



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201417150 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：102138097

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 22 日

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

H01L21/22 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/31 南韓

10-2012-0122004

2012/10/31 南韓

10-2012-0122006

(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)

(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：9 共 30 頁

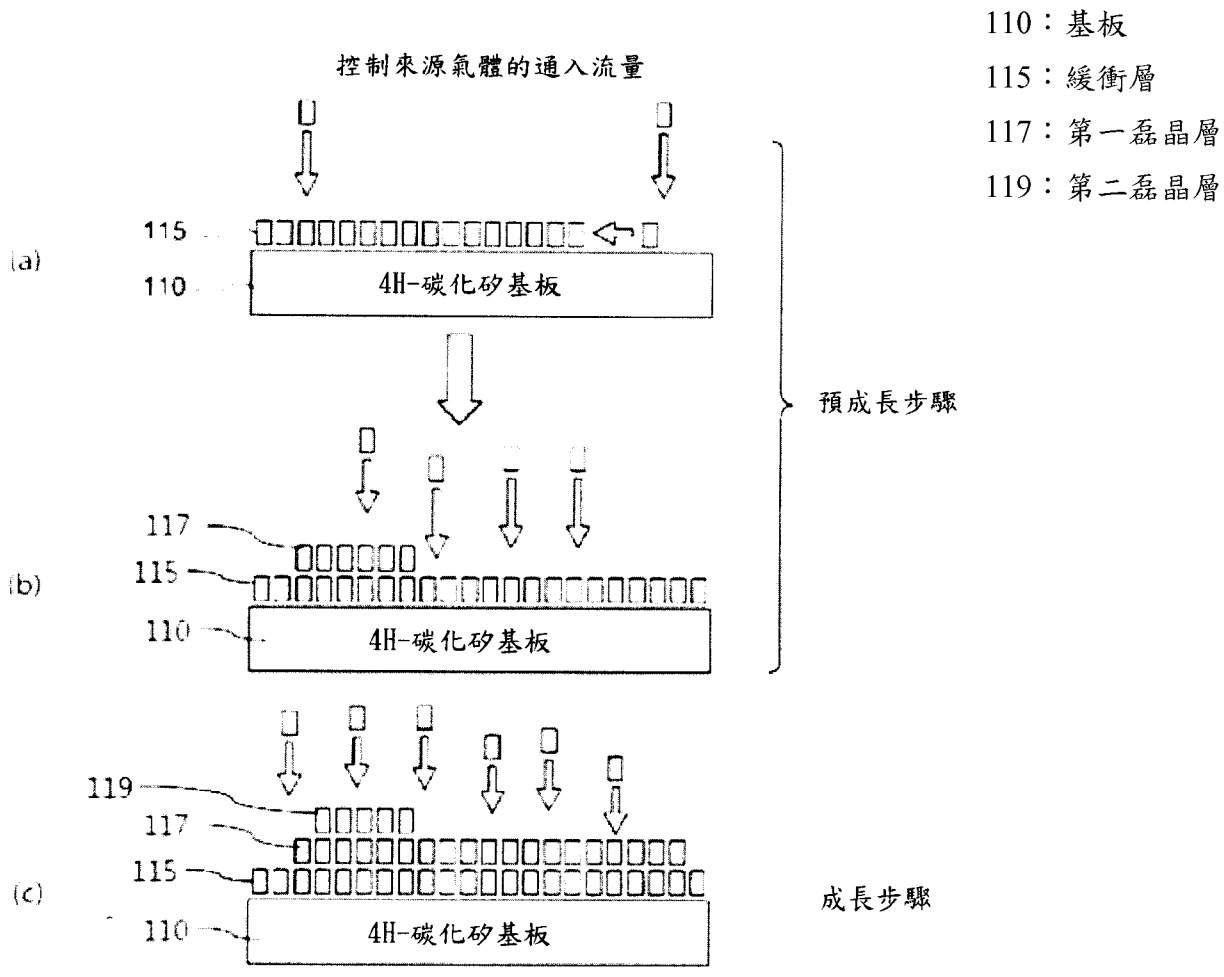
(54)名稱

磊晶晶圓

EPITAXIAL WAFER

(57)摘要

本發明揭示一種磊晶晶圓包含一基板以及一設置於該基板上的磊晶結構；其中，該磊晶結構包含：一第一磊晶層；一第二磊晶層，設置於該第一磊晶層上；及一第三磊晶層，設置於該第一磊晶層與該第二磊晶層之間，該第三磊晶層在鄰接該第一磊晶層的第一邊界附近具有一第一摻雜質濃度，且在鄰接該第二磊晶層的第二邊界附近具有一第二摻雜質濃度，其中該第一摻雜質濃度不等於該第二摻雜質濃度。



