



(21) 申請案號：112136712

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 09 月 26 日

(51) Int. Cl. : *H01L21/208 (2006.01)*

*C30B15/00 (2006.01)*

(30) 優先權：2022/11/10 日本

2022-180555

(71) 申請人：日商信越半導體股份有限公司 (日本) SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD. (JP)  
日本

(72) 發明人：菅原孝世 SUGAWARA, KOSEI (JP)；丹波佑太 TAMBA, YUTA (JP)；小內駿英  
ONAI, TAKAHIDE (JP)

(74) 代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：1 共 33 頁

(54) 名稱

磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓

(57) 摘要

本發明是一種磊晶成長用矽晶圓，其特徵在於：

是從藉由切克勞斯基法來培育的在不含 Void(空孔)和差排團簇的全面 N(Neutral)區域內並且經調整  
氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；

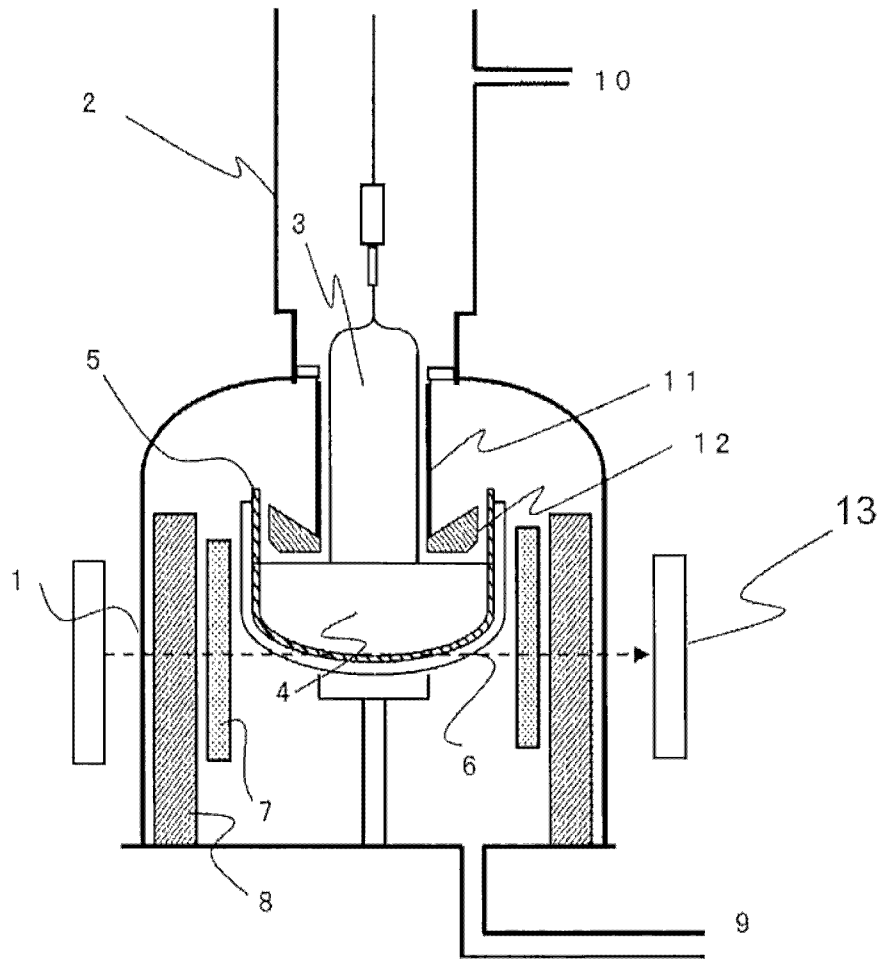
前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為 18nm 以上的氧析出核的密度為未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 。

藉此，可提供一種抑制缺陷並具有非常良好的表層品質的磊晶成長用矽晶圓。

無

指定代表圖：

圖1



符號簡單說明：

- 1:主腔室
- 2:提拉腔室
- 3:單晶棒
- 4:原料熔液
- 5:石英坩堝
- 6:石墨坩堝
- 7:加熱器
- 8:絕熱材料
- 9:氣體流出口
- 10:氣體導入口
- 11:氣體整流筒
- 12:熱遮蔽體
- 13:磁場施加裝置

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓

【英文發明名稱】無

【中文】

本發明是一種磊晶成長用矽晶圓，其特徵在於：

是從藉由切克勞斯基法來培育的在不含 Void(空孔)和差排團簇的全面 N(Neutral)區域內並且經調整氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；

前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為 18nm 以上的氧析出核的密度為未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 。

藉此，可提供一種抑制缺陷並具有非常良好的表層品質的磊晶成長用矽晶圓。

【英文】無

【指定代表圖】圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

- 1：主腔室
- 2：提拉腔室
- 3：單晶棒
- 4：原料熔液
- 5：石英坩堝

6：石墨坩堝

7：加熱器

8：絕熱材料

9：氣體流出口

10：氣體導入口

11：氣體整流筒

12：熱遮蔽體

13：磁場施加裝置

【特徵化學式】無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓

【英文發明名稱】 無

【技術領域】

【0001】 本發明關於磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓。

【先前技術】

【0002】 近年來，針對持續進展的微細化、積層化的半導體元件 (Logic、NAND、DRAM)，有二個大的課題。

其中一個課題是高品質的晶圓，由於晶圓表面附近的極小的缺陷也會成為元件不良的重要原因，因此在成為元件動作區域的表面附近，缺陷必須少或是沒有；

另外一個課題是由於製程中的金屬污染會成為元件的良率降低的重要原因，所以必須充分地形成作為雜質金屬的吸雜位點 (Gettering site) 之 BMD (塊體微缺陷 (Bulk Micro Defect))。

