

(21)申請案號：102138096

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/205 (2006.01)*

(30)優先權：2012/10/31 南韓 10-2012-0122005

2012/11/30 南韓 10-2012-0137988

(71)申請人：L G 伊諾特股份有限公司 (南韓) LG INNOTEK CO., LTD. (KR)
南韓

(72)發明人：姜石民 KANG, SEOK-MIN (KR)；金知慧 KIM, JI-HYE (KR)

(74)代理人：林坤成；劉紀盛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：10 共 29 頁

(54)名稱

磊晶晶圓

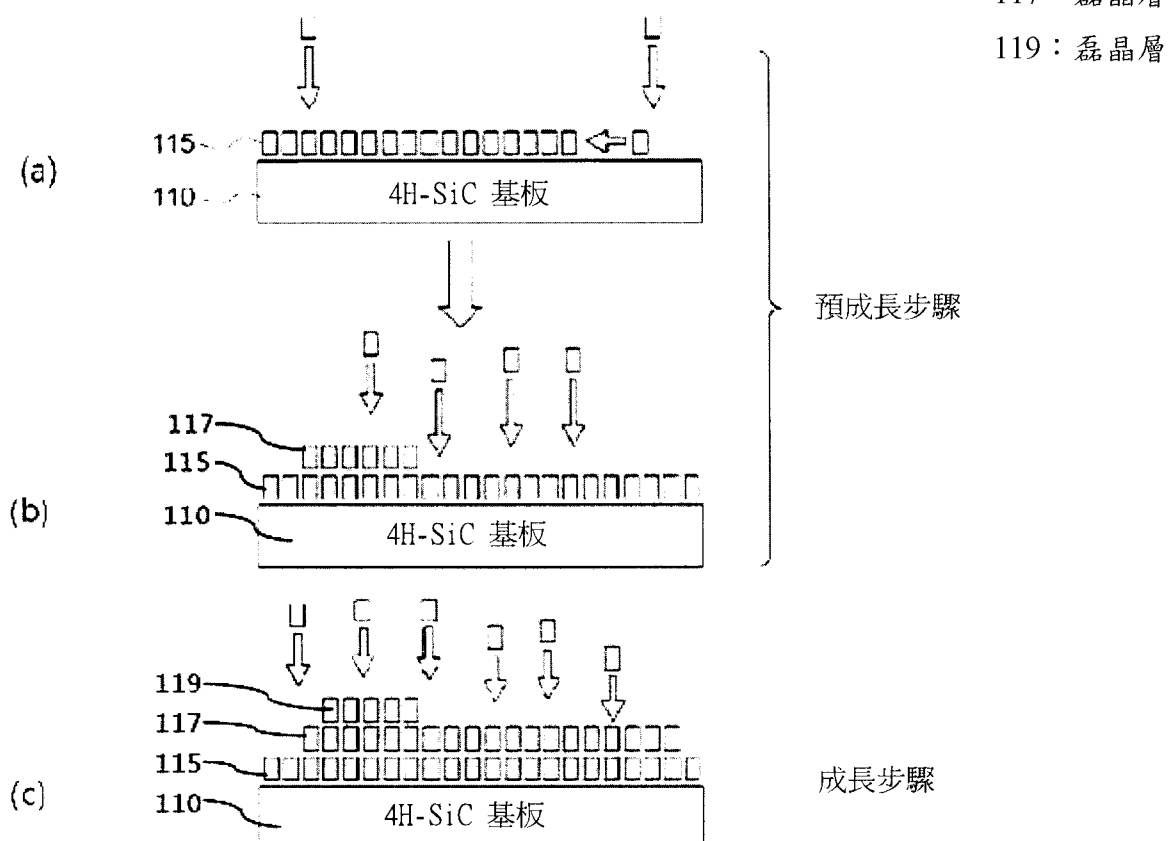
EPITAXIAL WAFER

(57)摘要

本發明揭示一種磊晶晶圓，其包含：一基板；以及一磊晶結構，設置於該基板上；其中，該磊晶結構可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質，且其摻雜質均勻性小於或等於 10%。

第1圖

反應氣體的通入流量控制



(21)申請案號：102138096

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 22 日

(51)Int. Cl.: H01L21/205 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/31 南韓 10-2012-0122005

2012/11/30 南韓 10-2012-0137988

(71)申請人：L G 伊諾特股份有限公司 (南韓) LG INNOTEK CO., LTD. (KR)
南韓

(72)發明人：姜石民 KANG, SEOK-MIN (KR)；金知慧 KIM, JI-HYE (KR)

(74)代理人：林坤成；劉紀盛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：10 共 29 頁

(54)名稱

磊晶晶圓

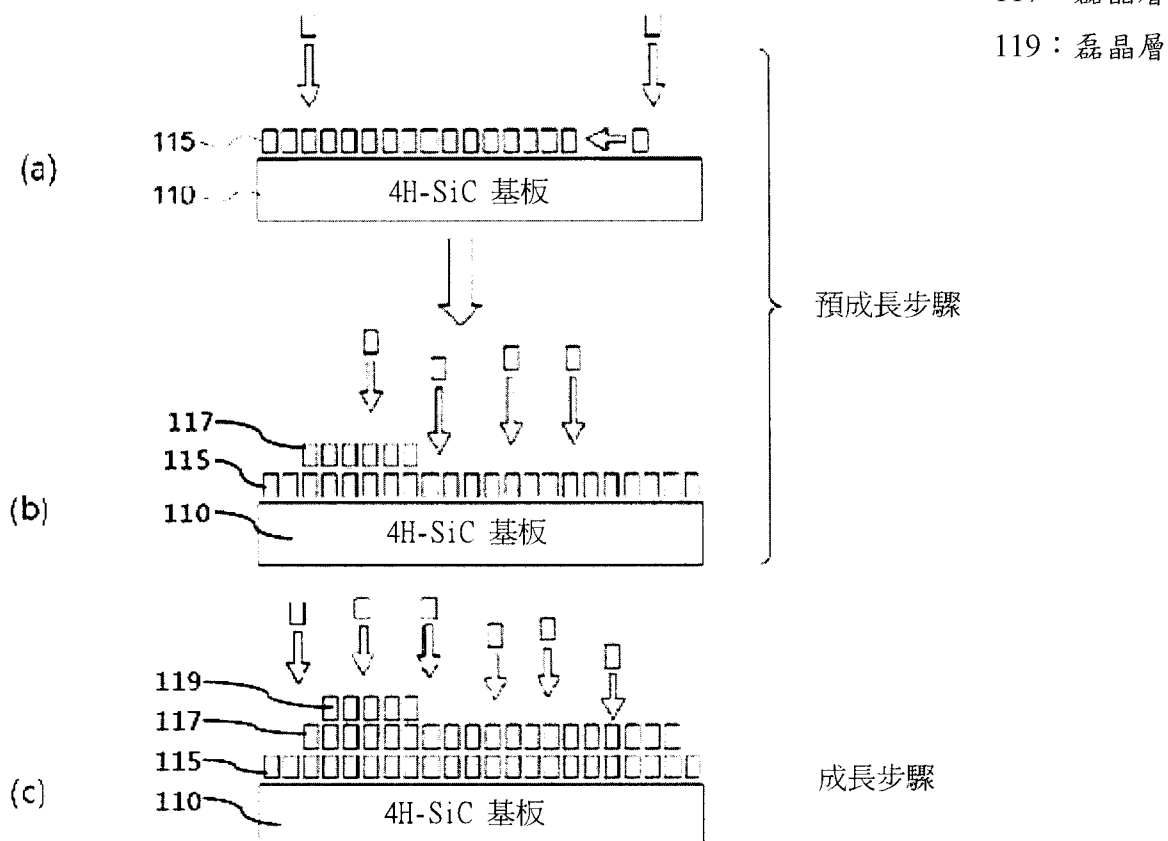
EPITAXIAL WAFER

(57)摘要

本發明揭示一種磊晶晶圓，其包含：一基板；以及一磊晶結構，設置於該基板上；其中，該磊晶結構可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質，且其摻雜質均勻性小於或等於 10%。

第1圖

反應氣體的通入流量控制



發明摘要

※ 申請案號：102138096

※ 申請日：102.10.22

※ I P C 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

H01L21/205 (2006.01)