第1圖



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201417150 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：102138097

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 22 日

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

H01L21/22 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/31 南韓

10-2012-0122004

2012/10/31 南韓

10-2012-0122006

(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)

(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：9 共 30 頁

(54)名稱

磊晶晶圓

EPITAXIAL WAFER

(57)摘要

本發明揭示一種磊晶晶圓包含一基板以及一設置於該基板上的磊晶結構；其中，該磊晶結構包含：一第一磊晶層；一第二磊晶層，設置於該第一磊晶層上；及一第三磊晶層，設置於該第一磊晶層與該第二磊晶層之間，該第三磊晶層在鄰接該第一磊晶層的第一邊界附近具有一第一摻雜質濃度，且在鄰接該第二磊晶層的第二邊界附近具有一第二摻雜質濃度，其中該第一摻雜質濃度不等於該第二摻雜質濃度。

發明摘要

※ 申請案號：102138097

※ 申請日：

102.10.22

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

磊晶晶圓/Epitaxial Wafer

H01L21/205

(2006.01)

【中文】

H01L21/205

(2006.01)

本發明揭示一種磊晶晶圓包含一基板以及一設置於該基板上的磊晶結構；其中，該磊晶結構包含：一第一磊晶層；一第二磊晶層，設置於該第一磊晶層上；及一第三磊晶層，設置於該第一磊晶層與該第二磊晶層之間，該第三磊晶層在鄰接該第一磊晶層的第一邊界附近具有一第一摻雜質濃度，且在鄰接該第二磊晶層的第二邊界附近具有一第二摻雜質濃度，其中該第一摻雜質濃度不等於該第二摻雜質濃度。

【英文】

Disclosed is an epitaxial wafer including a substrate, and an epitaxial structure disposed on the substrate, wherein the epitaxial structure includes a first epitaxial layer, a second epitaxial layer disposed on the first epitaxial layer, and a third epitaxial layer disposed between the first epitaxial layer and the second epitaxial layer, the third epitaxial layer having a first doping concentration around a first boundary adjacent to the first epitaxial layer and a second doping concentration different from the first doping concentration around a second boundary adjacent to the second epitaxial layer.

【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 緩衝層

117 第一磊晶層

119 第二磊晶層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

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，氣相/液相/固相的矽複合材料會被送到單晶矽晶圓(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。在此情況中，出現在晶圓表面的聚集矽會造成例如晶格不匹配的缺陷，而可能直接影響磊晶晶圓的品質。

此外，由於單晶結構的連續成長，出現在晶圓表面的缺陷也會繼續成長，而衍生其他的晶體缺陷，也就是磊晶層上會形成成長缺陷(growth defects)，例如，磊晶堆疊缺陷(其長度約為 0.1 μm 至 10 μm)及山丘狀的表面缺陷。

【發明內容】

因此，本發明提供一種表面缺陷密度被減量的磊晶晶圓，其並展現良好的特性及產出率。

根據本發明的實施例，一種磊晶晶圓包含一基板以及一設置於該基板上的磊晶結構；其中，該磊晶結構包含：一第一磊晶層；一第二磊晶層，設置於該第一磊晶層上；及一第三磊晶層，設置於該第一磊晶層與該第二磊晶層之間，該第三磊晶層在鄰接該第一磊晶層的第一邊界附近具有一第一摻雜質濃度，且在鄰接該第二磊晶層的第二邊界附近具有一第二摻雜質濃度，其中該第一摻雜質濃度不等於該第二摻雜質濃度。

其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層可具有相同的組成。

其中，該第一磊晶層可設置於該基板與該第二磊晶層之間，藉以抑制因電壓施加於該磊晶晶圓所引起的漏電流。

其中，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，並進而減少該第二磊晶層的表面缺陷。

其中，該第三磊晶層在介於該第一邊界與該第二邊界之間可具有一內部摻雜質濃度，其自位於該第一邊界的該第一摻雜質濃度而增加或減少至位於該第二邊界的該第二摻雜質濃度。

其中，該第二磊晶層的表面缺陷密度可為 $0.5/\text{cm}^2$ 。

其中，該基板與該磊晶結構可皆包含碳化矽。

其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層可皆被摻雜以 N 型摻雜質，且皆包含氮化碳矽(SiCN)。