【0003】 作為滿足前者的晶圓表面附近缺陷的要求之晶圓，有以 N (中性 (Neutral)) 區域製造出來的低 / 無缺陷結晶 PW、在基板上形成無缺陷層之磊晶晶圓、退火晶圓，該 N (Neutral) 區域不含下述任一者：具有空孔起因的 COP (結晶起源缺陷) 之 V-rich (空位聚集) 區域和在熱

氧化時發生氧化誘發積層缺陷之R - O S F (環 - 氧化誘發堆疊錯誤)區域、晶格間矽起因的差排環和差排團簇。

其中，針對退火晶圓，為了形成無缺陷層所需要的後處理時間長，會有不適合大量供給且成本容易變高這樣的問題。

磊晶晶圓，相較於低 / 無缺陷結晶P W，要花費追加的成本，但是由於表層的缺陷等級良好，大多使用於尤其是尖端邏輯(L o g i c)元件，該元件持續微細化、製程複雜化和長時間化且製程成本高。

一般而言，針對磊晶晶圓，由於能以比較短時間的後處理來形成無缺陷層，因此採用以比低 / 無缺陷結晶P W更高速地進行結晶成長的高生產性的V - r i c h結晶，藉此能抵銷E P (磊晶)反應處理的追加成本。

**【0004】** 進一步，為了增加作為雜質金屬的吸雜位點之B M D (塊體微缺陷)，已知氮摻雜是有效的。

然而，針對氮摻雜的V - r i c h結晶，在晶圓外周部，R - O S F區域起因的B M D密度降低、E P (磊晶)缺陷化、及起因於高氮濃度摻雜時的板狀或棒狀的C O P (結晶起源缺陷)的E P缺陷化，會有成為問題的情況。

為了避免這樣的情況，有將結晶成長成比製品直徑更粗並利用圓筒磨削來除去相當於R - O S F區域的部分之方法，但是由於磨削損耗和加工時間的增加，磨削加工成本增加。

【0005】 此處，彙整使用了V(空孔)區域的基板之磊晶晶圓的製造的情況的課題。當存在於基板的Void(空孔)露出於表面的狀態下，若無法以EP反應的前處理來除去Void內壁氧化膜而使其無害化，則會成為發生EP缺陷(積層缺陷和差排(SF))的重要原因。尤其是若實行氮摻雜，則Void形狀會從正八面體變成板狀/棒狀的細長型狀，以EP反應的前處理來除去而使其無害化會變困難，因此Void起因的EP缺陷發生會增加。進一步，針對經氮摻雜的(100)和(551)基板，由於形成有往與晶圓表面正交的方向深入地延伸的Void，因此以EP反應的前處理來除去而使其無害化，會變成比使用(100)基板時更困難，從而更增加Void起因的EP缺陷的發生。

【0006】 作為另外的方法，有一種採用不含R-OSF之N(Neutral)區域的結晶之方法，但是如後所述，即便是不含R-OSF之N(Neutral)區域的結晶，存在於N(Neutral)區域中的氧析出核會成為發生EP缺陷的重要原因，從而實現極為良好的EP表層缺陷等級是困難的。

【0007】 接著，為了抑制製程中的金屬污染成為元件的良率降低的重要原因的情況，說明有關作為雜質金屬的吸雜位點之BMD(塊體微缺陷)的重要性。

【0008】 在MOSFET(金氧半場效電晶體)的動作(源極/汲極電流)中，閘極絕緣膜的靜電容(=絕緣膜介電常數×閘極面積/絕緣膜厚度)需要確保必要量，但是隨著微細化

的進展，以閘極絕緣膜的薄膜化來相應地補償閘極長度變短而閘極面積減少的量。

因此，針對近年來的元件，閘極絕緣膜成為極薄的EOT(等效氧化物厚度)0.5nm左右，閘極絕緣膜的均勻性成為對於元件動作的可靠性佔據了重要的因素。

【0009】 於是，將元件製程的各種熱處理進行低溫/短時間化，藉此來謀求閘極絕緣膜的膜厚/膜質的均勻化。

然而，作為元件製程的低溫/短時間化的弊病，以往，在元件製程中，作為雜質金屬的吸雜位點之BMD(塊體微缺陷)會充分地形成在基板中，相對於此，由於低溫/短時間化，在元件製程中的BMD形成會變少，從而對於雜質金屬的吸雜能力減少，會有元件良率降低這樣的情況。

【0010】 由於有這樣的問題，對於尖端的低溫/短時間化的元件製程，必須作成一種晶圓，相較於先前，更容易形成BMD，即便是在低溫/短時間的元件製程中，也具有高吸雜能力。

【0011】 相對於此，針對將事先說明的不含R-OSF之N(Neutral)區域的結晶用於基板之磊晶晶圓，與將V-rich區域作成基板之磊晶晶圓進行比較，會有難以形成BMD的課題。

【0012】 接著，關於這些課題，以先前技術為例，具體地說明。

在專利文獻1中，揭示出一種技術，在將發生Void型缺陷之V區域用於基板的情況，將顯現在晶圓表面的Void型缺陷的開口部尺寸成為20nm以下的缺陷個數設為最多為0.02個/cm<sup>2</sup>以下，藉此將EP缺陷的發生抑制在最多為0.02個/cm<sup>2</sup>以下；但是，若換算成在300mm晶圓內，則也存在有14個缺陷，在使用了具有Void之V區域基板的情況，即便調整了Void尺寸和密度，缺陷等級改善一個等級是困難的。

**【0013】** 在專利文獻2中，揭示出一種磊晶晶圓，其使用了摻雜氮與碳而沒有Void、差排團簇等的二次缺陷之N(Neutral)區域基板；在專利文獻3中，揭示出一種利用摻雜氮和碳來抑制EP缺陷的發生之技術；但是，若缺陷密度為0.05個/cm<sup>2</sup>以下，則換算成在300mm晶圓內，會成為存在最多達到35個缺陷，對於隨著製程複雜化、長期化而所容許的缺陷極少，從而製程成本高的尖端邏輯元件而言，並未成為充分佳的缺陷等級。在這些先前技術中，對於V區域基板，採用N(Neutral)區域基板並沒有明確的優越性。

