在此而得的單晶棒，採用線鋸切出晶圓，進行去角、研磨、蝕刻、鏡面研磨加工，製作四片直徑 8 英吋之矽單晶鏡面晶圓。在測定此四片矽單晶晶圓之電阻係數時，四片均為約 $14 \sim 17 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ ，為由已添加的硼之摻雜量可予期待的範圍內。

將此等矽單晶晶圓之四片中二片於表面形成磊晶層之前，施加 1050°C 之溫度之熱處理，可使晶圓表面之氮向

(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)

外方擴散。

於是，此等各二片之矽單晶晶圓之內，一片在 1170℃，另一片在 1130℃ 之溫度進行厚度 6 μm 之矽磊晶層之成長。磊晶成長爐係葉片式型，加熱方式為燈加熱方式者。於其中藉由導入 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ ，可使於硼摻雜矽單晶晶圓上使矽進行磊晶成長。

為測定如此而得的外延晶圓之吸氣能力，利用 N_2 氣圍氣在 800℃ 進行 4 小時之熱處理之後利用 O_2 氣圍氣施以 1000℃ 16 小時之熱處理，使氧析出物析出。其後，以矽晶圓之體部中的氧析出濃度評估此等外延矽單晶晶圓之吸氣效果。

此氧析出物濃度之測定係以 OPP (Optical Preeipitate Profiler) 法進行。此 OPP 法，係應用正常透視型微分干擾顯微鏡者，首先將由光源射出的雷射光以偏光稜鏡分離成二根相互正交成 90° 位相不同的直線偏光光速，使由晶圓鏡面側入射。此時一個光束若橫切缺陷時會生成位相移動，生成與另一光束間之位相差。於透過晶圓背面後，利用偏光分析器偵測此位相差，可偵測缺陷。

此測定結果示於第 1 圖。在此已示於第 1 圖右側之繪製圖形，係顯示出氮摻雜量 $2 \sim 7 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓之氧析出物缺陷密度，圓形繪製圖形係在 1170℃ 進行磊晶成長之情形，以三角形繪製圖形顯示在 1130℃ 進行磊晶成長時之氧析出物缺陷密度。

由第 1 圖可知，於已摻雜氮之硼摻雜矽單晶晶圓之表

(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)

面上進行磊晶成長之晶圓，不依磊晶成長前熱處理之有無，不論氧濃度低至 $14 \sim 16 \text{ppma}$ ，在任一溫度進行磊晶成長的情形亦同樣的顯示較高的氧析出物密度，具有較高的吸氣效果，比較磊晶成長前熱處理之有無的情形，可知吸氣效果以具有熱處理之一者更大。於是，由於氧濃度較低，磊晶層之結晶性係非常良好的。再者，在此程度之硼摻雜濃度因不需採行自動摻雜之對策，乃可期待生產性之提高。

比較例 1

除未摻雜氮外，餘與實施例 1 同法，提拉直徑 8 英吋、P 型、方位 $\langle 100 \rangle$ 、氧濃度 $14 \sim 16 \text{ppma}$ 之硼摻雜矽單晶棒。於是由此單晶棒與實施例 1 同法製作直徑 8 英吋之矽單晶鏡面晶圓二片。此二片矽單晶晶圓之電阻係數係與實施例 1 同樣的二片均為約 $14 \sim 17 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ 。

因此除不進行氮之外方擴散的熱處理外，與實施例 1 同樣的，以此等二片之矽單晶晶圓之內，一片在 1170°C ，另一片在 1130°C 之溫度進行厚度 $6 \mu\text{m}$ 之矽磊晶層之成長。

於是，於所得的磊晶晶圓內，再與實施例 1 同時，利用熱處理使氧析出物析出，利用 OPP 法，以矽晶圓之體部中的氧析出物濃度評估此等之磊晶矽單晶晶圓之吸氣效果。

將此測定結果合併示於第 1 圖。在此第 1 圖左側所示

(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)

的繪製圖形係表示未摻雜氮之晶圓的氧析出物缺陷密度，圓形繪製圖形為在 1170℃ 進行磊晶成長的情形，三角形繪製圖形為在 1130℃ 進行磊晶成長的情形之氧析出物缺陷密度。

由第 1 圖，可知未摻雜氮之硼摻雜矽單晶晶圓之表面上進行磊晶成長的晶圓，由氧濃度低至 14~16ppma，在任一溫度下進行磊晶成長的情形亦同樣的氧析出物密度較低，可知吸氣效果低。

實施例 2

利用 CZ 法，於直徑 24 英吋之石英坩堝內，喂入已添加指定濃度之銻的原料多晶矽，且同時喂入原料多晶矽及具有氮化矽膜之矽晶圓並熔融，以通常的提拉速度之 1.0mm/min 之速度提拉直徑 8 英吋、N 型、方位 <100> 之單晶棒。又在提拉結晶之際控制坩堝旋轉使單晶中之氧濃度成為 20ppma (JEIDA) 以下。且在此單晶棒之提拉，各自改變氮摻雜量並提拉二根單晶棒。