磊晶晶圓/ Epitaxial Wafer

【中文】

本發明揭示一種磊晶晶圓，其包含：一基板；以及一磊晶結構，設置於該基板上；其中，該磊晶結構可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質，且其摻雜質均勻性小於或等於 10%。

【英文】

Disclosed is an epitaxial wafer including a substrate and an epitaxial structure disposed on the substrate, wherein the epitaxial structure is doped with an n-type or p-type dopant and has a doping uniformity of 10% or less.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

110 基板

115、117、119 磊晶層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

磊晶晶圓/ Epitaxial Wafer

【技術領域】

本發明係關於一種磊晶晶圓。

【先前技術】

磊晶成長通常包含化學氣相沉積製程。在磊晶成長中，氣態相/液態相/固態相的矽複合材料會被移至單晶矽晶圓(或基板)的表面，並同時加熱晶圓，使得矽複合材料發生熱分解效應。此時，藉由單晶體結構的連續成長，矽薄層可形成於該單晶矽晶圓上，因而製作成磊晶晶圓。倘若所製成的磊晶晶圓具有特定極性，例如，N 型或 P 型，則該磊晶成長製程會通入特定的摻雜氣體於反應腔體中。

對於上述被摻雜的磊晶晶圓，其摻雜質均勻性(doping uniformity)必須滿足其設計規格所訂定的允許誤差。因此，習知技術曾提出晶圓及其上的緩衝層與主動層之摻雜質濃度彼此不同，且該緩衝層的摻雜質濃度高於該主動層的摻雜質濃度。然而，其摻雜質均勻性卻未能滿足目前或將來的要求。

【發明內容】

因此，本發明提供一高品質的磊晶晶圓，以改善其摻雜質均勻性，並展現良好的特性及產出率。

為達成此目的，根據本發明的實施例，一種磊晶晶圓包含：一基板；以及一磊晶結構，設置於該基板上；其中，該磊晶結構可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質，且其摻雜質均勻性小於或等於 10 %。上述的摻雜質均勻性亦可小於或等於 9 %。

該磊晶晶圓的摻雜質均勻性可以是自其中央至其邊緣的摻雜質均勻性。

該磊晶結構可包含一第一磊晶層及一設置於該第一磊晶層之上的第二磊晶層。

該第一磊晶層可設置於該基板與該第二磊晶層之間，藉以抑制該磊晶晶圓因施以電壓而致的漏電流。

該第一磊晶層可設置於該基板與該第二磊晶層之間，藉以減小該基板與該第二磊晶層之間的晶格不匹配，亦因而減少該第二磊晶層的表面缺陷。

該第二磊晶層的表面缺陷密度可小於或等於 $0.5/\text{cm}^2$ 。

該第一磊晶層與該第二磊晶層可具有相同的材質。

該第一磊晶層可被摻雜以一第一摻雜質濃度，該第二磊晶層可被摻雜以一第二摻雜質濃度，且該第一摻雜質濃度大於該第二摻雜質濃度。

該基板可為碳化矽基板，且該第一磊晶層與該第二磊晶層都可含有碳化矽。

該第一磊晶層與該第二磊晶層都可被摻雜以含有氮化碳矽(SiCN)的 N 型摻雜質，或者是該第一磊晶層與該第二磊晶層都可被摻雜以含有碳化矽鋁(AlSiC)的 P 型摻雜質。

該第一磊晶層的厚度可小於或等於 $1.0\ \mu\text{m}$ 。

該第一磊晶層的厚度可介於 $0.5\ \mu\text{m}$ 與 $1.0\ \mu\text{m}$ 之間。

根據另一實施例，一半導體元件包含該磊晶晶圓、以及設置於該第二磊晶層上的源極及汲極。

該半導體元件可以是金氧半場效電晶體(MOSFET)。

根據本發明另一實施例，一種製造磊晶晶圓的方法，該磊晶晶圓具有一設置於一基板上的磊晶結構，該方法可包含：放置該基板於一反應腔體中；以及藉由同時旋轉該基板及通入一包含成長氣體與摻雜氣體的反應氣體於該反應腔體，摻雜及成長該磊晶結構。

該成長氣體可包含矽及碳，該摻雜氣體中的來源氣體(其包含摻雜於該磊晶結構的摻雜質)之稀釋比例可依據該磊晶結構的碳/矽比例來決定。

當該碳/矽比例大於或等於 1 時，該來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/100 與 1/10 之間。此外，當該碳/矽比例小於 1 時，該

來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/70 與 1/30 之間。

該摻雜氣體可包含來源氣體及稀釋氣體，且該來源氣體之稀釋比例可表示為：

$$\text{來源氣體之稀釋比例} = \frac{\text{通入反應腔體的摻雜氣體通量}}{\text{來源氣體通量} \times (\text{來源氣體通量} + \text{稀釋氣體通量})}$$

當該反應氣體通入該反應腔體時，該基板的旋轉速度可設定介於 50 rpm 與 100 rpm 之間或是 50 rpm 與 70 rpm 之間。

該磊晶結構的成長可包含：成長該第一磊晶層於該基板上，以及成長該第二磊晶層於該第一磊晶層上，其中該第一磊晶層的成長步驟與該第二磊晶層的成長步驟係連續進行，兩步驟之間並沒有中斷。

該第一磊晶層係以第一成長速度來成長，該第二磊晶層係以第二成長速度來成長，且該第一成長速度可小於該第二成長速度。

在該第一磊晶層的成長過程中，該磊晶結構的碳/矽比例被控制在 0.7 與 1 之間；而在該第二磊晶層的成長過程中，該碳/矽比例被控制在大於或等於 1。

在該第一磊晶層的成長過程中，包含於該反應氣體中的該成長氣體、該摻雜氣體及該稀釋氣體被通入該反應腔體中，其通入率可以下列方程式來定義，並滿足介於 1/45 min/Mℓ 與 1/10 min/Mℓ 之間。

$$\text{通入率} = \frac{\text{通入反應腔體的反應氣體通量}}{\text{摻雜氣體通量} \times (\text{摻雜氣體通量} + \text{稀釋氣體通量})}$$

在該第二磊晶層的成長過程中，包含於該成長氣體及該稀釋氣體被通入該反應腔體中，其通入率滿足介於 1/20 min/Mℓ 與 1 min/Mℓ 之間。

在該第一磊晶層的成長過程中，該反應氣體中的該成長氣體流量與該稀釋氣體流量之比例可介於 1/4000 與 1/3000 之間；在該第二磊晶層的成長過程中，該反應氣體中的該成長氣體流量與該稀釋氣體流量之比例可控制為介於 1/1000 與 1/600 之間。

在該第一磊晶層的成長過程中，該碳/矽比例可介於 0.5 與 0.8 之間；在該第二磊晶層的成長過程中，該碳/矽比例可介於 0.8 與 1.2 之間；且該磊晶結構的成長溫度介於 1600°C 與 1650°C 之間、壓力介於 70 mbar 與 120 mbar 之間。

該摻雜氣體可包含氮氣，且該稀釋氣體可包含氫氣。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓製造方法之示意圖，其包含該磊晶晶圓在不同步驟(a)、(b)、(c)時的剖面圖。

第 2 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓製造方法之流程圖。

第 3 圖為磊晶晶圓的摻雜質均勻性之測試結果圖，該磊晶晶圓係根據本發明實施例的方法所製造的。

第 4 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓之剖面示意圖。

第 5 圖為根據本發明另一實施例的磊晶晶圓的剖面示意圖。

第 6 圖為根據此另一實施例的磊晶晶圓製造方法之流程圖。

第 7 圖及第 8 圖為根據本實施例所磊晶成長及摻雜的緩衝層及主動層之樣本。

第 9 圖及第 10 圖為根據其他方式磊晶成長及摻雜的緩衝層及主動層之比較樣本。

【實施方式】

為對本發明之特徵、目的及功能有更進一步的認知與瞭解，茲配合圖式詳細說明本發明的實施例如後。在所有的說明書及圖示中，將採用相同的元件編號以指定相同或類似的元件。

在各個實施例的說明中，當一元素被描述是在另一元素之「上方/上」或「下方/下」，係指直接地或間接地在該另一元素之上或之下的情況，其可能包含設置於其間的其他元素；所謂的「直接地」係指其間並未設置其他中介元素。「上方/上」或「下方/下」等的描述係以圖式為基準進行說明，但亦包含其他可能的方向轉變。所謂的「第一」、「第二」、及「第三」係用以描述不同的元素，這些元素並不因為此類謂辭而受到限制。為了說明上的便利和明確，圖式中各元素的厚度或尺寸，係以誇張或省略或概略