**【0014】** 在專利文獻4中，揭示出將結晶全面調整為N(Neutral)區域的缺陷分布後的單晶矽用於基板，藉此能夠使EP缺陷的發生在300mm晶圓內成為最多2個/片(0.0028個/cm<sup>2</sup>)，從而顯示出將結晶全面調整為N(Neutral)區域的缺陷分布後的單晶矽用於基板的有效性，但是N(Neutral)區域內的EP缺陷發生源不明

確，僅採用N(Neutral)區域的矽基板，難以獲得穩定的EP表層品質，也難以更提升EP表層品質。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0015】 專利文獻1：日本特開2004-43256號公報

專利文獻2：WO2001/079593號公報

專利文獻3：日本特開2007-186376號公報

專利文獻4：日本特開2019-206451號公報

【發明內容】

【0016】 [發明所欲解決的問題]

本發明的目的在於提供一種抑制缺陷並具有非常良好的表層品質的磊晶成長用矽晶圓。

【0017】 [解決問題的技術手段]

本發明是為了解決上述問題而開發出來，提供一種磊晶成長用矽晶圓，是從藉由切克勞斯基法來培育的在不含Void(空孔)和差排團簇的全面N(Neutral)區域內並且經調整氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；

前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為18nm以上的氧析出核的密度為未滿 $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 。

【0018】 若是此種磊晶成長用矽晶圓，藉由降低尺寸大的氧析出核的密度，能夠抑制磊晶層的缺陷。

**【0019】** 又，前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為12nm以上的氧析出核的平均尺寸為18.5nm以下，並且，尺寸為12nm以上的氧析出核的密度為 $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以下。

若是此種氧析出核，則能夠更進一步地抑制磊晶層的缺陷。

**【0020】** 又，摻雜在前述單晶矽中的氮濃度為從 $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 至 $30 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 。

若是此種矽晶圓，則成為具有適合的吸雜能力的矽晶圓。

**【0021】** 又，即便前述矽晶圓的面方位為(100)、(110)、(551)的任一種，也能夠加以應用。

不僅是從以往在尖端邏輯(Logic)元件中便一直採用的面方位(100)的矽晶圓，即便是近年持續研究的面方位(110)、(551)的矽晶圓也能同樣地抑制缺陷發生。能夠有助於今後的尖端邏輯元件的開發和性能提升。

**【0022】** 又，一種磊晶晶圓，在前述磊晶成長用矽晶圓的表面上形成有磊晶層；較佳是位於前述磊晶層中的EP-SF(積層缺陷和差排)為0.001個/ $\text{cm}^2$ 以下。

若是此種磊晶晶圓，則成為一種EP-SF(積層缺陷和差排)極少而非常適合用於尖端元件之磊晶晶圓。

**【0023】** 又，前述磊晶晶圓的在進行 $780^\circ\text{C} 3\text{hr} + 1000^\circ\text{C} 16\text{hr}$ 的氧化熱處理後的矽晶圓中的BMD密度為 $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以上，對於目標的BMD密度，

滿足目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}, 79] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$ 。

若是此種磊晶晶圓，能夠獲得 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上的目標的 BMD 密度，雖然為 N 區域卻能達成與 V 區域同等的 BMD 等級，從而能夠獲得作為雜質金屬的吸雜位點之充分的吸雜能力。

#### 【0024】 [發明的效果]

如以上所述，若是本發明的磊晶成長用矽晶圓，藉由降低尺寸大的氧析出核的密度，能夠抑制磊晶層的缺陷。其結果，能夠獲得具有非常良好的表層品質的磊晶成長用矽晶圓，也能夠有貢獻於抑制隨著微細化和積層化的進展而導致的半導體元件的不良。

又，若將氧化熱處理後的矽晶圓中的 BMD 密度作成在適當的範圍內，則雖然為 N 區域卻能達成與 V 區域同等的 BMD 等級，從而能夠獲得作為雜質金屬的吸雜位點之充分的吸雜能力。其結果，能夠抑制由於製程中的金屬污染而導致的元件的良率降低的情況。

進一步，不論晶圓的面方位為何，都能夠獲得這些良好的品質，從而能夠有助於今後的尖端邏輯元件的開發和性能提升。

**【圖式簡單說明】**

**【0025】** 圖 1 是表示能夠用於本發明的藉由切克勞斯基法而實行的單晶矽的製造裝置的一實施方式的圖。

**【實施方式】**

**【0026】** 如上所述，尋求開發一種抑制缺陷並具有非常好的表層品質的磊晶成長用矽晶圓。

**【0027】** 對此，首先，本發明人深入地調查和研究如在專利文獻 4 這般的即便在 N (Neutral) 區域內，也成為 EP 缺陷發生的重要原因之缺陷發生源。

其結果，明確地得知，在 N (Neutral) 區域內，成為 EP 缺陷發生的重要原因之缺陷發生源，其存在於 N (Neutral) 區域內的規定尺寸以上的氧析出核會以相當機率發生 EP - SF (積層缺陷和差排) 化。

**【0028】** 更具體而言，發現了在 as - grown (原生) 的 N (Neutral) 區域 (無 Void (COP)) 基板中的氧析出核與 EP - SF (積層缺陷和差排) 之間，有 EP 缺陷數 =  $A \cdot \exp(\text{平均析出核尺寸} / B)$  的關係；並且，作成 18 nm 以上的氧析出核在 as - grown 狀態下為未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，更佳為作成 12 nm 以上的氧析出核的平均尺寸為 18.5 nm 以下且密度為  $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以下，藉此將 EP 缺陷數作成 0.001 個 /  $\text{cm}^2$  以下 (換算成在 300 mm 晶圓內，成為 0.7 個 / 片 (個 / wf) 以下)，則能夠使 EP - SF (積層缺陷和差排) 的發生在 300 mm 晶圓內變成平均未滿 1 個的非常良好的等級。