此二根單晶棒之底部的氮濃度以偏析係數之計算值估計各為 $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 及 $5.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 。又利用氣體熔法測定單晶棒之氧濃度時，確認出係形成二根均為 10~20ppma 之氧濃度。

由在此而得的二根單晶棒，採用線鋸切出晶圓，進行去角、研磨、蝕刻、鏡面研磨加工，由一根單晶棒各二片製作直徑 8 英吋之矽單晶鏡面晶圓合計四片。在測定此四

(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)

片矽單晶晶圓之電阻係數時，四片均為約 $7 \sim 25 \text{ m } \Omega \cdot \text{cm}$ ，為由已添加的硼之摻雜量可予期待的範圍。

將此等的矽單晶晶圓之表面上形成磊晶層之前，施加 1100°C 之溫度之熱處理，可使晶圓表面之氮向外方擴散。

再者，為測定磊晶成長前的晶圓表面之結晶缺陷密度，充分清洗此等四片之矽單晶晶圓後，採用粒子計數器測定晶圓表面上之結晶缺陷密度。

於是，由此等二根之矽單晶棒切取的四片之矽單晶晶圓之中的由相同單晶棒切取的二片之中，一片在 1200°C ，另一片在 1125°C 之溫度進行厚度 $6 \mu\text{m}$ 之矽磊晶層之成長。磊晶成長爐係葉片式型者，加熱方式為燈加熱方式者。於其中藉由導入 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ ，可使於銻摻雜矽單晶晶圓上使矽進行磊晶成長。

為測定如此而得的磊晶晶圓之吸氣能力，利用 N_2 氣圍氣在 800°C 進行 4 小時之熱處理之後，利用 O_2 氣圍氣施以 1000°C 16 小時之熱處理使氧析出物析出。其後，以矽晶圓之體部中的氧析出濃度評估此等磊晶矽單晶晶圓之吸氣效果。此氧析出物濃度之測定以前述 OPP 法進行。

另一方面，為測定基板晶圓表面之結晶缺陷對磊晶層的影響，各以 $0.13 \mu\text{m}$ 以上尺度之粒子，採用粒子計數器測定磊晶層成長後之此等磊晶矽單晶晶圓表面之結晶缺陷密度。

首先，將磊晶成長前後的結晶缺陷密度之測定結果示

(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)

於第 2 圖。在此於第 2 圖之中央所示的繪製圖形表示氮摻雜量 $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓表面的結晶缺陷密度，於右側顯示的繪製圖形則表示氮摻雜量 $5.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓表面之結晶缺陷密度。於是，圓形繪製圖形係表示磊晶成長前之結晶缺陷密度，三角形繪製圖形係表示磊晶成長後之結晶缺陷密度。且，此等數值係各自表示相同氮摻雜量之二片晶圓之平均值者。

由第 2 圖，氮摻雜量 $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 、氮摻雜量 $5.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之情形之兩者，均可得知進行磊晶成長之前後的晶圓表面之結晶缺陷密度在 0.1 個/cm^2 以下係極少的。

其次，將氧析出熱處理後的氧析出物密度之測定結果示於第 3 圖。在此於第 3 圖之中央所示的繪製圖形表示氮摻雜量 $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓表面的結晶缺陷密度，於右側顯示的繪製圖形測表示氮摻雜量 $5.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓表面之結晶缺陷密度。於是圓形繪製圖形係表示在 1200°C 進行磊晶成長之情形，三角形繪製圖形係表示在 1125°C 進行磊晶成長之情形的氧析出物缺陷密度。

由第 3 圖，於已摻雜氮之銻摻雜矽單晶晶圓之表面上進行磊晶成長之晶圓，不論在任一溫度儘管進行磊晶成長的情形亦同樣的顯示較高的氧析出物密度，可知具有較高的吸氣效果。再者，此實施例之磊晶矽單晶晶圓之製造上所需的吸氣熱處理時間，與以採用硼摻雜矽單晶晶圓基板

(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)

晶圓之情形僅需要相同程度之時間，可期待生產性之提高。

比較例 2

除未摻雜氮外，餘與實施例 2 同法，提拉直徑 8 英吋、N 型、方位 $\langle 100 \rangle$ 、氧濃度 200ppma 以下之銻摻雜矽單晶棒。於是由此單晶棒與實施例 2 同法製作直徑 8 英吋之矽單晶鏡面晶圓二片。此二片矽單晶晶圓之電阻係數係與實施例 1 同樣的二片均為約 $7 \sim 25 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

