

## 發明專利說明書

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92101499※IPC分類：H01L21/20 (2006.01)※申請日期：92年01月23日

## 壹、發明名稱：

(中文) 磊晶矽晶圓及其製造方法(英文) シリコンエピタキシャルウェーハ及びその製造方法貳、發明人(共1人)

## 發明人 1

姓名：(中文) 竹野博(英文) 竹野博住居所地址：(中文) 日本國群馬縣安中市磯部二丁目一三番一號  
信越半導体株式会社 半導体磯部研究所  
內

(英文)

參、申請人(共1人)

## 申請人 1

姓名或名稱：(中文) 信越半導體股份有限公司(英文) 信越半導体株式会社住居所地址：(中文) 日本國東京都千代田區丸之內一丁目四番二號(或營業所) (英文) 日本国東京都千代田区丸の内1丁目4番2号國籍：(中文) 日本(英文) JAPAN代表人：(中文) 1.小柳俊一

(英文)

**捌、聲明事項**

**■主張專利法第二十四條第一項優先權：**

**【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】**

1.日本 ; 2002/01/25 ; 2002-016663

---

(1)

## 玖、發明說明

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於在晶圓全面具有良好吸氣能力之磊晶矽晶圓及其製造方法。

### 【先前技術】

作為用來製造半導體元件之基板而被廣泛應用之矽晶圓之大半部分是由 CZ (Czochralski) 法培養。在藉由 CZ 法培養之矽單結晶中，大約以  $10^{18} \text{ atoms/cm}^3$  之濃度含有作為摻質之格子間氧。此格子間氧係在結晶培養製程中從固化到冷卻至室溫為止之熱經歷（以下略稱結晶熱經歷）、或在半導體元件之製作過程之熱處理製程之中形成過飽和狀態而析出，形成矽氧化物之析出物（以下，稱為氧析出物或單以析出物稱之）。

該氧析出物係在元件製作過程之中作為將混入之重金屬摻質捕獲之側有效地作動（內部吸氣 Internal Gettering：IG），使元件特性和良率提昇。從此觀點，作為矽晶圓之品質之一，IG 能力受到重視。

氧析出之過程係從析出核和其成長之過程而形成。通常，在結晶熱經歷時核形成進行，藉由其後之元件製作過程等之熱處理大幅成長，作為氧析出物被檢測出。從此觀點，將在結晶熱經歷所形成之物稱為內部成長（Grown-in）析出核。當然，在其後之熱處理之中亦有氧析出核形成之情況。

(2)

通常之砷系成長 (as-grown) 晶圓之情況，在元件製作過程前之步驟存在之氧析出核極小，不持有 IG 能力。但是，藉由經過元件製作過程，成長為大的氧析出物，而具有 IG 能力。

爲了讓晶圓表面附近之元件製作範圍無缺陷化，所以有使用藉由在基板上的氣相成長使矽單結晶堆積之磊晶矽晶圓之情況。即使在此磊晶矽晶圓之中使 IG 能力附加於基板是重要的。

但是，因爲磊晶製程係約 1100°C 以上之高溫，所以在結晶熱經歷所形成之氧析出核 (Grown-in 析出核) 已完全消滅。在其後之元件製作過程之中就不形成氧析出物了。因而，在磊晶矽晶圓有 IG 能力降低之問題。

作爲解決此問題之方法，係藉由在磊晶製程前之基板施予 800°C 左右之熱處理，即使高溫之磊晶製程亦不消滅之尺寸爲止，使在結晶熱經歷所形成之 Grown-in 析出核成長之方法。在此方法之中，磊晶成長前之熱處理溫度在例如 800°C 之情況，800°C 之臨界尺寸 (在該溫度可安定成長之析出核之最小尺寸) 以上之尺寸之 Grown-in 析出核成長而殘留在磊晶製程，藉由磊晶製程後之元件製作過程等之熱處理成長而形成氧析出物。

磊晶製程前之基板之 Grown-in 析出核密度之面內之分佈，未必僅限於均等。以典型之例而言，在氧化性環境下施予大約 1100°C 以上之熱處理之時產生之氧化誘導積層缺陷 (以下稱 OSF) 之核比較大之尺寸的 Grown-in 析