【0029】 又，針對此相關式，A相當於頻率因子，是與氧析出核的密度成比例的參數；B是影響磊晶層形成製程中的氧析出核的容許度的製程參數。

【0030】 另外，有關如此的as-grown狀態的氧析出核的密度和尺寸的控制，僅在將N(Neutral)區域用於基板的情況能夠實施，而在採用V區域基板的情況，氧析出核的密度和尺寸會強烈地依存於氮濃度而無法進行控制。

【0031】 又，針對將N(Neutral)區域的結晶用於基板之磊晶晶圓，與將V-rich區域作成基板之磊晶晶圓進行比較，會有難以形成BMD的課題，但是，針對摻雜了氮 $2 \times 10^{13} - 3 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 的情況，發現了在控制了上述的N(Neutral)區域的析出核的密度和尺寸的結晶中，相較於採用了V區域基板的情況，將基板氧濃度，以成為+5.35 [ppma-ASTM'79]高氧的方式，滿足目標的BMD密度 $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma-ASTM'79}] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$ ，藉此能夠達成與採用了V區域基板的情況同等的BMD等級。

此處，將V-rich區域作成基板的情況，成為目標的BMD密度 $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma-ASTM'79}] - 21.99) \}^{0.3961}$ 。

【0032】 進一步，在本發明中所獲得的採用了在N(Neutral)區域並控制了as-grown狀態的氧析出核的密度和尺寸的基板之磊晶晶圓，不僅是從以往在尖端邏輯(Logic)元件中便一直採用的面方位(100)的矽晶圓，並

未限定晶圓的面方位，針對經摻雜氮的面方位(110)和(551)的基板(矽晶圓)，也同樣地成為能兼具非常良好的表面品質和BMD品質。

【0033】 本發明是如此地藉由發明人的深入研究而開發出來，針對將以氮摻雜的N(Neutral)區域製造出來的低/無缺陷結晶用於基板之磊晶晶圓，利用控制as-grown(原生)狀態的氧析出核的密度和尺寸，不論晶圓的面方位為何，能製造一種磊晶晶圓，能作成極為良好的EP表層缺陷等級，同時一併擁有高吸雜能力。

【0034】 採用本發明，藉此能製造一種磊晶晶圓，其抑制了導致元件不良的EP缺陷，具有極為良好的EP表層缺陷等級，因此，對於隨著製程複雜化、長期化而所容許的缺陷極少，從而製程成本高的尖端邏輯元件而言，能以高良率來進行製造。

【0035】 以下，有關本發明的一實施方式，參照圖1來進行說明。

【0036】 本發明中，有關單晶矽的製造，例如採用圖1所示的單晶矽的製造裝置，其能藉由切克勞斯基法(CZ法)，以結晶全面成為N區域的條件來培育單晶矽(以下，有時僅稱為單晶或結晶)。有關如此的單晶矽的製造裝置，參照圖1來進行說明，但是能用於本發明中的單晶製造裝置，並未限定於此製造裝置。

【0037】 圖1所示的單晶矽的製造裝置的外觀，是由主腔室1、及與其連通之提拉腔室2所構成。在主腔室1的內

部，設置有石墨坩堝 6 和石英坩堝 5。以包圍石墨坩堝 6 和石英坩堝 5 的方式設置有加熱器 7，藉由加熱器 7，被收容在石英坩堝 5 內的多晶矽原料熔融而成為原料熔液 4。又，設置有絕熱材料 8，防止來自加熱器 7 的輻射熱對主腔室 1 等的影響。

**【0038】** 在原料熔液 4 的熔液面上，熱遮蔽體 12 以規定間隔對向配置在熔液面上，遮斷來自原料熔液 4 的熔液面的輻射熱。將種晶浸漬在此坩堝中之後，棒狀的單晶棒 3 從原料熔液 4 被提拉上來。坩堝能在結晶成長軸方向上升降，以補償單晶進行成長而減少的原料熔液 4 的液面下降量的方式，藉由在成長中使坩堝上升，原料熔液 4 的熔液面的高度大致保持一定。

**【0039】** 進一步，在單晶培育時，從氣體導入口 10 導入作為淨化氣體的氬氣等的惰性氣體，通過提拉中的單晶棒 3 與氣體整流筒 11 之間，然後通過熱遮蔽體 12 與原料熔液 4 的熔液面之間，並從氣體流出口 9 排出。藉由控制導入的氣體的流量與由泵和閥而實行的氣體的排出量，來控制提拉中的腔室內的壓力。

**【0040】** 又，當藉由切克勞斯基法來培育結晶時，也可以藉由磁場施加裝置 13 來施加磁場。如此的施加磁場的方法稱為 MCZ 法。

**【0041】** 本發明中，當藉由切克勞斯基法的單晶提拉裝置來成長結晶時，控制提拉速度  $V [mm/min]$  與固液界面的軸向的溫度梯度  $G [°C/mm]$  的比來提拉結晶，藉此能夠將

所培育的單晶的缺陷區域作成全面N區域。又，單晶中的氧析出核的尺寸和密度，能夠藉由調整單晶培育中的氧濃度、氮濃度和結晶的熱歷程來控制。氧濃度例如能夠藉由調整坩堝的旋轉速度和原料熔液的對流來控制，氮濃度能夠藉由往原料熔液的N(氮)摻雜量來控制，熱歷程能夠藉由結晶的提拉速度和爐內構造來控制。

**【0042】** 本發明的一實施方式的磊晶成長用矽晶圓，是從藉由切克勞斯基法的MCZ法來培育的在不含(Void)空孔和差排團簇的全面N(Neutral)區域內並且經調整氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；矽晶圓內的氧析出核，其尺寸為18nm以上的氧析出核的密度為未滿 $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ；更佳為其尺寸為12nm以上的氧析出核的平均尺寸為18.5nm以下，並且，尺寸為12nm以上的氧析出核的密度為 $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以下。