因此不進行氮之外方擴散的熱處理外，與實施例 2 同樣的，利用粒子計數器測定此等矽單晶晶圓表面之結晶缺陷密度，再者以此等二片之晶圓之內、一片在 1200°C ，另一片在 1125°C 之溫度進行厚度 $6 \mu\text{m}$ 之矽磊晶成長。

因此於所得的磊晶晶圓上以與實施例同法，利用熱處理使氧析出物析出，藉由 OPP 法以矽晶圓之體部之中的氧析出物濃度評估此等的磊晶矽單晶晶圓之吸氣效果之同時，利用粒子計數器測定磊晶成長後之晶圓表面的結晶缺陷密度。

將此比較例之晶圓之磊晶成長前後的結晶缺陷密度之測定結果合併表示於第 2 圖。在此第 2 圖之左側所示的繪製圖形係表示不摻雜氮之晶圓之表面的結晶缺陷密度、三角形繪製圖形係表示磊晶成長後之結晶缺陷密度，且此等數值係表示各二片晶圓之平均值。

由第 2 圖可知，不摻雜氮之銻摻雜矽單晶晶圓係在磊

(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)

晶成長之前後，晶圓表面之結晶缺陷密度係超過 0.5 個 / cm^2 ，與摻雜著氮之晶圓相比，有更高的結晶缺陷密度。

又將比較例之晶圓之氧析出熱處理後的氧析出物密度之測定結果合併表示於第 3 圖。在此於第 3 圖之左側所示的繪製圖形係表示著未摻雜氮之晶圓的氧析出物密度。於是圓形繪製圖形為在 1200°C 進行磊晶成長的情形，三角形繪製圖形為在 1125°C 進行磊晶成長的情形之氧析出物缺陷密度。

由第 3 圖可知，於未摻雜氮之銻摻雜矽單晶晶圓之表面上進行磊晶成長之晶圓，係與以硼摻雜矽單晶晶圓為基板之情形相同程度之熱處理時間，氧濃度由於在 20ppma 下為中等程度之故，在任一溫度進行磊晶成長之情形氧析出物密度亦低，可知吸氣效果較低。

實施例 3

利用 CZ 法，於直徑 18 英吋之石英坩堝內，喂入已添加指定濃度之磷的原料多晶矽，且同時喂入原料多晶矽及具有氮化矽膜之矽晶圓並熔融，以通常的提拉速度之 $1.0\text{mm}/\text{min}$ 之速度提拉直徑 6 英吋、N 型、方位 $\langle 100 \rangle$ 之單晶棒。又在提拉結晶之際，控制坩堝旋轉，使單晶中之氧濃度成為 18ppma (JEIDA) 。

利用 FT - IR 測定此單晶棒之尾部的氮濃度時為 $5.0 \times 10^{14} \text{atoms}/\text{cm}^3$ 。又，利用 FT - IR 測定單晶棒之氧濃度時，確認成為 18ppma 之氧濃度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (29)

採用線鋸由在此而得的單晶棒切取晶圓，施加去角、研磨、蝕刻、鏡面研磨加工，製作直徑 6 英吋之矽單晶鏡面晶圓四片。測定此四片之矽單晶晶圓之電阻係數時，四片均為約 $5 \sim 10 \text{ m} \Omega \cdot \text{cm}$ ，由已添加的磷之摻雜量為在可予期待的範圍內。

對此等矽單晶晶圓之四片中二片，於表面上形成磊晶層之前，在 1100°C 施加 30 分鐘之熱處理使晶圓表面之氮向外方擴散。

因此，此等各二片之矽單晶晶圓之內，一片在 1170°C ，另一片在 1130°C 之溫度進行厚度 $20 \mu\text{m}$ 之矽磊晶層之成長。磊晶成長爐係於擠筒型之鐘形甕 (bell jar) 內配置有載置基板晶圓之承接器者，加熱方式係輻射加熱方式者。藉由於其中導入 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ ，於磷摻雜矽單晶晶圓上使矽進行磊晶成長。

為測定如此而得的磊晶晶圓之吸氣能力，利用 N_2 氣圍氣在 800°C 進行 4 小時之熱處理後利用 O_2 氣圍氣，施以 16 小時 1000°C 之熱處理，使氧析出物析出。

此後，以矽晶圓之體部中的氧析出物濃度評估矽晶圓之體部中的氧析出物濃度。此氧析出物濃度之測定係利用前述的 OPP 法進行。

將此測定結果示於第 4 圖。在此於第 4 圖之右側所示的繪製圖形，係表示氮摻雜量 $5.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 之晶圓之氧析出物缺陷密度，圓形繪製圖形在於 1170°C 進行磊晶成長之情形，三角形繪製圖形係表示在 1130°C 進行

(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)