的方式表示，且各元素的尺寸並未完全為其實際的尺寸。

本發明係關於一種磊晶晶圓以及其製造方法，該磊晶晶圓自其中央至其邊緣的摻雜質均勻性(doping uniformity)小於或等於 10%，特別是可進而小於或等於 9%。

上述所謂該磊晶晶圓的摻雜質均勻性係指摻雜質濃度的標準差相對於其平均值的百分比，其可以表示成下列方程式 1：

$$\text{摻雜質均勻性}(\%) = \frac{\alpha}{\text{mean}} \times 100 \quad (1)$$

其中，「mean」表示摻雜質濃度的平均值，且「 α 」表示摻雜質濃度的標準差(standard deviation)。摻雜質均勻性(%)的值愈小表示摻雜質愈均勻。

根據本實施例，該磊晶晶圓的摻雜質均勻性之狀況可藉由摻雜程序中的製程參數來加以改善，例如，溫度、壓力、碳/矽比例(C/Si ratio)、矽/氫氣(Si/H₂)比例、基板或晶圓的旋轉速度、摻雜氣體(doping gas)的稀釋比例、稀釋氣體(diluent gas)對來源氣體(source gas)的比例、及其它類似參數。

在上述的製程參數中，對應於所通入摻雜氣體的實際摻雜質，該來源氣體的稀釋比例可能是改善摻雜質均勻性的最重要參數。因此，我們將以實施例來揭露一種磊晶晶圓的製造方法，其係藉由該來源氣體的稀釋比例來改善摻雜質均勻性。以下，本發明實施例將配合本說明書所附之圖式來描述該磊晶晶圓及其製造方法。

根據本實施例，一磊晶晶圓可自其中央至其邊緣被均勻地摻雜，使得其摻雜質均勻性可小於或等於 10%的範圍。因此，在所通入的摻雜氣體中，該來源氣體的稀釋比例可依據碳/矽比例而加以適當的控制，且基板的旋轉速度亦可從而被適當地控制。

第 1 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓製造方法之示意圖，其包含該磊晶晶圓在不同步驟(a)、(b)、(c)時的剖面圖。第 2 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓製造方法 200A 之流程圖。

在此，該方法 200A 用以製造如第 2 圖所示的磊晶晶圓，並搭配第 1 圖之不同步驟(a)、(b)、(c)時的剖面圖來加以描述；但本實施例不限制於第 1 圖所示之剖面圖。

根據本實施例，一基板 110 被放置於一反應腔體(未圖示)中，如第 1 圖之(a)所示，這對應第 2 圖之步驟 210。在此，該基板 110 可以是半導體基板，例如，碳化矽基(SiC-based)的基板。此外，該基板 110 亦可以是如第 1 圖所示 4H-碳化矽(4H-SiC)基板；但本實施例並不以此為限制。換言之，除了該 4H-碳化矽基板 110 之外，亦可以依據本實施例最後會形成於該磊晶晶圓上的元件或產品而選用 6H-碳化矽、3C-碳化矽、或 15R-碳化矽基板。

在步驟 210 之後，一反應氣體(或反應源)會被通入該反應腔體，且該基板 110 會被旋轉，藉以在該基板 110 上成長磊晶層 115、117、119，這對應第 2 圖之步驟 220 至 240。

在此，一磊晶結構可包含複數個磊晶層 115、117、119；但本實施例並不以此為限制。當一特定物質的材料成長於該基板 110 上而形成一薄片層(未圖示)，由於該基板 110 與該薄片層之間的晶格常數不匹配，該薄片層將難以有良好的可靠性。為了解決此問題，該磊晶層 115 可先形成於該基板 110 上，以作為緩衝層之用，如第 1 圖之(a)所示。該第一磊晶層 117 接著形成於該緩衝層 115 上，如第 1 圖之(b)所示。接著，該第二磊晶層 119 又形成於該第一磊晶層 117 上，如第 1 圖之(c)所示。其中，該緩衝層 115 是可以略去而不成長的。

首先，對應於第 2 圖之步驟 220，用以磊晶摻雜成長的反應氣體被通入該反應腔體。在此，該反應氣體可包含一成長氣體及一摻雜氣體，該成長氣體作為磊晶成長源之用，該摻雜氣體用以在成長過程中作為摻雜之用；但本實施例並不以此為限制。

上述的摻雜氣體可包含一來源氣體及一稀釋氣體，該來源氣體對應於實際會摻雜於該等磊晶層 115、117、119 的磊晶成長之摻雜質，該稀釋氣體用以稀釋該來源氣體；但本實施例並不以此為限制。

根據本實施例，當該反應氣體被通入該反應腔體，該基板 110 的旋轉速度以及該摻雜氣體中該來源氣體的稀釋比例會被加以控制或調整，這對應第 2 圖之步驟 230。根據如第 2 圖所示的磊晶晶圓製造方法 200A，在步驟 220 之後，會先進行步驟 230，再進行步驟 240；然而，步驟 220 至 240 是可以同時進行的。該基板 110 的旋轉速度以及該來源氣體的稀釋比例可以如下的方式來控制。

倘若上述的磊晶成長係進行於碳化矽基的基板 110 上，例如，第 1 圖所示的 4H-碳化矽基板，則一液態、氣態、或固態(或是其複合態)的含碳及矽之物質，例如， $\text{SiH}_4 + \text{C}_3\text{H}_8 + \text{H}_2$ 、MTS (CH_3SiCl_3)、TCS (SiHCl_3)、 Si_xC_x ($1 \leq x \leq 17$)、 Si_xC_y ($1 \leq x \leq 17, 1 \leq y \leq 18$)等材料，其晶格常數匹配該基板 110，可作為磊晶成長的該成長氣體之用。倘若該等磊晶層 115、117、119 係藉由上述的磊晶成長製程而形成於該基板 110 上，並被摻雜以 N 型摻雜質，則第五族的元素可用以作為該來源氣體，例如，氮氣；但本實施例並不限制該來源氣體的種類。

此外，該反應氣體可依據該基板 110 的材質及型態而加以更改，藉以於其上形成該等磊晶層 115、117、119。實際參與摻雜製程的該來源氣體亦可依據摻雜的類型(N 型或 P 型)而加以更改。為了便於描述起見，以下的說明將假設摻雜式磊晶成長(epitaxial doping- growth)係以氮氣作為來源氣體，而於碳化矽基的基板 110 上進行；但本實施例並不以此為限制。

此外，在此假設下，氫氣可作為該稀釋氣體，用以稀釋作為來源氣體的氮氣；但本實施例並不以此為限制。例如，惰性氣體(例如，氬或氦)亦可作為稀釋氣體之用。

關於第 2 圖之步驟 220 所通入的摻雜氣體，該成長氣體的稀釋比例可以表示成下列方程式 2：

$$\text{來源氣體的稀釋比例} = \frac{\text{通入反應腔體的摻雜氣體通量}}{\text{來源氣體通量} \times (\text{來源氣體通量} + \text{稀釋氣體通量})} \quad (2)$$

根據本實施例，對應於實際摻雜於該等磊晶層 115、117、119 的磊晶成長之摻雜質，被通入該反應腔體的摻雜氣體之來源氣體

的稀釋比例、可依據該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例來決定。當該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例大於或等於 1 時，倘若該來源氣體的稀釋比例小於 1/100 或大於 1/10，方程式 1 所表示的摻雜質均勻性將會惡化。因此，當該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例大於或等於 1 時，該來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/100 與 1/10 之間。

此外，當該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例小於 1 時，倘若該來源氣體的稀釋比例小於 1/70 或大於 1/30，方程式 1 所表示的摻雜質均勻性將會惡化。因此，當該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例小於 1 時，該來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/70 與 1/30 之間。