**【0043】** 如此一來，藉由降低尺寸大的氧析出核的密度，能夠抑制磊晶層的缺陷的發生。另外，矽晶圓內的氧析出核，其尺寸為18nm以上的氧析出核的尺寸的上限值並未特別限定，例如能夠作成40nm以下；其尺寸為18nm以上的氧析出核的密度的下限值並未特別限定，例如能夠作成 $1 \times 10^6 / \text{cm}^3$ 以上。又，其尺寸為12nm以上的氧析出核的尺寸的上限值並未特別限定，例如能夠作成40nm以下；其尺寸為12nm以上的氧析出核的平均尺寸的下限值並未特別限定，例如能夠作成12nm以上；其尺寸為12nm

以上的氧析出核的密度的下限值並未特別限定，例如能夠作成 $1 \times 10^6 / \text{cm}^3$ 以上。

**【0044】** 又，較佳為摻雜在單晶矽中的氮濃度為從 $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 至 $30 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 。

若是此種矽晶圓，吸雜能力也是充分的，能夠適合地應用於尖端元件。

**【0045】** 即便前述矽晶圓的面方位為(100)、(110)、(551)的任一種，也能控制本發明的全面N(Neutral)區域中的氧析出核的尺寸和密度。

不僅是從以往在尖端邏輯(Logic)元件中便一直採用的面方位(100)的矽晶圓，即便是近年持續研究的面方位(110)、(551)的矽晶圓也能同樣地抑制缺陷發生。能夠有助於今後的尖端邏輯元件的開發和性能提升。

**【0046】** 又，在本發明中，能夠作成一種磊晶晶圓，在磊晶成長用矽晶圓的表面上形成有磊晶層；位於磊晶層中的EP-SF(積層缺陷和差排)為 $0.001 \text{ 個/cm}^2$ 以下。

若是此種磊晶晶圓，則為一種EP-SF(積層缺陷和差排)極少而非常良好的磊晶晶圓，因此能充分地耐受尖端元件的製作。另外，位於磊晶層中的EP-SF(積層缺陷和差排)的下限值並未特別限定，例如能夠作成 $0 \text{ 個/cm}^2$ 以上。

**【0047】** 又，前述磊晶晶圓的在進行 $780^\circ\text{C} \ 3 \text{ hr} + 1000^\circ\text{C} \ 16 \text{ hr}$ 的氧化熱處理後的矽晶圓中的BMD密度為 $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以上，對於目標的BMD密度，

滿足目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}'79] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$ 。

若是此種磊晶晶圓，能夠獲得 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上的目標的 BMD 密度，雖然為 N 區域卻能達成與 V 區域同等的 BMD 等級，從而能夠獲得作為雜質金屬的吸雜位點之充分的吸雜能力。另外，氧化熱處理後的矽晶圓中的 BMD 密度的上限值並未特別限定，例如能夠作成  $10 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以下。又，目標的 BMD 密度並未特別限定，例如能夠作成  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上且  $10 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以下。

另外，在將 V-rich 區域作成基板的情況，為了達成目標的 BMD 密度，利用使目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}'79] - 21.99) \}^{0.3961}$ ，藉此獲得 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上的目標的 BMD 密度。

**【0048】** 另外，氧析出核的尺寸和密度，期望以 LST (Laser scattering tomography：紅外線雷射散射斷層掃描) 檢查裝置來進行評價，例如能夠採用 Semilab 公司製造的 LST-2500 (型號) 或三井金屬公司製造的 MO441 (型號) 來進行評價。

**【0049】** 此處，採用 MO441 (三井金屬公司製造) 的情況，檢測靈敏度成為從 18 nm 以上，若要檢測的氧析出核的密度未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，則雖然能大致抑制 EP 缺陷，但

是由於是以前接近MO441的檢測靈敏度的界限的尺寸來進行檢測評價，所以較佳是以更高靈敏度來對尺寸進行檢測評價。例如，若是Semilab公司製造的LST-2500(型號)，則檢測靈敏度為12nm以上，從而高靈敏度的檢測評價成為可能，藉由Semilab公司製造的LST-2500來高靈敏度地檢測評價氧析出核的情況，利用作成尺寸為12nm以上的氧析出核的平均尺寸為18.5nm以下，並且，尺寸為12nm以上的氧析出核的密度為 $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以下，變成能更確實地抑制和控制EP缺陷。

**【0050】** 以更高靈敏度且精度佳地對析出核進行檢測評價，藉此，更正確地求出EP缺陷數 =  $A \cdot \exp(\text{平均析出核尺寸} / B)$  中的與氧析出核的密度成比例的參數也就是頻率因子A、及影響磊晶層形成製程中的氧析出核的容許度的製程參數B，從而能夠更確實地實行EP缺陷的抑制和控制。

**【0051】** [實施例]

以下，舉出本發明的實施例和比較例來具體地說明，但是本發明並未限定於這些例子。

**【0052】** (比較例1)

在32吋(直徑812.8mm)的坩堝內，將410kg的矽原料熔融，並藉由MCZ法來施加中心磁場強度4000G的橫向磁場，且以結晶全面成為N(Neutral)區域的方式來控制V/G而培育出軸方位 $\langle 100 \rangle$ 的300mm的單晶矽(無摻雜氮)。從如此地製作出來的單晶矽切出晶圓，並實施研

光、倒角、研磨而製作出複數片面方位(100)的磊晶成長用矽晶圓。

【0053】 接著，將此磊晶成長用矽晶圓，以LST(Laser scattering tomography：紅外線雷射散射斷層掃描)檢查裝置也就是Semilab公司製造的LST-2500(型號)，評價as-grown(原生)存在的氧析出核的密度和尺寸，其結果為：