磊晶成長之情形的氧析出物缺陷密度。

由第 4 圖，於已摻雜氮之磷摻雜矽單晶晶圓之表面上進行磊晶成長的晶圓，儘管氧濃度為 18ppma 成中等程度，在任一溫度進行磊晶成長之情形亦同樣的表示 1×10^9 個 / cm^3 以上的較高氧析出物密度，可知具有較高的吸氣效果。比較磊晶成長前熱處理之有無的情形，可知吸氣效果，以有熱處理之一者為更大。因此，因氧濃度較低，磊晶層之結晶性非常良好。再者，此實施例之磊晶成長前的析出熱處理時間，係完全無熱處理，或與習用的 IG 熱處理比較，在非常短的時間可完成，可期待生產性之提高。

比較例 3

除未摻雜氮外，餘與實施例 3 同法，將直徑 6 英吋、N 型、方位 $\langle 100 \rangle$ 、氧濃度 18ppma 之磷摻雜矽單晶棒，因此，由此單晶棒與實施例同法製作直徑 6 英吋之矽單晶鏡面晶圓四片。此四片之矽單晶晶圓之電阻係數，係與實施例 3 同樣二片均為約 $5 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

對此等四片之晶圓之中二片，再施加可使氧析出物促進的 IG 熱處理。亦即於最初在 1100°C 施加 30 分鐘之初段熱處理，其次進行 650°C 之析出核形成熱處理 4 小時，再者加上 1000°C 之氧析出物形成熱處理 16 小時。此等每二片之矽單晶晶圓之內，一片在 1170°C ，另一片在 1130°C 之溫度進行厚度 $20 \mu\text{m}$ 之矽磊晶層之成長。因此，對所得的磊晶晶圓再與實施例同法利用熱處理使氧析出物析

(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)

出，利用 OPP 法，以矽晶圓之體部中的氧析出物濃度評估此等的磊晶矽單晶晶圓之吸氣效果。

將此測定結果合併表示於第 4 圖。在此第 4 圖之左側所示的繪製圖形，係表示未摻雜氮之晶圓的氧析出物缺陷密度，圓形繪製圖形為在 1170℃ 進行磊晶成長之情形，三角形繪製圖形係表示在 1130℃ 進行磊晶成長之情形的氧析出物缺陷密度。

由第 4 圖，於未摻摻雜氮之磷摻雜矽單晶晶圓之表面上進行磊晶成長的晶圓，在磊晶成長之前未進行 IG 熱處理的情形，由於氧濃度為 18ppma 的中等程度，故在任一溫度進行磊晶成長之情形，氧析出物密度亦同樣的低，可知吸氣效果較低。又，即使於經上述長時間之 IG 熱處理之情形，摻雜氮僅可得與磊晶成長前未進行熱處理的情形相同程度之析出物密度。

且，本發明並非受上述實施形態所限定者。上述實施形態係例示，具有與本發明之申請專利範圍所記載的技術思想相同的構成，達成相同的作用效果，即使為任一者亦被包含於本發明之技術範圍內。

例如，於本發明，在利用 CZ 法生長已摻雜氮之矽單晶棒之際，係不問對熔液是否施加以磁場者。本發明之 CZ 法係亦包含施加所謂磁場之 M CZ 法。

又，於進行磊晶成長之際，不限於 CVD 法之磊晶成長，利用 MBE 法進行磊晶成長，製造磊晶矽單晶基板時亦可適用於本發明。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (32)

再者，在上述實施形態，不論為高硼摻雜濃度且低氧濃度之高硼摻雜矽單晶晶圓，又中、低氧濃度之銻摻雜矽單晶晶圓或磷摻雜矽單晶晶圓，尤其對具有較高的吸氣效果之晶圓利用摻雜氮而得的情形為中心予以說明，惟本發明並非受此所限定者，電阻係數為 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下的高硼摻雜矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓中之氧濃度在 16 ppm 以下的較低者，且析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度為多至 1×10^9 個 / cm^3 以上者，或銻摻雜矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓表面之結晶缺陷的密度係少至 0.1 個 / cm^2 以下者，析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度多至 1×10^9 個 / cm^3 以上者，或磷摻雜矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓中的氧濃度為 18 ppm 以下之中、低濃度者，且析出熱處理後的氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度若多至 1×10^9 個 / cm^3 以上者時，則被包含於本發明之範圍內。

又，在本發明所謂的氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度為 1×10^9 個 / cm^3 以上，不論於對矽晶圓施加析出熱處理之後，抑或在施加供磊晶成長而用的熱處理之後施加析出熱處理之情形，同樣的若為可得上述的氧析出物或氧化誘導缺陷密度者，則可被包含於本發明之範圍內。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要（發明之名稱： 矽單晶晶圓及磊晶矽晶圓、以及此）
等之製造方法