其中，該第一磊晶層與該第二磊晶層可皆被摻雜以 P 型摻雜質，且皆包含碳化矽鋁(AlSiC)。

其中，該第一磊晶層的厚度可小於或等於 $1.0\ \mu\text{m}$ 。

在另一實施例中，一半導體元件包含該磊晶晶圓，且一源極及一汲極形成於該第二磊晶層上。

其中，該半導體元件可以是金氧半場效電晶體(MOSFET)。

在另一實施例中，一磊晶晶圓製造方法包含：藉由通入一反應源給一基板，以一第一成長溫度及一第一成長速度來成長一第一磊晶層於該基板上；以及藉由連續通入反應源給該基板，以一第二成長溫度及一第二成長速度來成長一第二磊晶層；其中，該第二成長速度高於該第一成長速度。

其中，該第一成長溫度可高於該第二成長溫度。該第二成長溫度可設定介於 1500°C 與 1650°C 之間，且該第一成長溫度可比該第二成長溫度高出 10°C 至 300°C 。該第一磊晶層成長製程的碳/矽比例可設定介於 0.7 與 1 之間，該第二磊晶層成長製程的碳/矽比例可設定為 1 或更高。該第一成長速度可設定為 $3\ \mu\text{m/h}$ 或更小，該第二成長速度可設定為 $20\ \mu\text{m/h}$ 或更高。

該方法在該第一磊晶層成長之後以及該第二磊晶層成長之前可進一步包括：藉由連續通入反應源，成長一第三磊晶層於該第一磊晶層上。

其中，該第三磊晶層的成長溫度可自該第一成長溫度而線性或階梯式地變化至該第二成長溫度。

其中，該第三磊晶層的成長速度可自該第一成長速度而線性或階梯式地增加至該第二成長速度。

其中，該第二磊晶層可在該第一磊晶層成長之後立即進行成長製程。

其中，該第一成長溫度可低於該第二成長溫度。該第一成長溫度可設定介於 1400°C 與 1500°C 之間，且該第二成長溫度可設定介於 1500°C 與 1700°C 之間。該第一成長速度可設定為 5 $\mu\text{m/h}$ 或更小，該第二成長速度可設定為 30 $\mu\text{m/h}$ 或更高。

其中，該第一磊晶層的厚度等於或小於 1 μm ，該基板可包含碳化矽，且該反應源可為含有碳及矽的液態、氣態、或固態物質。

【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 圖為如第 2 圖所示方法的成長條件曲線圖之例子。

第 4 圖為如第 2 圖所示方法的成長條件曲線圖之另一例子。

第 5 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓之剖面示意圖。

第 6 圖為根據本發明另一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 7 圖為根據本發明另一實施例的磊晶晶圓製造方法之流程圖。

第 8 圖為如第 7 圖所示方法的成長條件曲線圖之例子。

第 9 圖為根據本發明另一實施例的磊晶晶圓之剖面示意圖。

【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。

磊晶晶圓係指基板(或晶圓)上成長有磊晶層的晶圓，其表面缺陷密度會隨著製程參數而改變，例如，反應氣體的初始通量、成長溫度、壓力、總流量、碳/矽比例(C/Si ratio)、及矽/氫氣(Si/H₂)比例等。

根據本實施例，為了將磊晶晶圓的表面缺陷密度減少至每平方公分(cm²) 0.5 個或更少，可以對成長溫度、成長速度(也就是反應氣體的通入流量)、預先成長的磊晶層之厚度、及碳/矽比例等其中的至少一者加以控制。例如，欲減少的表面缺陷之尺寸可能是數個平方微米至數十個平方微米(μm²)，但本實施例並不以此為限制。

以下將進行實施例的說明，其包含磊晶晶圓製造方法 200A 及藉由該方法所製造的磊晶晶圓 300A，並請參閱以下的圖式。

第 1 圖為根據本實施例的磊晶晶圓製造方法 200A 之示意圖，其包含該磊晶晶圓 300A 在不同步驟(a)、(b)、(c)時的剖面圖。第 2 圖為根據本實施例的製造方法 200A 之流程圖。

第 3 圖為如第 2 圖所示方法 200A 的成長條件曲線圖之例子。第 4 圖為如第 2 圖所示方法 200A 的成長條件曲線圖之另一例子。在各個曲線圖中，X 軸代表時間，而 Y 軸代表成長溫度。

以下，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。

根據本實施例之磊晶晶圓製造方法 200A，一基板 110 被放置

於一反應腔(未圖示)中，如第 1 圖之(a)所示，這對應第 2 圖之步驟 S210A。其中，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，在如第 1 圖所示的例子中，該基板 110 為 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 S210A 之後，將會進行一預成長(pre-growth)步驟 S220A。