晶圓中心部R0-50mm中的尺寸18nm以上的氧析出核的密度為 $7.5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12nm以上的氧析出核的密度為 $7.0 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為19.2nm；

R60-120mm中的尺寸18nm以上的氧析出核的密度為 $4.2 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12nm以上的氧析出核的密度為 $4.2 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為18.3nm；

R130-150mm中的尺寸18nm以上的氧析出核的密度為 $5.5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12nm以上的氧析出核的密度為 $8.0 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為19.0nm。

【0054】 使用此磊晶成長用矽晶圓，以1130℃來使4μm的磊晶層形成，來製造25片磊晶晶圓。採用KLA Tencor(科磊)公司製造的SP3(型號)，以Oblique(傾斜)模式的32nmUP靈敏度，對所獲得的磊晶晶圓評價缺陷。

其結果，各晶圓中的平均的EP缺陷密度，在R0-50mm中為0.0019個/cm<sup>2</sup>，在R60-120mm中為0.0010個/cm<sup>2</sup>，在R130-150mm中為0.0021個

$/\text{cm}^2$ ，300 mm 晶圓全面的 EP 缺陷為 0.99 個 / 片 (個 / w f)。

**【0055】** 此時，單晶矽中的氧濃度為 25.2 [ppma - ASTM' 79]，在 EP (磊晶) 後，在進行 780 °C 3 hr + 1000 °C 16 hr 的氧化熱處理後的 BMD 密度為  $4.1 \times 10^8$  [ $/\text{cm}^3$ ]。

**【0056】** (比較例 2)

以  $4 \times 10^{13} - 3 \times 10^{14}$  atoms/ $\text{cm}^3$  的濃度範圍來摻雜氮，除此以外，以與比較例 1 同樣的條件來製作磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓。

**【0057】** 與比較例 1 同樣地，以 LST 檢查裝置，評價 as-grown (原生) 存在的氧析出核的密度和尺寸，其結果為：

晶圓中心部 R0 - 50 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $9.2 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $9.0 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 21.0 nm；

R60 - 120 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $5 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.7 nm；

R130 - 150 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $1.1 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $1.0 \times 10^9 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 22.0 nm。

**【0058】** 各磊晶晶圓中的平均的 EP 缺陷密度，在 R0 - 50 mm 中為 0.0029 個 /  $\text{cm}^2$ ，在 R60 - 120 mm 中為

0.0013 個 /  $\text{cm}^2$ ，在 R130-150 mm 中為 0.0036 個 /  $\text{cm}^2$ ，300 mm 晶圓全面的 EP 缺陷為 1.46 個 / 片。

**【0059】** 此時，單晶矽中的氧濃度為 25.5 [ppma - ASTM' 79]，在 EP (磊晶) 後，在進行 780 °C 3 hr + 1000 °C 16 hr 的氧化熱處理後的 BMD 密度為  $4.7 \times 10^8$  [ /  $\text{cm}^3$  ]。

**【0060】** (實施例 1)

藉由調整提拉速度來實施氧析出核的密度和尺寸的調整，除此以外，以與比較例 1 同樣的條件來製作磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓。

**【0061】** 與比較例 1、2 同樣地，以 LST 檢查裝置，評價 as-grown (原生) 存在的氧析出核的密度和尺寸，其結果為：

晶圓中心部 R0-50 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.8 \times 10^7$  /  $\text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.6 \times 10^8$  /  $\text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.2 nm；

R60-120 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.9 \times 10^7$  /  $\text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.6 \times 10^8$  /  $\text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.1 nm；

R130-150 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.0 \times 10^7$  /  $\text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.7 \times 10^8$  /  $\text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.3 nm。

**【0062】** 各磊晶晶圓中的平均的 EP 缺陷密度，在 R0-50 mm 中為 0.0009 個 /  $\text{cm}^2$ ，在 R60-120 mm 中為

0.0006 個 /  $\text{cm}^2$ ，在 R130-150 mm 中為 0.0007 個 /  $\text{cm}^2$ ，300 mm 晶圓全面的 EP 缺陷為 0.46 個 / 片。

【0063】此時，在 EP (磊晶) 後，為了將在進行 780 °C 3 hr + 1000 °C 16 hr 的氧化熱處理後的目標的 BMD 密度作成  $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上，根據 [式 A] 的關係，算出在單晶矽中的氧濃度必須為 25.1 [ppma - ASTM '79] 以上，實際的氧濃度則為 25.2 [ppma - ASTM '79]，BMD 密度為  $4.2 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 。目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}'79] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$  [式 A]。

【0064】 (實施例 2)

藉由調整提拉速度來實施氧析出核的密度和尺寸的調整，除此以外，以與比較例 2 同樣的條件來製作磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓。

【0065】與比較例 1、2 同樣地，以 LST 檢查裝置，評價 as-grown (原生) 存在的氧析出核的密度和尺寸，其結果為：

晶圓中心部 R0-50 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $4.0 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.8 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.4 nm；

R60-120 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.1 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.9 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.2 nm；

R 130 - 150 m m 中的尺寸 18 n m 以上的氧析出核的密度為  $2.8 \times 10^7 / \text{c m}^3$ ，12 n m 以上的氧析出核的密度為  $2.5 \times 10^8 / \text{c m}^3$ ，平均尺寸為 18.4 n m。

【0066】 各磊晶晶圓中的平均的 EP 缺陷密度，在 R 0 - 50 m m 中為 0.0009 個 /  $\text{c m}^2$ ，在 R 60 - 120 m m 中為 0.0007 個 /  $\text{c m}^2$ ，在 R 130 - 150 m m 中為 0.0006 個 /  $\text{c m}^2$ ，300 m m 晶圓全面的 EP 缺陷為 0.49 個 / 片。