可以高生產性製造供給高硼摻雜矽晶圓、銻摻雜矽晶圓，及磷摻雜矽晶圓，不論氧濃度係予受抑制，亦可容易析出氧之吸氣能力高的磊晶成長用矽晶圓，及採用各該晶圓於基板晶圓所成長的磊晶層中之重金屬雜質濃度極低的外延矽晶圓。本發明係電阻係數 $10\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼摻雜矽單晶晶圓，或銻摻雜矽單晶晶圓，或磷摻雜矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓係利用切克勞斯基（CZ）法將摻雜氮所生長的矽單晶棒切薄而得之矽單晶晶圓。又本發明係於此等晶圓之表面上形成有磊晶層之外延矽晶。又本發明為製造該等的方法。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

英文發明摘要（發明之名稱：)

A silicon wafer for epitaxial growth consisting of a highly boron-doped silicon single crystal wafer, an antimony-doped silicon single crystal wafer or a phosphorus-doped silicon single crystal wafer, which allows easy oxygen precipitation and exhibits high gettering ability in spite of its suppressed oxygen concentration, and an epitaxial silicon wafer in which an epitaxial layer grown by using the aforementioned wafer as a substrate wafer has an extremely low heavy metal impurity concentration are produced with high productivity and supplied. The present invention relates to a boron-doped silicon single crystal wafer having a resistivity of from $10\text{ m}\Omega\text{-cm}$ to $100\text{ m}\Omega\text{-cm}$, an antimony-doped silicon single crystal wafer, or a phosphorus-doped silicon single crystal wafer, which are produced by slicing a silicon single crystal ingot grown by the Czochralski method with nitrogen doping. The present invention also relates to an epitaxial wafer, wherein an epitaxial layer is formed on a surface of the aforementioned wafers. The present invention further relates to method for producing them.

訂

錄



六、申請專利範圍

1.一種磊晶矽單晶晶圓，其係磊晶矽單晶晶圓，其特徵係在摻雜電阻係數 $10\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之硼之矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層者，該摻雜硼之矽單晶晶圓係將利用 CZ 法摻雜氮成長之矽單晶棒，經薄切所得者，該摻雜硼之矽單晶晶圓之氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^3$ ，氧濃度為 16ppma 以下。

2.如申請專利範圍第 1 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜硼之矽單晶晶圓係施加 $900^\circ\text{C} \sim$ 矽之熔點以下之溫度的熱處理者。

3.如申請專利範圍第 1 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜硼之矽單晶晶圓之析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度為 1×10^9 個/ cm^3 以上。

4.如申請專利範圍第 1 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜硼之矽單晶晶圓係由利用 CZ 法以 1.0mm/min 以上之提拉速度成長之矽單晶棒所得者。

5.一種磊晶矽單晶晶圓，其係磊晶矽單晶晶圓，其特徵係在摻雜銻之矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層者，該摻雜銻之矽單晶晶圓係將利用 CZ 法摻雜氮成長之矽單晶棒，經薄切所得者，該摻雜銻之矽單晶晶圓之氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^3$ ，氧濃度為 20ppma 以下。

6.如申請專利範圍第 5 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜銻之矽單晶晶圓係被施加 $900^\circ\text{C} \sim$ 矽之熔點以下之溫度的熱處理者。

7.如申請專利範圍第 5 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該

(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

摻雜銻之矽單晶晶圓之晶圓表面之結晶缺陷的密度為 0.1 個/ cm^2 以下。

8.如申請專利範圍第 5 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜銻之矽單晶晶圓係由利用 CZ 法以 $1.0\text{mm}/\text{min}$ 以上之提拉速度成長之矽單晶棒所得者。

9.一種磊晶矽單晶晶圓，其係磊晶矽單晶晶圓，其特徵係在摻雜磷之矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層者，該摻雜磷之矽單晶晶圓係將利用 CZ 法摻雜氮成長之矽單晶棒，經薄切所得者，該摻雜磷之矽單晶晶圓之氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms}/\text{cm}^3$ ，氧濃度為 18ppma 以下。

10.如申請專利範圍第 9 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜磷之矽單晶晶圓係被施加 $900^\circ\text{C} \sim$ 矽之熔點以下之溫度的熱處理者。

11.如申請專利範圍第 9 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜磷之矽單晶晶圓之析出熱處理後之氧析出物或氧化誘導層合缺陷密度為 1×10^9 個/ cm^3 以上。

12.如申請專利範圍第 9 項之磊晶矽單晶晶圓，其中該摻雜磷之矽單晶晶圓係由利用 CZ 法以 $1.0\text{mm}/\text{min}$ 以上之提拉速度成長之矽單晶棒所得者。