(3)

出核有呈環狀存在之情況（以下，將 OSF 產生呈環狀之範圍稱爲 OSF 環）。對該種基板，若施予使 Grown-in 析出核成長之熱處理之後進行磊晶成長的話，有磊晶矽晶圓中之析出物密度之面內分佈形成不均等，IG 能力形成不均等之問題產生。

若在高濃度添加硼之一般的  $p^+$  基板，與在低濃度添加硼之  $p^+$  基板比較的話，可了解藉由硼添加之影響 OSF 環容易產生。

因此，上述之 IG 能力之面內不均等化之問題，係尤其在使用  $p^+$  基板之  $p/p^+$  磊晶矽晶圓時容易產生。當然，除了  $p^+$  基板以外作爲磊晶矽晶圓之基板所使用之  $p$  基板，即使在低濃度添加磷之  $n$  基板和高濃度添加銻或砷之  $n^+$  基板之中，藉由結晶培養條件係有 OSF 環產生之情況。在該種情況與  $p^+$  基板之情況同樣地產生 IG 能力不均等之問題產生。

並且，伴隨著近年之元件製作過程係使用之晶圓之大直徑化，低溫化短時間化進行，例如，一連串之元件製作過程全部在  $1000^\circ\text{C}$  以下進行，且愈來愈頻繁地使用只需要數十秒左右之熱處理時間之 RTP (Rapid Thermal Processing)。此種元件製作過程，係因爲全部之熱處理加起來亦只有相當於  $1000^\circ\text{C}$  和 2 小時左右之熱處理的情況，所以如習知，不能預期在元件製作過程中之氧析出物之成長。從該種情形來看，對低溫化短時間化之元件製作過程，在元件製作過程投入前之步驟具有良好之 IG 能力

(4)

是必要的。

**【發明內容】**

〔用以解決課題之手段〕

本發明係有鑑於上述問題點而開發完成，其目的為：提供在晶圓全面具有良好之 IG 能力之磊晶矽晶圓及其製造方法。

為了解決上述課題，所以本發明之磊晶矽晶圓，其特徵為：在磊晶成長後之矽單結晶基板內部被檢測出之氧析出物之密度，在晶圓面內之任何位置係為  $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  以上。

如此，藉由即使在晶圓面內之任何位置之中存在高密度之氧析出物，在晶圓全面之中形成具有良好 IG 能力之磊晶矽晶圓。

再者，以緊接在磊晶製程之後可實驗性地檢測出在高密度具有氧析出物，在元件製作過程投入前之步驟具有良好之 IG 能力，對氧析出物之成長不可預期之低溫化短時間化之元件製作過程特別有效。此處，具有 IG 能力之氧析出物之尺寸，亦大體的推測實驗性地可檢測出之氧析出物之尺寸（直徑 30~40nm 左右）。一般而言，因為即使不可實驗性地檢測出之尺寸之氧析出物但被認為具有 IG 能力，所以若是可實驗性地檢測出之尺寸的話可判斷具有足夠的 IG 能力。

作為上述磊晶成長前之上述矽單結晶基板，係具有在

(5)

矽單結晶之培養製程所形成之 Grown-in 析出核，且使用在氧化性環境下於熱處理之情況積層缺陷使用在不產生呈環狀之矽晶圓較佳。

本發明人，係如果在基板 OSF 環存的話，對該基板用來使 Grown-in 析出核成長，施予熱處理之後於進行磊晶成長之情況所檢測出之氧析出物之密度在磊晶矽晶圓面內形成不均等，找出在一部份之範圍減少析出物密度，達成本發明。亦即，若 OSF 環不存在基板的話，因為 Grown-in 析出核密度之面內分佈比較均等，故可形成在晶圓全面均等下之高密度之氧析出物。在高濃度添加硼之一般的  $p^+$  基板，因為藉由硼添加之影響 OSF 環容易產生，所以本發明特別有效。

又，所謂本發明之「高濃度硼」，係硼濃度至少為  $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ ，在為了控制電阻率所以特意添加之不純物僅為硼之情況相當於  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$  以下之電阻率。