此外，該摻雜氣體可經由該反應腔體的入口而被通入，並經由其出口而被排出，藉以維持該反應腔體內該摻雜氣體的固定濃度。然而，由於在實際的操作中，靠近該入口的摻雜質濃度可能會高於靠近該出口的摻雜質濃度，因而欲於該基板 110 的整個表面(自其中央至其邊緣)上都提供均勻濃度的摻雜氣體，似乎是不可能達成的。因此，根據本實施例，在該等磊晶層 115、117、119 的成長過程中，該基板 110 亦同時被旋轉。當該基板 110 的旋轉速度小於 50 rpm 或大於 100 rpm 時，該磊晶晶圓的摻雜質均勻性將會惡化。因此，當該基板 110 的旋轉速度設定介於例如 50 rpm 與 100 rpm 之間時，供應給該基板 110 的摻雜氣體將可維持固定的濃度。

第 3 圖為根據本實施例的磊晶晶圓製造方法 200A 所製造的磊晶晶圓之摻雜質均勻性的測試結果圖；其中，X 軸代表測試樣本編號，Y 軸代表該磊晶晶圓的摻雜質均勻性。

第 3 圖所採用的測試樣本係以如上所述的來源氣體之稀釋比例以及基板 110 旋轉速度，來進行磊晶摻雜及成長。如第 3 圖所示，全部的測試樣本(共十個)之摻雜質均勻性都落在小於或等於 10% 的範圍。對於一般常用的產品，其摻雜質均勻性的典型值係小於或等於 15%，而依據本實施例所摻雜及成長的磊晶層 115、

117、119 之摻雜質均勻性已得到極佳的改善。

因此，根據如第 2 圖所示的磊晶晶圓製造方法 200A，僅僅是藉由該基板 110 旋轉速度的控制、以及依據該等磊晶層 115、117、119 的碳/矽比例而適當控制該來源氣體之稀釋比例，就可以得到絕佳的摻雜質均勻性。

在上述條件控制下的磊晶成長會持續進行，直到該磊晶層的厚度達到預設的目標值，這對應第 2 圖之步驟 240。也就是說，步驟 220 至 230 示將該等磊晶層 115、117、119 成長於該基板 110 上。

該等磊晶層 115、117、119 可以如下所述的方式，而形成於該基板 110 上。根據本實施例的磊晶晶圓製造方法 200A 可包含一預成長(pre-growth)步驟(如第 1 圖之(a)及(b)所示)以及一成長步驟(如第 1 圖之(c)所示)。

在該預成長步驟中，藉由將用以磊晶成長的反應氣體通入該反應腔體而到達該基板 110 上，該等磊晶層 115 及 117 可以預先設定的一第一成長速度及一第一成長溫度，而被成長至一預先設定的第一厚度。

在該成長步驟中，藉由將該反應氣體通入而到達該基板 110 上，該磊晶層 119 可以預先設定的一第二成長速度及一第二成長溫度，而被成長至一目標厚度。該第一成長速度小於該第二成長速度，且該成長步驟係接續該預成長步驟，兩步驟之間並沒有中斷。

例如，該第一成長速度可設定為介於 $3\text{ }\mu\text{m/h}$ 與 $5\text{ }\mu\text{m/h}$ 之間或更小；換言之，該等磊晶層 115 及 117 的成長速度每小時小於或等於 $3\text{ }\mu\text{m}$ 、或者是小於或等於 $5\text{ }\mu\text{m}$ 。該第一成長速度及該第二成長速度皆可藉由該反應氣體通入該反應腔體的流量(flux)而得到控制。

通常，當該等磊晶層 115 及 117 以過高的速度成長時，可能比較不容易形成均勻的磊晶層。因此，根據該預成長步驟，原子在該反應氣體中的移動性可藉由維持該預先設定的第一成長溫度

而得到活化，藉以提供可使磊晶層均勻成長的環境；此外，藉由降低成長速度，可以使該等原子得到足夠的時間，而能在該基板 110 上均勻分布與成長。由於該等磊晶層 115 及 117 在該磊晶層 119 形成之前，其先以該預成長步驟而成長於該基板 110 上，因此，該基板 110 與該磊晶層 119 之間的晶格不匹配得以減小，而該磊晶層 119 的表面缺陷亦因此而大量減少。

因此，該預成長步驟可視為一預備程序，用以減少磊晶成長初期之晶格不匹配所致的表面缺陷，作為輔助該成長步驟之用。因此，對於該預成長步驟所形成的磊晶層 115 及/或 117，自 $0.5\mu\text{m}$ 至 $1.0\mu\text{m}$ 範圍內的厚度是足夠的。在該預成長步驟中，所形成磊晶層 115 及/或 117 的厚度可藉由上述的第一成長溫度、第一成長速度、及成長時間而得到控制。

在該成長步驟中，該磊晶層 119 可被適當地成長於該預成長步驟所形成的該等磊晶層 115 及 117 上。該磊晶層 119 係以該第二成長速度來成長該磊晶層 119，此速度遠大於該預成長步驟的該第一成長速度，其原因為該成長步驟為該預成長步驟的後續步驟。例如，該第二成長速度可以是大大於或等於 $20\mu\text{m/h}$ ，且該第二成長溫度可設定為介於 1500°C 與 1700°C 之間的範圍內。該成長步驟會持續進行，直到該等磊晶層 115、117、119 的總厚度達到預計的目標厚度。在此，該目標厚度可依據磊晶晶圓的使用目的及其應用、最終元件或產品特徵、設計規格或其他考量而加以變動。

在如上所述的成長條件下，該預成長步驟的碳/矽比例被控制在大大於或等於 0.7，而該成長步驟的碳/矽比例被控制在大於或等於 1。因此，在該預成長步驟中，該來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/30 與 1/70 之間，且在該成長步驟中，該來源氣體的稀釋比例可設定為介於 1/10 與 1/100 之間。

根據本實施例，該成長步驟與該預成長步驟係連續進行，兩步驟之間並沒有中斷。換言之，該成長步驟與該預成長步驟係被連續地執行，其間並未停止該反應氣體的通入。上述該成長步驟的連續進行係以接下來的方法來實現。

首先，該成長步驟係於該預成長步驟之後立即進行。或者是，一中間成長步驟可插入該成長步驟與該預成長步驟之間。在該中間成長步驟中，該反應氣體亦被通入而至該基板 110 上，其所形成磊晶層的成長速度自該第一成長速度而線性地或逐步地增加至該第二成長速度。。

第 4 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓 300A 之剖面示意圖。

該磊晶晶圓 300A 包含一基板(或晶圓)310 及一設置於該基板 310 上的磊晶結構 320。該基板 310 可以是半導體基板，例如，碳化矽基(SiC-based)的基板。在此考量下，該磊晶結構 320 亦可為碳化矽的結構。該基板 310 亦可以是如第 1 圖所示基板 110。

該磊晶結構 320 可包含一第一磊晶層 322 及一第二磊晶層 324，且可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質。該第一磊晶層 322 設置於該基板 310 上，且該第二磊晶層 324 放置於該第一磊晶層 322 上。在同時旋轉該基板 310 及控制該來源氣體稀釋比例的成長製程中，該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 被磊晶成長，並藉以維持小於或等於 10% 的摻雜質均勻性。

該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 可分別對應於如第 1 圖所示之該第一磊晶層 117 及該第二磊晶層 119。在本實施例中，該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 可具有相同的組成材質，這是因為上述的該預成長步驟用以形成該第一磊晶層 322，該成長步驟用以形成該第二磊晶層 324，且該成長步驟與該預成長步驟係連續進行，其間並未停止通入該反應氣體。

由於電壓施加於該磊晶晶圓 300A 會造成的漏電流，這可藉由設置於該基板 310 與該第二磊晶層 324 之間的該第一磊晶層 322 而得到抑制。在本實施例中，該第一磊晶層 322 的厚度可小於或等於 $1.0\ \mu\text{m}$ ，例如，介於 $0.5\ \mu\text{m}$ 與 $1.0\ \mu\text{m}$ 之間。

該第二磊晶層 324 可以上述的該成長步驟而成長到該目標厚度，並具有小於或等於 $0.5/\text{cm}^2$ 的表面缺陷密度。

該基板 310 可以是碳化矽基板，且該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 可皆包含碳化矽。當該基板 310 為碳化矽基板且該

第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 皆為 N 型的導電碳化矽時，該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 的組成材質可以是氮化碳矽(SiCN)。