【0067】 此時，在 EP (磊晶) 後，為了將在進行 780 °C 3 h r + 1000 °C 16 h r 的氧化熱處理後的目標的 BMD 密度作成  $4 \times 10^8 / \text{c m}^3$  以上，根據 [式 A] 的關係，算出在單晶矽中的氧濃度必須為 25.1 [p p m a - A S T M ' 79] 以上，實際的氧濃度則為 25.4 [p p m a - A S T M ' 79]，BMD 密度為  $4.5 \times 10^8 [ / \text{c m}^3 ]$ 。

【0068】 (實施例 3)

將培育結晶的軸方位設為  $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 551 \rangle$ ，除此以外，以與實施例 2 同樣的條件來製作面方位 (110) 和 (551) 的磊晶成長用矽晶圓及磊晶晶圓。

【0069】 有關從軸方位  $\langle 100 \rangle$  的 300 m m 的單晶矽製作出來的磊晶成長用矽晶圓，與實施例 2 同樣地，以 LST 檢查裝置，評價 a s - g r o w n (原生) 存在的氧析出核的密度和尺寸，其結果為：

晶圓中心部 R 0 - 50 m m 中的尺寸 18 n m 以上的氧析出核的密度為  $3.9 \times 10^7 / \text{c m}^3$ ，12 n m 以上的氧析出核的密度為  $3.7 \times 10^8 / \text{c m}^3$ ，平均尺寸為 18.4 n m；

R 60 - 120 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.3 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $3.0 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.2 nm；

R 130 - 150 mm 中的尺寸 18 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，12 nm 以上的氧析出核的密度為  $2.4 \times 10^8 / \text{cm}^3$ ，平均尺寸為 18.4 nm。

**【0070】** 從軸方位  $\langle 551 \rangle$  的 300 mm 的單晶矽製作出來的磊晶成長用矽晶圓，無法獲得解理面，從而無法實施 LST 評價。

各磊晶晶圓中的平均的 EP 缺陷密度，在面方位 (110) 和 (551) 中，都與實施例 2 同等。

**【0071】** 此時，在 EP (磊晶) 後，為了將在進行  $780^\circ\text{C} \ 3 \text{ hr} + 1000^\circ\text{C} \ 16 \text{ hr}$  的氧化熱處理後的目標的 BMD 密度作成  $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上，根據 [式 A] 的關係，算出在單晶矽中的氧濃度必須為 25.1 [ppma - ASTM' 79] 以上，在軸方位設為  $\langle 110 \rangle$  和  $\langle 551 \rangle$  的任一種的單晶矽中，實際的氧濃度則為 25.1 [ppma - ASTM' 79]，在從軸方位  $\langle 110 \rangle$  的 300 mm 的單晶矽製作出來的磊晶成長用矽晶圓中，BMD 密度為  $4.0 \times 10^8 [ / \text{cm}^3 ]$ 。

**【0072】** 從軸方位  $\langle 551 \rangle$  的 300 mm 的單晶矽製作出來的磊晶成長用矽晶圓，無法獲得解理面，從而無法實施 LST 評價。

【0073】 表 1 中顯示實施例與比較例的各條件、及以各條件製造出來的磊晶晶圓的氧析出核的密度和平均尺寸、EP 缺陷密度、總 EP 缺陷數。

[ 表 1 ]

半徑位置 (mm)	1.8mm以上之管徑 管徑 (mm)	2.2mm以上之管徑 管徑 (mm)	2.5mm以上之管徑 管徑 (mm)	5mm管徑 管徑 (mm)
無塗層鋼 管管徑: φ50-φ120	R15-R17	7.5+0.7	7.5+0.5	5.0+0.5
	R15-R18	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R15a	5.5+0.7	5.5+0.5	4.0+0.5
塗層鋼 管管徑: φ50-φ120(含鋼管管徑)	R15-R17	9.75+0.7	9.75+0.5	7.0+0.5
	R15-R18	5.5+0.7	5.5+0.5	4.0+0.5
	R15-R15a	5.5+0.7	5.5+0.5	4.0+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ130-φ160(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ130-φ160(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ170-φ200(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ170-φ200(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ220-φ250(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ220-φ250(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ270-φ300(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ270-φ300(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ350-φ400(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ350-φ400(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ450-φ500(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ450-φ500(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ550-φ600(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ550-φ600(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ700-φ800(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ700-φ800(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
無塗層鋼 管管徑: φ900-φ1000(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
塗層鋼 管管徑: φ900-φ1000(含鋼管管徑的管徑和尺寸)	R15-R17	4.5+0.7	4.5+0.5	3.0+0.5
	R15-R18	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5
	R15-R15a	3.5+0.7	3.5+0.5	2.5+0.5

**【0074】** [結果]

由表1可知，相較於比較例1、2，實施例1、2、3的任一者的面，其EP缺陷密度、總EP缺陷數都較小，是優良的。比較例1、2的EP缺陷密度都是 $0.001$ 個/ $\text{cm}^2$ 以上，相對於此，實施例1、2、3的任一者都是未滿 $0.001$ 個/ $\text{cm}^2$ ；比較例1、2的總EP缺陷數都是 $0.5$ 個/片以上，相對於此，實施例1、2、3的任一者都是未滿 $0.5$ 個/片。

另外，根據上述的結果，針對採用了N(Neutral)區域(無Void(COP))基板之磊晶晶圓的製造，發現了在EP缺陷數與as-grown(原生)析出核之間，有EP缺陷數 $= A \cdot \exp(\text{平均析出核尺寸}/B)$ 的關係，其中， $A = a \times 12 \text{ nm}$ 以上的析出核的密度[/ $\text{cm}^3$ ]，根據比較例1、2及實施例1， $a = 2.80 \times 10^{-10}$ 、 $B = 10$ 。