即使在磊晶矽晶圓面內之任何位置，於將氧析出物密度做成  $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  以上，具有以矽單結晶之培養製程所形成之 Grown-in 析出核，且在氧化性環境下於熱處理之情況將積層缺陷不產生環狀之矽單結晶晶圓作為基板，對該基板於施予使 Grown-in 析出核成長之熱處理後，可進行磊晶成長。

如此，在 OSF 環不存在之基板中，因為 Grown-in 析出核密度之面內分佈為大致均等，所以在施予使 Grown-in 析出核成長之熱處理之後，若進行磊晶成長的話，即

(6)

使在晶圓面內之任何位置亦可得到高密度之氧析出物。還有，雖然氧析出物密度之上限沒有特別限定，但因有藉由固溶氧濃度的降低之晶圓強度之降低產生之情況，所以做成  $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$  以下較佳。

上述之 OSF 環不存在之基板，係例如日本特開平 11-147786 號、日本特開平 11-157996 號等所記載，可使用控制且拉昇結晶之拉昇速度  $V$  和拉昇結晶中之固液界面近旁之溫度坡度  $G$  之比  $V/G$  之習知技術而得到。高濃度硼植入之情況，已知 OSF 環產生之  $V/G$  值移位到高  $V/G$  側 (E. Dornberger et al. J. Crystal Growth 180 (1977) 343-352.)。因而，假設即使作為在低濃度硼基板 ( $p$  基板) OSF 環不產生之拉昇條件 ( $V/G$  值) 與在同一條件下拉昇，於高濃度硼植入基板之情況，依存其硼濃度 OSF 環還是產生。亦即，在高濃度添加硼之一般的  $p^+$  基板之情況，係藉由硼添加之效果，大概的情況係因為 OSF 環存在，所以本發明之製造方法特別有效。

OSF 環之位置後如第 4 圖所示之隨著  $V/G$  值變大而往結晶之外徑方向移動。因而，為了得到 OSF 環不產生之基板，所以 OSF 環在結晶之外周部如消滅般提高  $V/G$  值的話較佳。另外，在拉昇結晶之原封不動之狀態，OSF 環即使存在於外周部，在朝其後之基板之加工製作過程之中，若除去 OSF 環部分的話，可得 OSF 環不產生之基板。

如以上所述  $p^+$  基板之情況，晶圓面內之 OSF 環之位

(7)

置係依存於  $V/G$  與硼濃度。從此觀點，藉由  $V/G$  和硼濃度之控制，可得 OSF 環不存在之基板。

雖作為  $p/p^+$  磊晶矽晶圓用基板之電阻率之下限值係沒有特別限定，但當作實際上之結晶拉昇條件，可做成約  $0.014 \Omega \cdot \text{cm}$  以上之硼濃度。但是，作為在  $p/p^+$  磊晶矽晶圓之  $p^+$  基板之效果之一，因有使元件之鎖定 (latch up) 耐性提昇之效果，而為了得到該效果，所以有必要將基板之電阻率做成約  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$  以下，為了得到足夠之效果所以做成  $0.05 \Omega \cdot \text{cm}$  以下較佳， $0.002 \Omega \cdot \text{cm}$  以下尤其更加。

另外，若提高基板之電阻率的話，加上所謂 OSF 環不容易產生之效果，可得所謂因為藉由自動植入防止磊晶層之電阻率變化，所以沒有必要形成所使用之晶圓內面之氧化膜之附加的效果。使 Grown-in 析出核成長之熱處理之條件，Grown-in 析出核於磊晶製程後若能成長為實驗性地檢測出之尺寸以上的話，即使怎麼樣的條件也沒有關係，惟例如可做成約  $1000^\circ\text{C}$  以上、約 0.5 小時以上。利用此方法，在元件製作過程投入前之步驟，可附加良好的 IG 能力於晶圓全面。

從上述，藉由本發明，可得在晶圓全面具有良好的吸氣能力之磊晶矽晶圓。

#### 【實施方式】

〔發明之實施形態〕

(8)