或者是，當該基板 310 為碳化矽基板且該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 皆為 P 型的導電碳化矽時，該第一磊晶層 322 及該第二磊晶層 324 的組成材質可以是碳化矽鋁(AlSiC)。

根據本實施例，該磊晶晶圓 300A 可具有改善至小於或等於 10% 的摻雜質均勻性，並展現高品質及高產出率。

以下為根據本發明的另一實施例，將配合本說明書所附之圖式來描述此磊晶晶圓及其製造方法。

根據此另一實施例，磊晶晶圓的摻雜質均勻性可落在小於或等於 9% 的範圍。因此，在所通入的摻雜氣體中，該來源氣體的稀釋比例可依據碳/矽比例而加以適當的控制，且基板的旋轉速度亦被適當地加以控制。

第 5 圖為根據此另一實施例的磊晶晶圓 300B 的剖面示意圖。第 6 圖為根據此另一實施例的磊晶晶圓製造方法 300A 之流程圖。

請參照第 5 圖，該磊晶晶圓 300B 包含一基板(或晶圓)330 及一設置於該基板 330 上的磊晶結構 340。

該基板 330 可以是半導體基板，如同第 1 圖所示基板 110 或第 4 圖所示基板 310。例如，該基板 330 為碳化矽基(SiC-based)的基板。此外，該基板 330 亦可依據最後會形成於該磊晶晶圓上的元件或產品、而選用不同類型之碳化矽基板，例如，4H-碳化矽、6H-碳化矽、3C-碳化矽、或 15R-碳化矽基板。

該磊晶結構 340 設置於該基板 330 上，並可被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質。該磊晶結構 340 可包含一緩衝層(或第一磊晶層)342 及一主動層(或第二磊晶層)344，其係以磊晶成長的方式來形成。

該緩衝層 342 設置於該基板 330 上，且該主動層 344 放置於該緩衝層 342 上。倘若該基板 330 為碳化矽基基板，則該緩衝層 342 及該主動層 344 可為摻雜有摻雜質的碳化矽基材料。該緩衝層 342 可被摻雜以一第一摻雜質濃度，且該主動層 344 可被摻雜以一

第二摻雜質濃度。該緩衝層 342 用以減小該基板 330 與該主動層 344 之間因晶格常數差異所造成的晶體缺陷，且該第一摻雜質濃度大於該第二摻雜質濃度。例如，該緩衝層 342 的該第一摻雜質濃度介於 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 與 $7 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 之間，該主動層 344 的該第二摻雜質濃度介於 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 與 $2 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 之間。

根據如第 5 圖及第 6 圖所示之實施例，該緩衝層 342 及該主動層 344 的摻雜質均勻性可小於或等於 9%。

倘若該基板 330 的材質為碳化矽，則該緩衝層 342 及該主動層 344 可皆包含碳化矽。例如，該緩衝層 342 及該主動層 344 皆可為 N 型的導電碳化矽，也就是氮化碳矽(SiCN)；但本實施例並不以此為限制。或者是，該緩衝層 342 及該主動層 344 皆可為 P 型的導電碳化矽，也就是碳化矽鋁(AlSiC)；但本實施例並不以此為限制。

如同第 4 圖所示的該磊晶晶圓 300A，如第 5 圖之該磊晶晶圓 300B 可應用於各種的半導體元件。

請參照第 6 圖，該基板 330 被放置於一反應腔體中，此為步驟 260，其相同於第 2 圖之步驟 210。

在步驟 260 之後，一反應氣體會被通入該反應腔體，並且同時以一預先設定的旋轉速度來轉動該基板 330，藉以在該基板 110 上成長該磊晶結構 340 並加以摻入摻雜質，這對應第 6 圖之步驟 270 至 280。

首先為步驟 270，以一預先設定的旋轉速度來轉動該基板 330，並同時通入一反應氣體進入該反應腔體，用以在該基板 330 上成長該緩衝層 342 並加以摻雜。

接著為步驟 280，以一預先設定的旋轉速度來轉動該基板 330，並同時通入一反應氣體進入該反應腔體，用以在該緩衝層 342 上成長並摻雜該主動層 344。

步驟 270 及 280 所採用的反應氣體可包含一成長氣體(或成長源)、一摻雜氣體(或者是摻雜源或來源氣體)、及一稀釋氣體，該成長氣體作為該緩衝層 342 或該主動層 344 的磊晶成長源之用，

該摻雜氣體用以在成長過程中摻入摻雜質之用，該稀釋氣體用以稀釋該摻雜氣體；但本實施例並不以此為限制。

根據本實施例，在步驟 270 及 280 中，該基板 330 的旋轉速度、該反應氣體的通入率、以及該成長氣體的稀釋比例會被加以適當地控制。該基板 330 的旋轉速度、該反應氣體的通入率、以及該成長氣體的稀釋比例可以如下的方式來控制。

例如，倘若該磊晶結構 340 係成長於碳化矽基的基板 330 上，以 4H-碳化矽基板為例，則一液態、氣態、或固態(或是其複合態)的含碳及矽之物質，例如， $\text{SiH}_4 + \text{C}_3\text{H}_8 + \text{H}_2$ 、MTS (CH_3SiCl_3)、TCS (SiHCl_3)、 Si_xC_x ($1 \leq x \leq 17$)、 Si_xC_y ($1 \leq x \leq 17, 1 \leq y \leq 18$)等材料，其晶格常數匹配該基板 330，可作為磊晶成長的成長氣體之用。

倘若該緩衝層 342 及該主動層 344 係藉由上述的磊晶成長製程而形成於該基板 330 上，並被摻雜以 N 型摻雜質，則第五族的元素可用以作為該摻雜氣體，例如，氮氣；但本實施例並不限制該摻雜氣體的種類。

此外，該成長氣體可依據該基板 330 的材質及型態而加以更改，藉以於其上形成該緩衝層 342 及該主動層 344。此外，實際參與摻雜製程的該摻雜氣體亦可依據摻雜質類型(N 型或 P 型)而加以更改。為了便於描述起見，以下的說明將假設摻雜式磊晶成長係以氮氣作為摻雜氣體，而於碳化矽基的基板 330 上進行；但本實施例並不以此為限制。

此外，在此假設下，氫氣可作為該稀釋氣體，用以稀釋作為摻雜氣體的氮氣；但本實施例並不以此為限制。例如，惰性氣體(例如，氬或氦)亦可作為稀釋氣體之用。

在步驟 270 中，倘若碳/矽比例介於 0.5 與 0.8 之間、溫度介於 1600°C 與 1650°C 之間、且壓力介於 70 mbar 與 120 mbar (毫巴)之間，則該反應氣體的通入率可控制為介於 10 Ml/min 與 45 Ml/min (毫升/分鐘)之間，且該成長氣體流量與該稀釋氣體流量的比例可控制為介於 1/4000 與 1/3000 之間，藉以成長該緩衝層 342。

在步驟 280 中，倘若碳/矽比例介於 0.8 與 1.2 之間、溫度介

於 1600°C 與 1650°C 之間、且壓力介於 70 mbar 與 120 mbar (毫巴) 之間，則該反應氣體的通入率可控制為介於 1 Mℓ/min 與 20 Mℓ/min (毫升/分鐘)之間，且該成長氣體流量與該稀釋氣體流量的比例可控制為介於 1/1000 與 1/600 之間，藉以成長該主動層 344。

該反應氣體的通入率可以下列方程式 3 來定義：

$$\text{通入率} = \frac{a_1 \times \text{通入反應腔體的反應氣體通量} + b_1}{(a_2 \times \text{摻雜氣體通量} + b_2) \times (a_3 \times \text{摻雜氣體通量} + a_4 \times \text{稀釋氣體通量} + b_3)} \quad (3)$$

其中， a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 代表正實數， b_1 、 b_2 、 b_3 代表實數。例如， $a_1=a_2=a_3=a_4=1$ 且 $b_1=b_2=b_3=0$ 。該反應氣體、該摻雜氣體、該稀釋氣體的流量單位為 Mℓ/min (毫升/分鐘)。

在該緩衝層 342 的形成過程(步驟 270)中，所通入的該反應氣體、該摻雜氣體、及該稀釋氣體可使得方程式 3 所得到的通入率介於 1/45 min/Mℓ 與 1/10 min/Mℓ 之間(也就是介於 10 Mℓ/min 與 45 Mℓ/min 之間)。