13.一種磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其特徵係利用 CZ 法同時摻雜硼及氮，使長成電阻係數 $10\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下，氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms}/\text{cm}^3$ ，氧濃度為 16ppma 以下之矽單晶棒，該矽單晶棒經薄切並加工成電阻係數 $10\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下之矽單

(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

晶晶圓，該矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層。

14.如申請專利範圍第 13 項之磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其中對於該矽單晶晶圓施加 900°C ~ 矽之熔點以下之溫度的熱處理後，形成磊晶層。

15.如申請專利範圍第 13 項之磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其中藉由 CZ 法以 1.0mm/min 以上之提拉速度，使該矽單晶晶圓成長。

16.一種磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其係磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其特徵係利用 CZ 法同時摻雜銻及氮，長成氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^3$ ，氧濃度為 20ppma 以下之矽單晶棒，該矽單晶棒經薄切並加工成矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層。

17.如申請專利範圍第 16 項之磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其中對於該矽單晶晶圓施加 900°C ~ 矽之熔點以下之溫度的熱處理後，形成磊晶層。

18.如申請專利範圍第 16 項之磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其中藉由 CZ 法以 1.0mm/min 以上之提拉速度，使該矽單晶晶圓成長。

19.一種磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其係磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其特徵係利用 CZ 法同時摻雜磷及氮，長成氮濃度為 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^3$ ，氧濃度為 18ppma 以下之矽單晶棒，該矽單晶棒經薄切並加工成矽單晶晶圓，該矽單晶晶圓之表層部形成磊晶層。

20.如申請專利範圍第 19 項之磊晶矽單晶晶圓之製造

六、申請專利範圍

方法，其中對於該矽單晶晶圓施加 900°C ~ 矽之熔點以下之溫度的熱處理後，形成磊晶層。

21.如申請專利範圍第 19 項之磊晶矽單晶晶圓之製造方法，其中藉由 CZ 法以 $1.0\text{mm}/\text{min}$ 以上之提拉速度，使該矽單晶晶圓成長。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