以下，就本發明之磊晶矽晶圓之製造方法之實施形態基於所附圖式說明，但圖示例僅用來舉例說明本發明，不跳脫本發明之技術思想當然可有種種變形。

第 1 圖係顯示本發明之磊晶矽晶圓之製造方法之製程順序之一例之流程圖。

如第 1 圖所示，首先準備成爲磊晶矽晶圓之基板之矽單結晶晶圓（步驟 100）。此基板藉由 V/G 和硼濃度之控制，不含 OSF 環。對該基板施予使磊晶製程前之氧析出物成長之熱處理（步驟 102）。

此處，熱處理的條件係若 Grown-in 析出核於磊晶製程後可成長爲可檢測出之尺寸，任何條件亦無關係。例如，從 800°C 至 1000°C 以 3°C / 分之速度升溫，在 1000°C 可維持 4 小時之熱處理實施。藉由如此之磊晶製程前之熱處理，在基板中可高密度形成具有 IG 能力之大尺寸之氧析出物。其次，因應需要進行洗淨晶圓和氧化膜除去等之中，進行磊晶成長（步驟 104）。

上述熱處理有稱爲被熱處理之晶圓之鏡面研磨（機械化學研磨）在加工前或後之任何階段進行皆無關係。進行於鏡面研磨加工前之情況係在熱處理後進行鏡面研磨加工，其次進行磊晶成長。

本發明之磊晶矽晶圓之特徵爲，在磊晶成長後之基板被檢測出之氧析出物之密度係在磊晶矽晶圓面內之任何位置皆是  $1 \times 10^9 / \text{cm}$  以上。

如此，藉由在晶圓面內之任何位置高密度之氧析出物

(9)

存在，於磊晶矽晶圓全面具有良好的 IG 能力。

更且，磊晶製程後以高密度具有可檢測出之氧析出物，在元件製作過程投入前之階段具有優良之 IG 能力，對氧析出物不可預期之低溫化短時間化之元件製作過程特別有效。

作為為了形成磊晶層之基板，具有在矽單結晶之培養製程所形成之 Grown-in 析出核，在氧化性環境下於熱處理情況使用積層缺陷不產生環狀之矽單結晶晶圓是有效果的。若係 OSF 環不存在之基板，因為 Grown-in 析出核密度之面內分佈比較均等，在晶圓全面形成高密度之氧析出物。

在確認基板中 OSF 環存在與否，例如在氧化物環境下以 1150°C 施予 60 分鐘之熱處理後，進行化學選擇蝕刻已光學顯微鏡觀察基板表面亦可。

在高濃度添加硼之一般的 p<sup>+</sup> 基板，因為藉由硼添加之影響 OSF 環容易產生，所以採用本發明之構成特別有效。

以下，給與實施例進一步具體說明本發明，但這些實施例僅為例示，不用來限定本發明。

(實施第 1 例)

準備從以直徑 8 英吋、面方位 <100> 和電阻率 0.015 ~ 0.018 Ω · cm 之 CZ 法所養成之硼添加矽單結晶之不同之 2 部位 (係成長於結晶養成之前半和後半之位置，以下

(10)

，個別稱為結晶位置 A 和結晶位置 B) 所製作之鏡面研磨基板。基板的氧濃度以氣體融合測定約 14ppma。

又，在此結晶之提昇，以 OSF 環消滅於結晶外徑方向而調整 V/G 值。

其次，對該基板，在氧環境下施予磊晶製程前之熱處理。亦即，插入基板於 800°C 之熱處理爐內，從 800°C 至 1000°C 以 3°C / 分之速度升溫，在 1000°C 保持 4 小時。保持後以 3°C / 分之速度降溫熱處理爐內溫度至 800°C 為止再取出基板至熱處理爐外。其次，藉由氟化氫水溶液除去基板表面之氧化膜後，藉約 1100°C 之磊晶成長使約 5 μm 厚度之矽單結晶層堆積形成磊晶矽晶圓。

針對該磊晶矽晶圓，不施予任何熱處理，藉由光散射法之 1 之紅外線散射 X 光斷層法 (以下稱為 LST) 測定基板內部之氧析出物之密度。若由 LST，可檢測出直徑 40nm 左右以上之尺寸之氧析出物。測定析出物密度之位置係深度方向以基板表面為基準在 50~230 μm 之範圍，面內位置係形成為從周邊 5mm 之位置和從周邊 10mm 之位置以 10mm 間隔至 90mm 為止。