此外，在該主動層 344 的形成過程(步驟 280)中，所通入的該反應氣體、該摻雜氣體、及該稀釋氣體可使得方程式 3 所得到的通入率可介於 1/20 min/Mℓ 與 1 min/Mℓ 之間(也就是介於 1 Mℓ/min 與 20 Mℓ/min 之間)。

此外，該摻雜氣體可經由該反應腔體的入口而被通入，並經由其出口而被排出，藉以維持該反應腔體內該摻雜氣體的固定濃度。然而，由於在實際的操作中，該入口鄰近區域的摻雜質濃度可能會高於該出口鄰近區域的摻雜質濃度，因而欲於該基板 330 的整個表面(自其中央至其邊緣)上都提供均勻濃度的摻雜氣體，似乎是不可能達成的。因此，在步驟 270 及 280 中，供應給該基板 330 的摻雜氣體將會藉由適當地控制該基板 330 的旋轉速度，而得以維持固定的濃度。

例如，在步驟 270 及 280 中，該基板 330 的旋轉速度可控制介於 50 rpm 與 70 rpm 之間(也就是每分鐘轉 50 至 70 圈)。

在前面所述的條件下，摻雜式磊晶成長被施行於該基板 330

上，所得到之樣本結果可如第 7 圖至第 10 圖所示。

第 7 圖及第 8 圖為根據本實施例方式而於 4 吋基板 330 上磊晶成長及摻雜該緩衝層 342 及該主動層 344 的樣本，而第 9 圖及第 10 圖為根據其他方式磊晶成長及摻雜該緩衝層 342 及該主動層 344 的樣本，以做為比較之用。

第 7 圖及第 8 圖為該緩衝層 342 及該主動層 344 的電容-電壓分析儀(C-V meter)量測結果。第 7 圖的該緩衝層 342 之摻雜質均勻性為 8.65%，這可藉由方程式 1 而得，而第 8 圖的該主動層 344 之摻雜質均勻性為 8.62%。因此，在滿足本實施例的磊晶成長條件(包含該基板 330 的旋轉速度、該反應氣體的通入率、及該成長氣體的稀釋比例)下，可看出該緩衝層 342 及該主動層 344 的摻雜質均勻性皆小於或等於 9%。

另一方面，除了該基板 330 的旋轉速度被設定為 40 rpm 之外，該緩衝層 342 在相同的條件下進行磊晶成長及摻雜，如第 9 圖所示。此外，除了該基板 330 的旋轉速度被設為高於 70 rpm 之外，該主動層 344 在相同的條件下進行磊晶成長及摻雜，如第 10 圖所示。第 9 圖及第 10 圖為該緩衝層 342 及該主動層 344 的電容-電壓儀(C-V meter)量測結果。如第 9 圖所示，該緩衝層 342 的摻雜質濃度之平均值為 $6.79 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ ，標準差為 $2.06 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ ，且其摻雜質均勻性高達 30.35%。此外，如第 10 圖所示，該主動層 344 的摻雜質濃度之平均值為 $2.08 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ ，標準差為 $3.12 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ ，且其摻雜質均勻性高達 14.98%。

如上所述，當該基板 330 的旋轉速度被設為 40 rpm 時，則摻雜質均勻性約為 15%，但其摻雜質濃度及厚度的變動量將會增加，而導致缺陷率隨之增高。

對於一般常用的產品，其摻雜質均勻性的典型值小於或等於 15%，而依據本實施例所摻雜及成長的該磊晶結構 340 之摻雜質均勻性可得到極佳的改善。

經由上述條件控制的摻雜式磊晶成長會持續進行，直到該主動層 344 成長達到其所設計的目標厚度。

根據本實施例的磊晶晶圓製造程序，該緩衝層 342 的成長速度可低於該主動層 344 的成長速度。例如，該緩衝層 342 的成長速度可設定為介於 $1\ \mu\text{m/h}$ 與 $3\ \mu\text{m/h}$ 之間(也就是該磊晶層的成長速度為每小時介於 $1\ \mu\text{m}$ 與 $3\ \mu\text{m}$ 之間)。

通常，當磊晶成長以過高的速度進行時，可能比較不容易形成均勻的磊晶層。因此，在該緩衝層 342 的成長製程中，原子在該反應氣體中的移動性、可藉由維持該預先設定的成長速度而得到活化，藉以提供可使磊晶層均勻成長的環境；此外，降低成長速度可使該等原子得到足夠的時間，而能在該基板上均勻分布與成長。該緩衝層 342 的成長製程可有效減小晶格的不匹配及使表面缺陷大量減少。該緩衝層 342 的成長製程可視為一預備程序，用以減少該基板 330 與該主動層 344 之間的晶格不匹配及熱膨脹係數差異所致之基面錯位(basal plane dislocation)。因此，對於該緩衝層 342，自 $0.5\ \mu\text{m}$ 至 $1.0\ \mu\text{m}$ 範圍內的厚度是足夠的。

接著，該主動層 344 的成長製程以高於該緩衝層 342 成長速度的速度進行磊晶成長。例如，該主動層 344 的成長速度可大於或等於 $20\ \mu\text{m/h}$ 。該主動層 344 的成長製程會持續進行，直到該磊晶結構 340 的總厚度達到預計的目標厚度。該目標厚度可依據磊晶晶圓的使用目的及其應用、最終元件或產品特徵、設計規格或其他考量而加以變動。

根據本實施例，該緩衝層 342 的成長與該主動層 344 的成長係連續進行而沒有中斷。換言之，該緩衝層 342 成長與該主動層 344 成長係被連續地執行，其間並未停止通入該反應氣體。上述成長製程的連續進行係以接下來的方法來實現。

首先，該主動層 344 的成長係於該緩衝層 342 的成長之後立即進行。或者是，一中間成長步驟可加入該緩衝層 342 成長與該主動層 344 成長之間。在該中間成長步驟中，該反應氣體亦被通入至該基板 110 上，其所形成磊晶層的成長速度自該緩衝層 342 之成長速度而線性地或逐步地增加至該主動層 344 之成長速度。

根據本另一實施例，該磊晶晶圓 300B 的摻雜質均勻性可改善

至小於或等於 9%，並展現高品質及高產出率。

如上所述的磊晶晶圓 300A 及 300B 可應用於金氧半場效電晶體(MOSFET)。例如，可將一包含源極及汲極的歐姆接觸層、形成於根據本實施例的該緩衝層 342 及該主動層 344 之上，藉以製作金氧半場效電晶體。此外，根據本發明實施例的磊晶晶圓 300A 及 300B 亦可應用於各種類型的半導體元件。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例，當不能以之限制本發明的範圍。即大凡依本發明申請專利範圍所做之均等變化及修飾，仍將不失本發明之要義所在，亦不脫離本發明之精神和範圍，故都應視為本發明的進一步實施狀況。

【符號說明】

110、310、330 基板

115、117、119 磊晶層

320、340 磊晶結構

322 第一磊晶層

324 第二磊晶層

342 緩衝層

344 主動層

200A、200B 方法

210、220、230、240、260、270、280 步驟

【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。

【序列表】(請換頁單獨記載)