**【0075】** 如以上所述，針對採用了N(Neutral)區域(無Void(COP))基板之磊晶晶圓的製造，EP缺陷數與as-grown(原生)析出核的關係是明確的；利用將晶圓內的析出核作成尺寸 $18 \text{ nm}$ 以上的密度為未滿 $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ ，更佳為 $12 \text{ nm}$ 以上的析出核的平均尺寸為 $18.5 \text{ nm}$ 以下，且尺寸為 $12 \text{ nm}$ 以上的析出核的密度為 $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$ 以下，能夠獲得一種磊晶晶圓，EP缺陷的發生抑制在 $0.001$ 個/ $\text{cm}^2$ 以下且具有非常良好的EP表層品質。又，不論晶圓的面方位為何，都能夠獲得本發明的效果。

【0076】 又，有關前述磊晶晶圓的在進行  $780^{\circ}\text{C} 3\text{hr} + 1000^{\circ}\text{C} 16\text{hr}$  的氧化熱處理後的 BMD 密度，對於目標的 BMD 密度，滿足目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}' 79] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$  (V-rich 的情況：目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}' 79] - 21.99) \}^{0.3961}$ )，藉此能夠獲得一種磊晶晶圓，其 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上並具有面內均勻的 BMD 分布，從而也一併擁有高吸雜能力。

【0077】 如此一來，根據本發明，能製造一種磊晶晶圓，其抑制了導致元件不良的 EP 缺陷，具有極為良好的 EP 表層缺陷等級，從而也一併擁有高吸雜能力，因此，對於隨著製程複雜化、長期化而所容許的缺陷極少，從而製程成本高的尖端邏輯元件而言，成為能以高良率來進行製造。

【0078】 本發明包含以下的態樣。

[1] 一種磊晶成長用矽晶圓，其特徵在於：

是從藉由切克勞斯基法來培育的在不含空孔和差排團簇的全面 N 區域也就是中性區域內並且經調整氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；

前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為  $18\text{nm}$  以上的氧析出核的密度為未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 。

[2] 如上述 [1] 所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為  $12\text{nm}$  以上的氧析出核

的平均尺寸為  $18.5 \text{ nm}$  以下，並且，尺寸為  $12 \text{ nm}$  以上的氧析出核的密度為  $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以下。

[3] 如上述 [1] 或 [2] 所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，摻雜在前述單晶矽中的氮濃度為從  $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  至  $30 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 。

[4] 如上述 [1] 至 [3] 中任一項所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，前述矽晶圓的面方位為  $(100)$ 、 $(110)$ 、 $(551)$  的任一種。

[5] 一種磊晶晶圓，其特徵在於：

在上述 [1] 至 [4] 中任一項所述之磊晶成長用矽晶圓的表面上形成有磊晶層；

位於前述磊晶層中的 EP-SF (積層缺陷和差排) 為  $0.001 \text{ 個/cm}^2$  以下。

[6] 如 [5] 所述之磊晶晶圓，其中，前述磊晶晶圓的在進行  $780^\circ\text{C} \text{ 3 hr} + 1000^\circ\text{C} \text{ 16 hr}$  的氧化熱處理後的矽晶圓中的 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上，對於目標的 BMD 密度，滿足目標的 BMD 密度  $\leq 9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM} , 79] - 21.99 - 5.35) \}^{0.3961}$ 。

**【0079】** 另外，本發明並未限定於上述實施方式。上述實施方式為例示。只要具有與本發明的申請專利範圍所記載的技術思想實質上同一的構成，並發揮同樣的作用效果，不論為何種，都包含在本發明的技術範圍內。

**【符號說明】**

**【0080】**

- 1：主腔室
- 2：提拉腔室
- 3：單晶棒
- 4：原料熔液
- 5：石英坩堝
- 6：石墨坩堝
- 7：加熱器
- 8：絕熱材料
- 9：氣體流出口
- 10：氣體導入口
- 11：氣體整流筒
- 12：熱遮蔽體
- 13：磁場施加裝置

**【生物材料寄存】**

國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

## 【發明申請專利範圍】

【請求項 1】 一種磊晶成長用矽晶圓，其特徵在於：

是從藉由切克勞斯基法來培育的在不含空孔和差排團簇的全面 N 區域也就是中性區域內並且經調整氧析出核的尺寸和密度之單晶矽所製作的矽晶圓；

前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為 18 nm 以上的氧析出核的密度為未滿  $5 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，前述矽晶圓內的前述氧析出核，其尺寸為 12 nm 以上的氧析出核的平均尺寸為 18.5 nm 以下，並且，尺寸為 12 nm 以上的氧析出核的密度為  $4 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以下。

【請求項 3】 如請求項 1 所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，摻雜在前述單晶矽中的氮濃度為從  $2 \times 10^{13} \text{ atoms} / \text{cm}^3$  至  $30 \times 10^{13} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 。

【請求項 4】 如請求項 1 所述之磊晶成長用矽晶圓，其中，前述矽晶圓的面方位為 (100)、(110)、(551) 的任一種。

【請求項 5】 一種磊晶晶圓，其特徵在於：

在請求項 1 至請求項 4 中任一項所述之磊晶成長用矽晶圓的表面上形成有磊晶層；

位於前述磊晶層中的 EP-SF 也就是積層缺陷和差排為  $0.001 \text{ 個} / \text{cm}^2$  以下。

【請求項 6】 如請求項 5 所述之磊晶晶圓，其中，前述磊晶晶圓的在進行  $780^\circ\text{C} 3 \text{ hr} + 1000^\circ\text{C} 16 \text{ hr}$  的氧化熱處理後的矽晶圓中的 BMD 密度為  $1 \times 10^8 / \text{cm}^3$  以上，對於目標

的 BMD 密度，滿足目標的 BMD 密度  $\leq$   
 $9.6875 \times 10^8 \{ \exp(\text{Ini.Oi}[\text{ppma} - \text{ASTM}'$   
 $79] - 21.99 - 5.35) \} ^{0.3961}$ 。

圖1