第 2 圖顯示結晶位置 A 和結晶位置 B 之析出物密度之晶圓面內分布。在任何結晶位置之情況，於磊晶矽晶圓全面析出物密度係  $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  以上，面內分布係幾乎均等。

又，在準備之基板，不進行磊晶製程前之熱處理和磊晶成長，在氧環境下以 1150°C 施予 100 分鐘之熱處理。

(11)

其次，進行化學選擇蝕刻後，藉由利用光學顯微鏡觀察基板表面，確認 OSF 環之有無。其結果，觀察不到 OSF 環。

(比較第 1 例)

使用具有與實施第 1 例相同之爐內構造（相同之 G）之提昇裝置，藉由較實施第 1 例低之提昇速度提昇直徑 8 英吋、面方位  $\langle 100 \rangle$  和電阻率約  $0.010 \sim 0.013 \Omega \cdot \text{cm}$  之硼添加矽單結晶，準備從其不同之 2 部位（係成長於結晶培養製程之前半和後半之位置，以下，個別稱為結晶位置 A 和結晶位置 B。）所製作之鏡面研磨基板。晶圓之氧濃度約 13 ppm。

其次，對該基板，與實施第 1 例一樣在氧環境下施予磊晶製程前之熱處理。亦即，在  $800^\circ\text{C}$  之熱處理爐插入基板，從  $800^\circ\text{C}$  至  $1000^\circ\text{C}$  以  $3^\circ\text{C}/\text{分}$  之速度降溫後取出基板至熱處理爐外。其次，藉由氟化氫水溶液除去基板表面之氧化膜後，藉由約  $1100^\circ\text{C}$  之磊晶成長使約  $5 \mu\text{m}$  厚度之矽單結晶堆積做成磊晶矽晶圓。

針對該磊晶矽晶圓，不施予任何熱處理，藉由 LST 測定基板內部之氧析出物之密度。測定析出物密度之位置係深度方向以基板表面為基準在  $50 \sim 230 \mu\text{m}$  之範圍，面內位置係形成為從周邊  $5\text{mm}$  之位置和從周邊  $10\text{mm}$  之位置以  $10\text{mm}$  間隔至  $90\text{mm}$  為止。

第 3 圖係顯示結晶位置 A 和晶圓位置 B 之析出物密

(12)

度之晶圓面內分布。在結晶位置 A 之情況從晶圓周邊部至約 20mm 為止析出物密度變低。又，結晶位置 B 之情況在從晶圓周邊部至約 20mm 之範圍和從約 50mm 至中心之範圍析出物密度變低。亦即，任何情況，析出物密度之面內分布變得極不均等。

又，在準備之基板，不進行磊晶製程前之熱處理和磊晶成長，在氧環境下以 1150°C 施予 100 分鐘之熱處理。其次，進行化學選擇蝕刻後，藉由利用光學顯微鏡觀察基板表面，確認 OSF 環之有無。其結果，觀察到 OSF 環。由此，在使用 OSF 環存在之基板之情況，磊晶製程後之析出物之面內分布變得不均等，在一部份之範圍可確認析出物密度變低。

再者，本發明不限於上述實施形態。

上述實施形態係例示，具有與記載本發明之申請專利範圍之技術思想實質相同之構成，能達到本發明之同樣作用效果無論為何均包含在本發明之技術範圍。

例如，在上述實施形態，就養成直徑 200mm (8 英吋) 之矽單結晶之情況舉例說明，但本發明不限於此，直徑 100~400mm (4~16 英吋) 或其以上之矽單結晶亦可適用。

又，本發明在施加水平磁場、縱磁場和尖頭 (cusp) 磁場之所謂 MCZ 法當然亦可適用。

[ 產業上之可利用性 ]

(13)

如上所述，若依據本發明，對 OSF 環不存在之基板，藉由在施予磊晶製程前之熱處理後進行磊晶成長，可提供在晶圓全面具有良好 IG 能力之磊晶矽晶圓。

[ 圖面簡單說明 ]