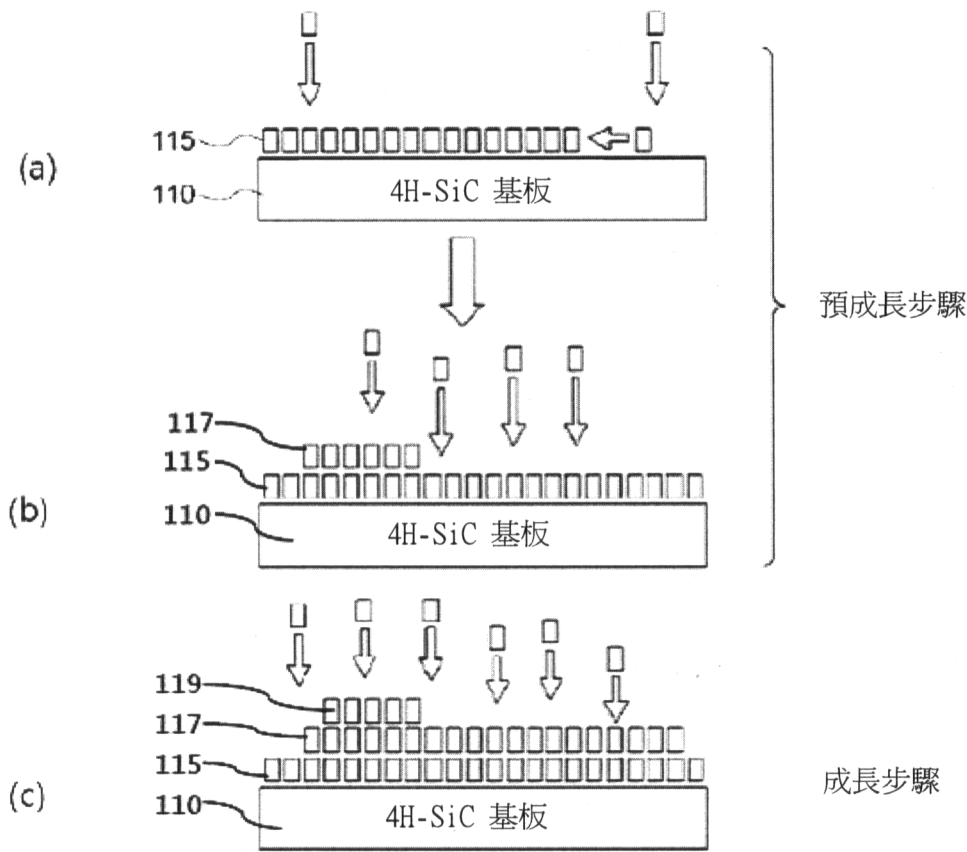
申請專利範圍

1. 一種磊晶晶圓，其包括
一基板；以及
一磊晶結構，設置於該基板上；
其中，該磊晶結構被摻雜以 N 型或 P 型摻雜質，且其摻雜質均勻性(doping uniformity)小於或等於 10%。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之磊晶晶圓，其中，該磊晶晶圓的摻雜質均勻性係指自其中央至其邊緣的摻雜質均勻性。
3. 如申請專利範圍第 1 及 2 項之任意一者所述之磊晶晶圓，其中，該磊晶結構包含一第一磊晶層及一設置於該第一磊晶層之上的第二磊晶層。
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之磊晶晶圓，其中，該第二磊晶層的表面缺陷密度小於或等於 $0.5/\text{cm}^2$ 。
5. 如申請專利範圍第 3 項所述之磊晶晶圓，其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層具有相同的材質。
6. 如申請專利範圍第 3 項所述之磊晶晶圓，其中，該第一磊晶層被摻雜以一第一摻雜質濃度，該第二磊晶層被摻雜以一第二摻雜質濃度，且該第一摻雜質濃度大於該第二摻雜質濃度。
7. 如申請專利範圍第 3 項所述之磊晶晶圓，其中，該基板為一碳化矽基板，且該第一磊晶層與該第二磊晶層都含有碳化矽。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之磊晶晶圓，其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層都被摻雜以含有氮化碳矽(SiCN)的 N 型摻雜質。
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之磊晶晶圓，其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層都被摻雜以含有碳化矽鋁(AlSiC)的 P 型摻雜質。
10. 如申請專利範圍第 3 項所述之磊晶晶圓，其中，該第一磊晶層的厚度小於或等於 $1.0\ \mu\text{m}$ 。