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，將難以確保該薄片層具有良好的可靠性。為了解決此問題，一磊晶層可先形成於該基板 110 上，以作為緩衝層 115 之用，如第 1 圖之(a)所示。然而，在該緩衝層 115 的成長過程中，倘若其表面有缺陷發生，因而使得其表面缺陷密度高於其容忍限度時，例如， $1/\text{cm}^2$ (每平方公分 1 個)，則該磊晶晶圓將不適合用於產品製作。因此，根據本實施例，為了將表面缺陷密度減少至每平方公分 0.5 個或更少，該預成長步驟 S220A 先形成該緩衝層 115 於該基板 110 上，接著又形成一第一磊晶層 117 於該緩衝層 115 上，如第 1 圖之(b)所示。

該預成長步驟 S220A 可以一第一成長溫度及一第一成長速度來進行。該第一成長溫度可高於後文即將描述的成長步驟 S240A 之第二成長溫度。此外，該第一成長速度可低於該成長步驟 S240A 之第二成長速度。

換言之，在該預成長步驟 S220A 中，一反應源的被通入反應腔以進行磊晶成長，如第 1 圖之(b)所示，且該第一磊晶層 117 係以該第一成長溫度及該第一成長速度而成長於該基板 110 上，該第一成長溫度高於該第二成長溫度，該第一成長速度低於該第二成長速度。該反應源可依據該基板 110 的材料及型態而改變，藉以於其上形成該第一磊晶層 117。例如，在第 1 圖的實施例中，該

基板 110 為碳化矽基的基板，則一液態、氣態、或固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 (其中 x 為正整數)、 Si_xC_y (其中 x 與 y 為不相關的正整數)等材料，其晶格常數與該基板 110 相匹配，可作為該反應源之用。

倘若該第一磊晶層 117 及該第二磊晶層 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來源氣體，例如，氮氣。

根據本實施例，該預成長步驟 S220A 的第一成長溫度可比該成長步驟 S240A 之第二成長溫度高出例如 10°C 至 300°C 。此外，該第一成長速度可設定為 $3\text{ }\mu\text{m/h}$ 或更小；換言之，該第一磊晶層 117 的成長速度為每小時小於或等於 $3\text{ }\mu\text{m}$ 的厚度，如第 3 或 4 圖所示。其中，該第一成長速度可藉由該反應源通入該反應腔的流量(flux)而加以控制。

當磊晶成長係以一高成長溫度來進行時，由於原子的能量高，使得該反應源所含有原子之間的移動性亦高。因此，當該磊晶層在成長溫度固定的情況下而以相當高的速度成長，則將難以形成均勻的磊晶層於該基板 110 上。因此，在根據本實施例的預成長步驟 S220A 中，該反應源所含有原子之間的移動性高；藉由將該第一成長溫度維持在足夠高的溫度值以提供均勻成長的環境，並降低第一成長速度以提供足夠的時間讓該等原子可被均勻地分布並成長於該基板 110 上。藉此，由於該第一磊晶層 117 是在該第二磊晶層 119 形成(該成長步驟 S240A)之前，先藉由該預成長步驟 S220A 而成長於該基板 110 上，因此，該基板 110 與該第二磊晶層 119 之間的晶格不匹配得以減小，而該第二磊晶層 119 的表面缺陷亦因此而大量減少。

因此，該預成長步驟 S220A 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 S240A 之用。因此，對於該預成長步驟 S220A 所形成的該第一磊晶層 117，其厚度約為 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 或更少，例如，自 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 至 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 的範圍內。其中，該預成長步驟 S220A 所成長的該第一磊晶層 117

之厚度，可藉由控制成長時間(0 至 t_1 ，如第 3 及 4 圖所示)、第一成長溫度、及第一成長速度而進行改變。

在該預成長步驟 S220A (用以成長該緩衝層 115 及該第一磊晶層 117，如第 1 圖之(a)及(b)所示)之後，接著將進行該成長步驟 S240A，如第 1 圖之(c)所示。其中，該成長步驟 S240A 用以磊晶成長一第二磊晶層 119 於該第一磊晶層 117 上。該成長步驟 S240A 係以該第二成長速度來進行磊晶成長，此速度遠大於該預成長步驟 S220A 的該第一成長速度，其原因為該成長步驟 S240A 係進行於該預成長步驟 S220A 之後。例如，在該成長步驟 S240A 中，磊晶層的成長速度為 20 $\mu\text{m/h}$ 或更高，如第 3 或 4 圖所示。