第 1 圖係顯示本發明之磊晶矽晶圓之製造方法之製程順序之一例之流程圖。

第 2 圖係顯示實施第 1 例之結晶位置 A 和結晶位置 B 之析出物密度之晶圓面內分佈之圖表。

第 3 圖係顯示比較第 1 例之結晶位置 A 和結晶位置 B 之析出物密度之晶圓面內分佈之圖表。

第 4 圖係顯示隨結晶位置和 V/G 值變化之 OSF 範圍之圖表。

[ 圖號說明 ]

100	矽單結晶晶圓準備
102	熱處理
104	磊晶成長

**肆、中文發明摘要**

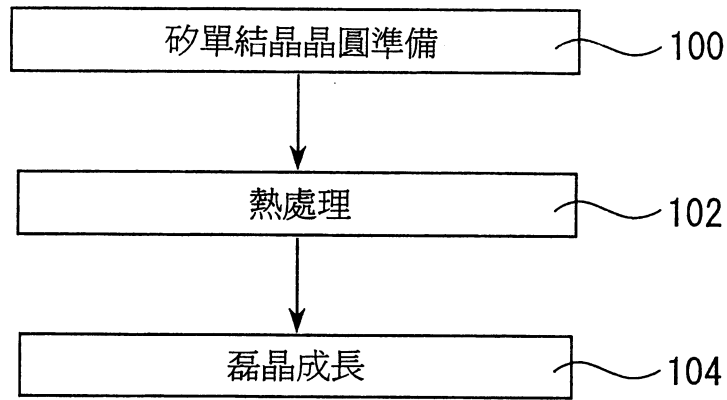
發明名稱：磊晶矽晶圓及其製造方法

本發明是提供在晶圓全面具有良好的 IG 能力之磊晶矽晶圓及其製造方法。本發明係在晶圓全面具有良好之吸氣能力之磊晶矽晶圓，在磊晶成長後之矽單結晶基板內部所檢測出之氧析出物密度，在晶圓面內之任何位置皆為  $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  以上。