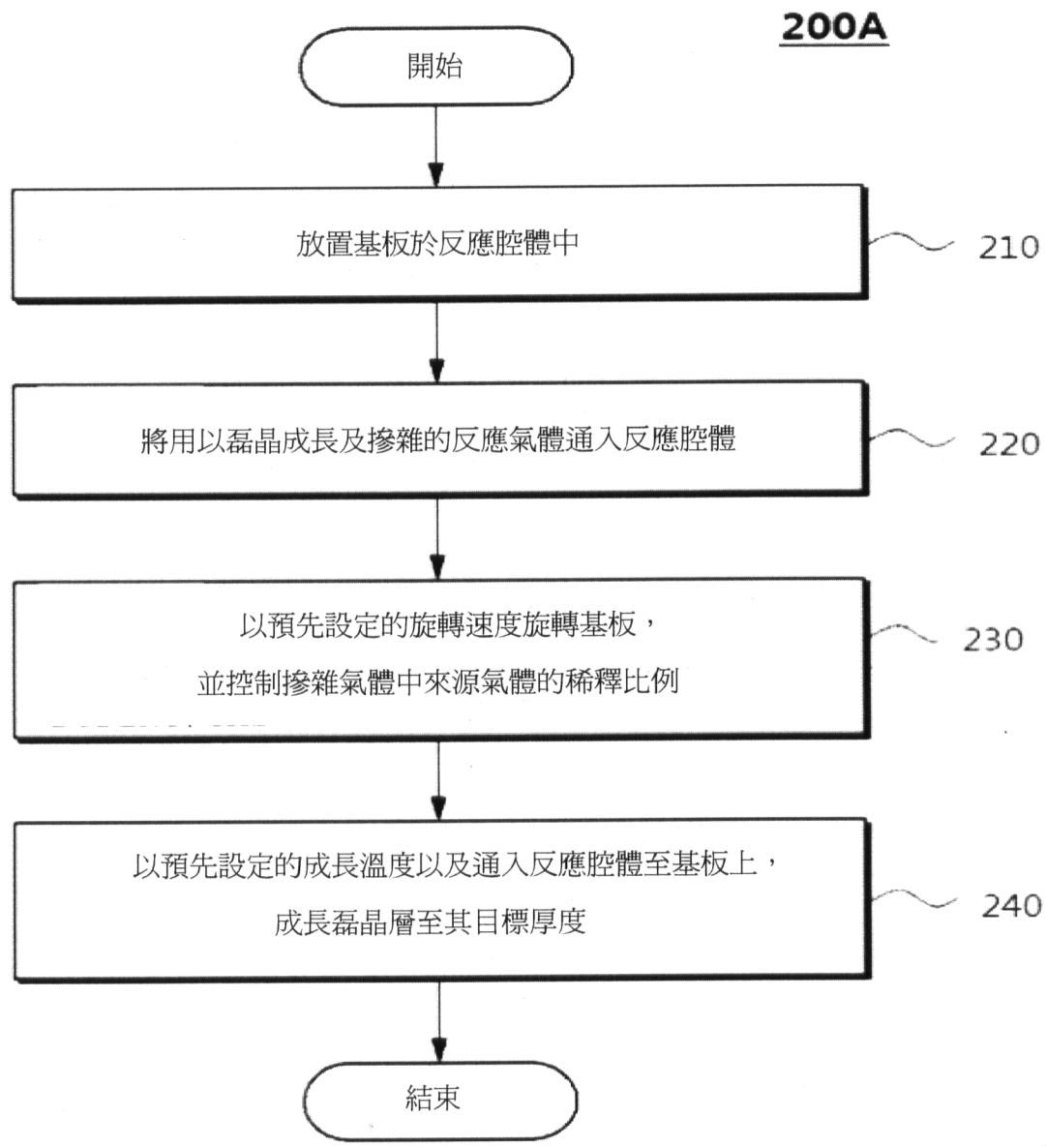
圖式

第1圖

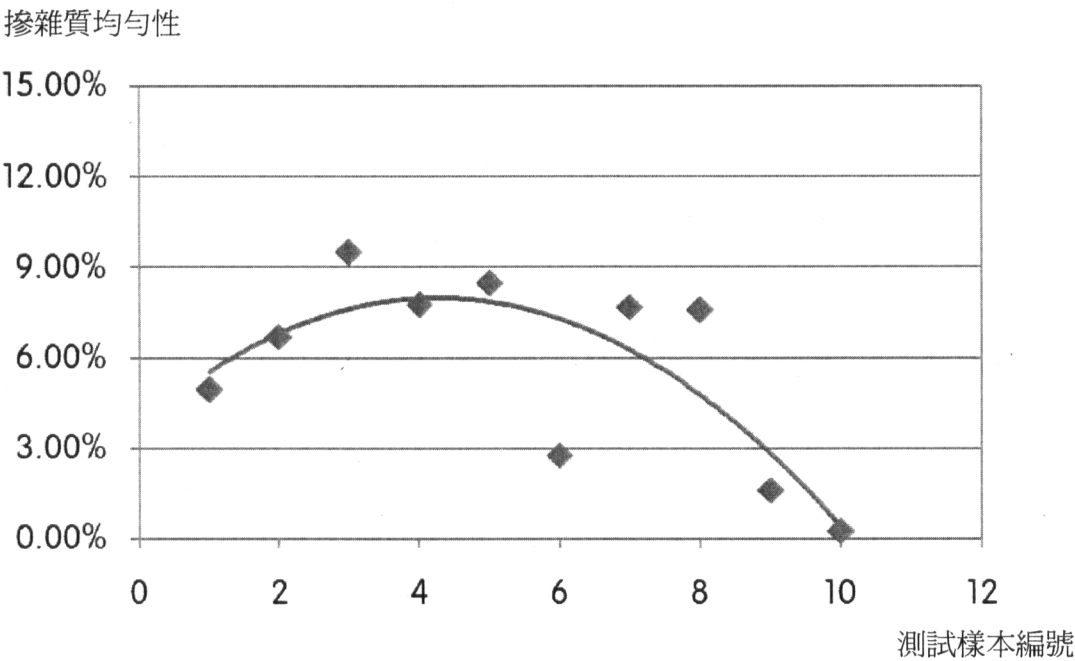
反應氣體的通入流量控制



第 2 圖

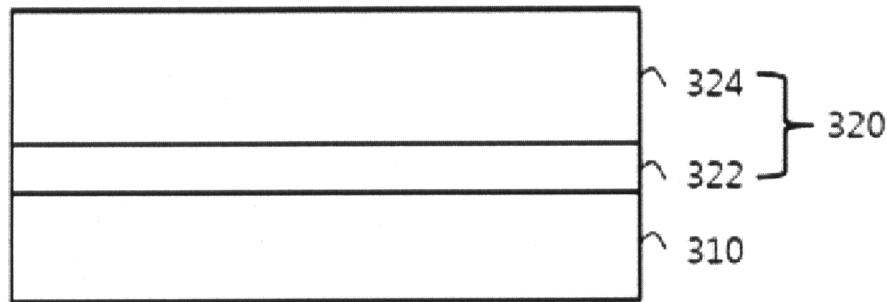


第 3 圖



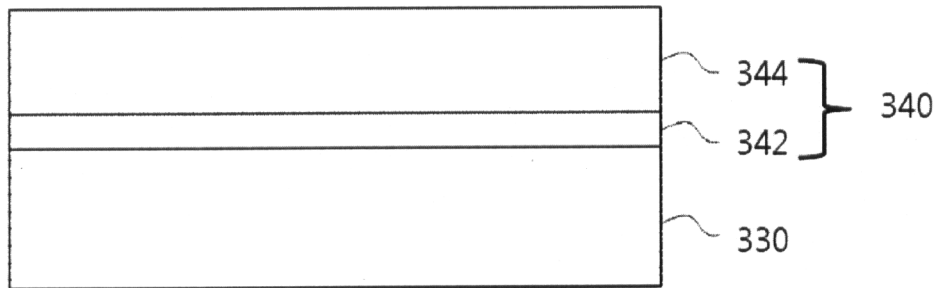
第 4 圖

300A

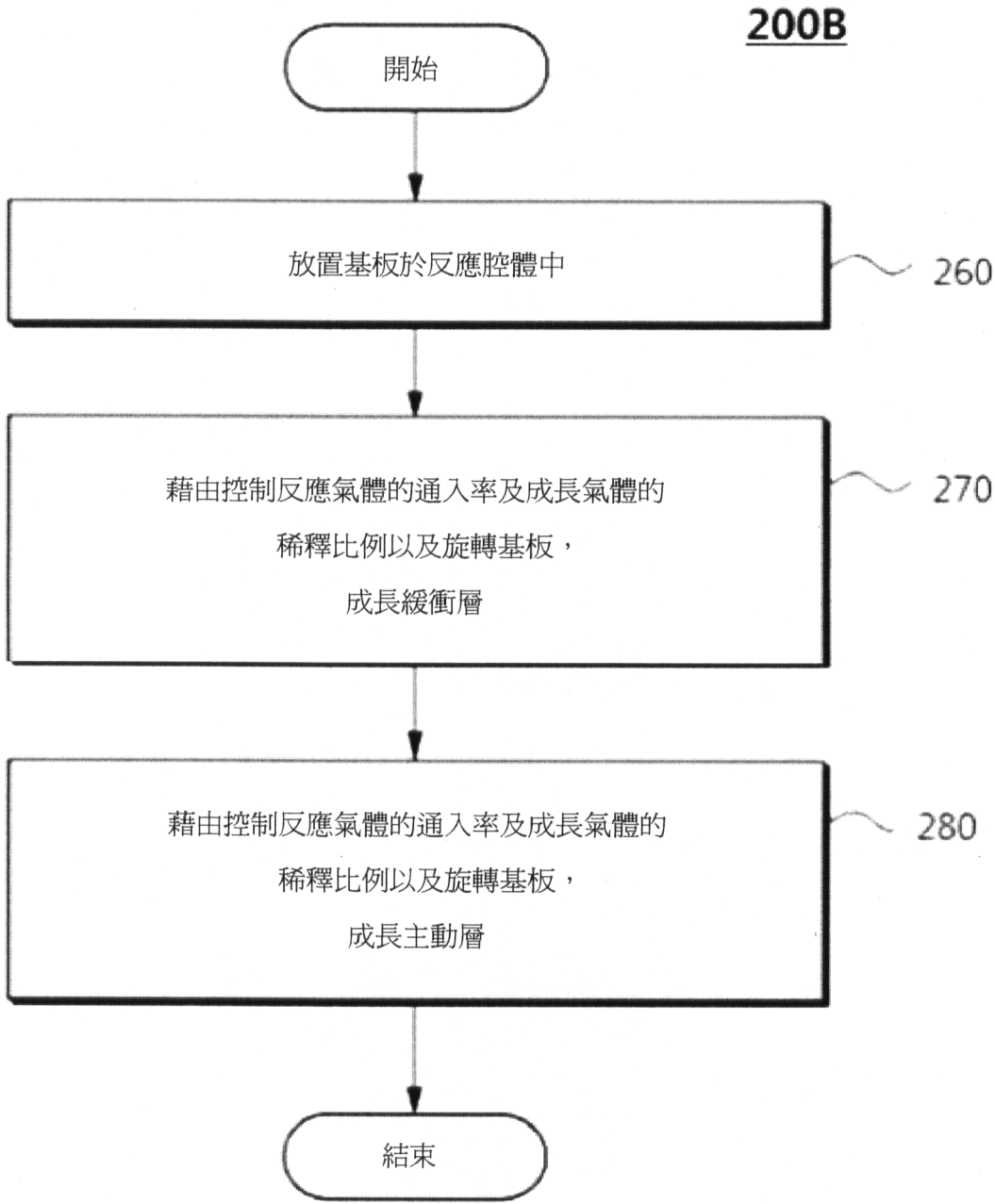


第 5 圖

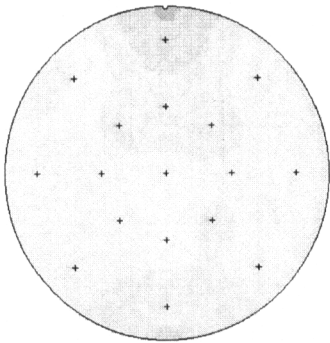
300B



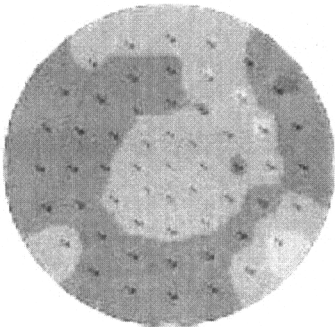
第 6 圖



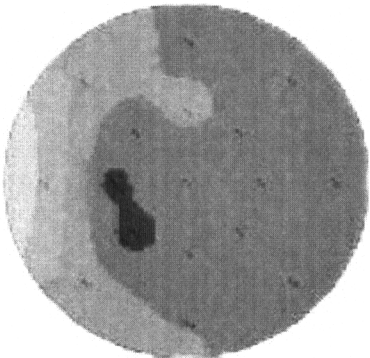
第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖