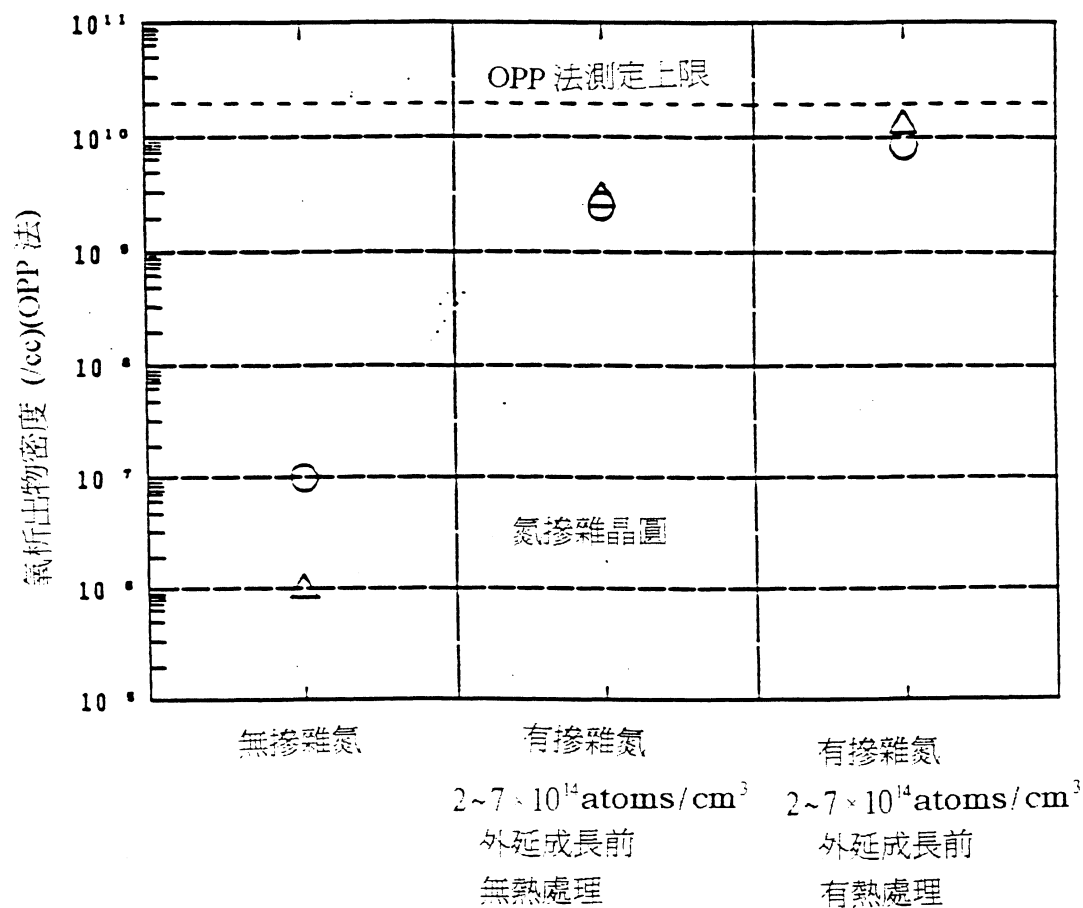
線

公告本

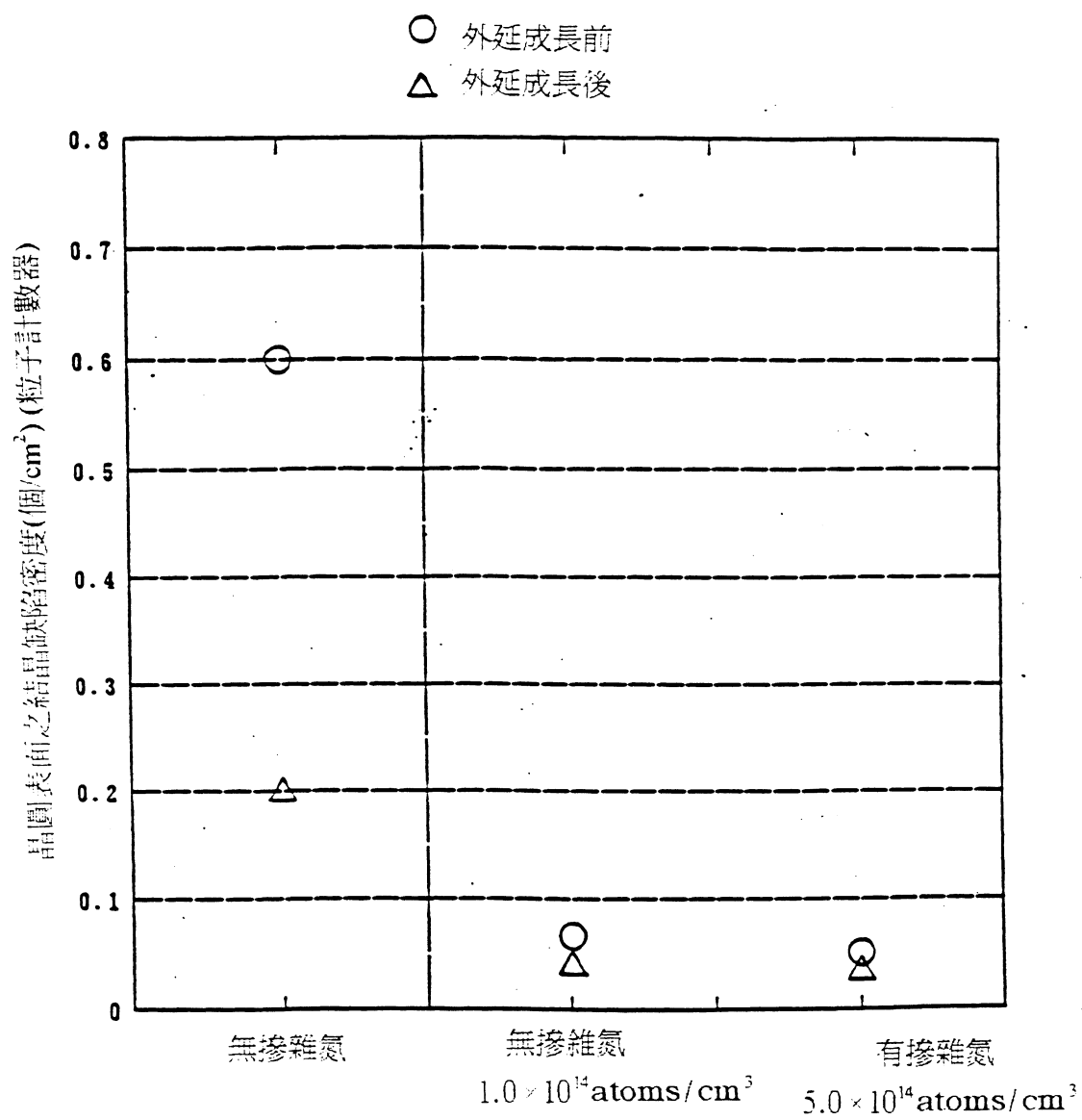
第 1 圖

○ 外延成長溫度=1170 °C

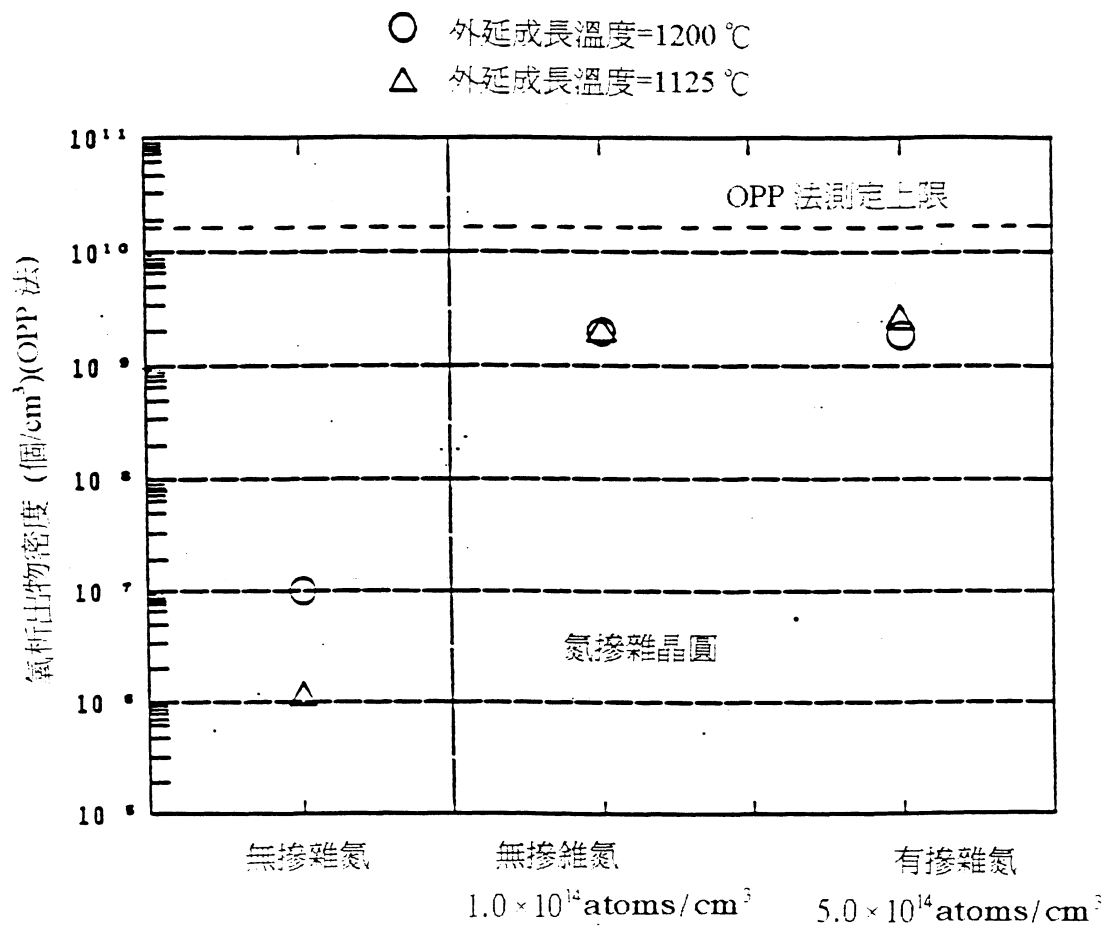
△ 外延成長溫度=1130 °C



第 2 圖



第 3 圖



I227286

第 88114980 號專利申請案

中文說明書修正本

(含申請專利範圍)

民國 92 年 12 月 19 日 呈

92年12月19日修正
補充

A4

C4

公告本

申請日期	88 年 8 月 31 日
案 號	88114980
類 別	C30B15/06

(以上各欄由本局填註)

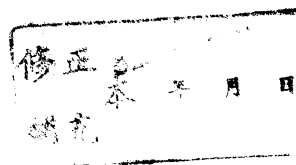
發 明 專 利 說 明 書
新 型

一、發明 新型名稱	中 文	矽單晶晶圓及磊晶晶圓、以及此等之製造方法	
	英 文	SILICON SINGLE CRYSTAL WAFER, EPITAXIAL SILICON WAFER, AND METHODS FOR PRODUCING THEM	
二、發明 創作人	姓 名	(1) 玉塚正郎 (2) 相原健 (3) 三木克彦	
	國 籍	(1) 日本國群馬縣安中市磯部二一一三一一 会社磯部研究所	信越半導體株式
	住、居所	(2) 日本國群馬縣安中市磯部二一一三一一 会社磯部研究所	信越半導體株式
三、申請人		(3) 日本國群馬縣安中市磯部二一一三一一 有限公司技術服務部	信越半導體股份
	姓 名 (名稱)	(1) 信越半導體股份有限公司 信越半導體株式會社	
	國 籍	(1) 日本	
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國東京都千代田區丸の内一丁目四番二號	
	代 表 人		
	姓 名	(1) 小柳俊一	

裝

訂

線



第 4 圖