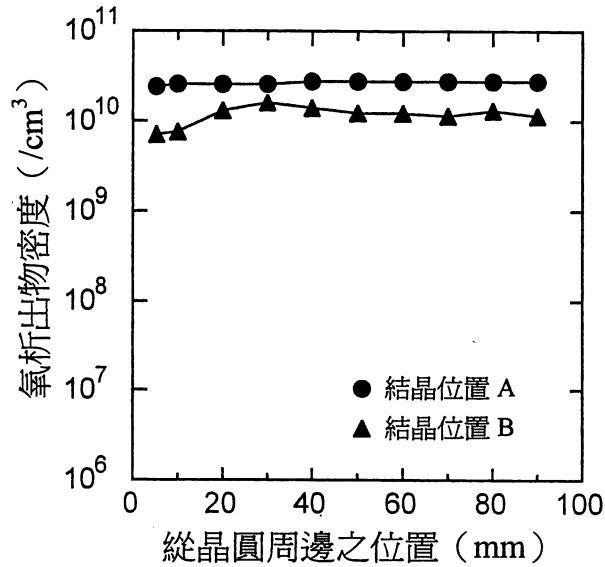
**伍、英文發明摘要**

發明名稱：

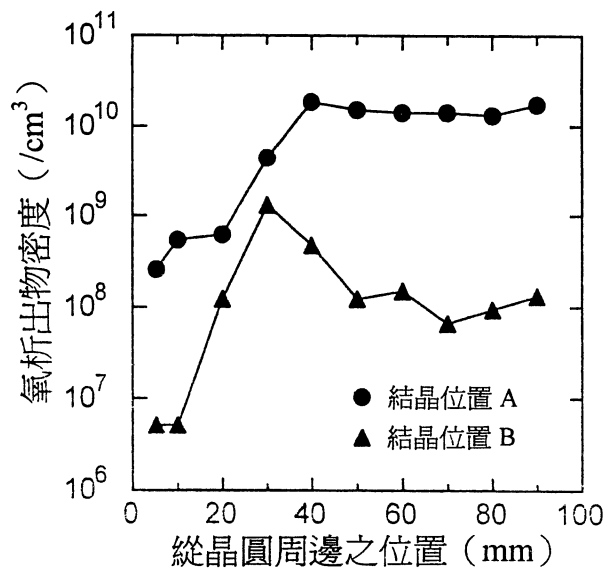
第 1 圖



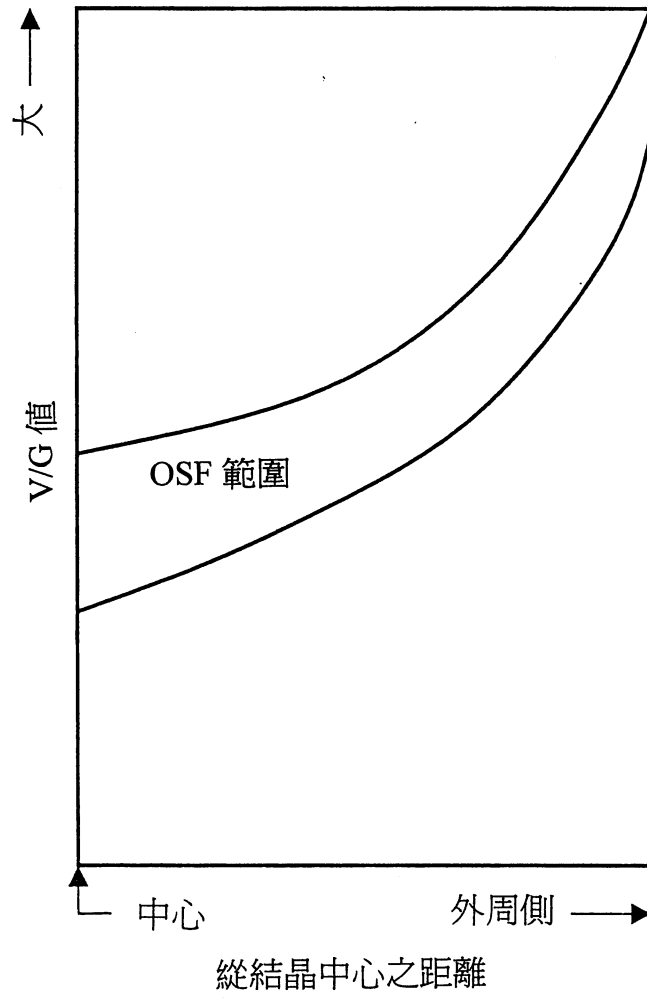
第 2 圖



第 3 圖



第4圖



- 陸、(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：

100	矽單結晶晶圓準備
102	熱處理
104	磊晶成長

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

97年4月10日修(更)正替換頁

## 拾、申請專利範圍

第 92101499 號 專利 申請 案

中文 申請 專利 範圍 修正 本

民國 97 年 4 月 10 日 修正

1. 一種磊晶矽晶圓，係在晶圓全面具有良好之吸氣能力之磊晶矽晶圓，其特徵為：

在磊晶成長後之矽單結晶基板內部所檢測出之氧析出物密度，在晶圓面內之任何位置皆為  $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  以上上述磊晶成長前之上述矽單結晶基板係具有在矽單結晶之培養製程所形成之 Grown-in 析出核，且在氧化性環境下於熱處理時，積層缺陷不產生環狀之矽單結晶基板。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之磊晶矽晶圓，其中上述磊晶成長前之上述矽單結晶基板係硼添加基板，且電阻率為  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$  以下。

3. 一種磊晶矽晶圓之製造方法，係在晶圓全面具有良好之吸氣能力之磊晶矽晶圓之製造方法，其特徵為：具有在矽單結晶之培養製程所形成之 Grown-in 析出核，且將在氧化性環境下於熱處理時，積層缺陷不產生環狀之矽單結晶晶圓作為基板，在對該基板施予使 Grown-in 析出核成長之熱處理後，進行磊晶成長。

4. 如申請專利範圍第 3 項所記載之磊晶矽晶圓之製造方法，其中上述基板係電阻率為  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$  以下之硼添加基板。