此外，當該成長步驟 S240A 的第二成長溫度低於 1500°C 時，可能會導致表面缺陷。當第二成長溫度高於 1650°C 時，該第二磊晶層 119 可能難以成長。因此，該第二成長溫度可設定為例如介於 1500°C 與 1650°C 之間。

該成長步驟 S240A 會持續進行，直到已達該第二磊晶層 119 的預計厚度。例如，形成於該基板 110 上的該第一磊晶層 117 與該第二磊晶層 119 之總厚度達到一目標厚度。該目標厚度可依據磊晶晶圓的使用目的及其應用、最終元件或產品之特徵、或其設計規格等考量而加以變動。

在如上所述的成長條件下，當該預成長步驟 S220A 的碳/矽比例被控制在小於 0.7 以成長該第一磊晶層 117 時，鄰接的元件可能受到矽微粒的傷害。此外，當該碳/矽比例大於 1 時，可能難以將該磊晶晶圓摻雜到適當的濃度。因此，該成長步驟 S240A 的碳/矽比例可設定介於 0.7 與 1 之間。

此外，該成長步驟 S240A 的碳/矽比例被設定為 1 或更高，藉以成長該第二磊晶層 119，但本實施例並不以此為限制。

該成長步驟 S240A 與該預成長步驟 S220A 可為連續進行而不中斷。上述該成長步驟 S240A 與該預成長步驟 S220A 的連續進行可藉由接下來的方法來實現。

根據本實施例，該成長步驟 S240A 係於該預成長步驟 S220A

之後立即進行，其間並未停止通入相同的反應源(亦未中斷該成長步驟)。也就是說，如第 4 圖所示，該預成長步驟 S220A 進行於 0 至 t_1 的期間，之後立即以不同的成長條件進行該成長步驟 S240A。在此例子中，第 2 圖之步驟 S230A 可被略去。

在另一實施例中，如第 2 圖所示，在該預成長步驟 S220A 之後以及該成長步驟 S240A 之前，可加入一中間成長步驟 S230A，用以成長一第三磊晶層(未圖示)於該第一磊晶層 117 上，該反應氣體在這些過程中亦被連續地通入。

如第 3 圖所示，該中間成長步驟 S230A 可進行於 t_1 至 t_2 的期間內。

該中間成長步驟 S230A 進行的成長溫度可自該預成長步驟 S220A 的第一成長溫度而線性地或成比例地降低至該成長步驟 S240A 的第二成長溫度。該中間成長步驟 S230A 進行的成長溫度可自該第一成長溫度而線性地或成比例地降低至該第二成長溫度，且其成長速度可自該第一成長速度而線性地或成比例地增加至該第二成長速度。

在該中間成長步驟 S230A 的進行過程中，其成長溫度的降低以及成長速度的增加亦可以是非線性的變化。例如，該中間成長步驟 S230A 的成長溫度可自該第一成長溫度而階梯式地降低至該第二成長溫度，而其成長速度可自該第一成長速度而階梯式地增加至該第二成長速度。

第 5 圖為根據本發明實施例的磊晶晶圓 300A 之剖面示意圖。

根據本實施例，該磊晶晶圓 300A 包含一基板(或晶圓)110 及一設置於該基板 110 上的磊晶結構 210A。該基板 110 可以是半導體基板，例如，碳化矽基(SiC-based)的基板。該基板 110 可對應至如第 1 圖所示的基板 110。

當該基板 110 為碳化矽基的基板，則該磊晶結構 210A 亦可為碳化矽的結構；換言之，該基板 110 與該磊晶結構 210A 可皆包含碳化矽。

特別地，該磊晶結構 210A 可包含一第一磊晶層 212A 及一第

二磊晶層 214A。該第一磊晶層 212A 形成於該基板 110 上，且該第二磊晶層 214A 形成於該第一磊晶層 212A 上。該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 可分別對應至如第 1 圖所示的該第一磊晶層 117 與該第二磊晶層 119。在第 5 圖實施例的磊晶晶圓 300A 中，如第 1 圖所示的該緩衝層 115 被省略了。在本實施例中，該磊晶晶圓 300A 不包含該緩衝層 115。

藉由第 2 圖之該預成長步驟 S220A，該第一磊晶層 212A 可形成於該基板 110 上，並藉以設置於該基板 110 與該第二磊晶層 214A 之間；這使得當電壓施加於該磊晶晶圓 300A 所致的漏電流可因該第一磊晶層 212A 而得到抑制。在本實施例中，該第一磊晶層 212A 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 214A 可藉由上述的該成長步驟 S240A 而成長到該目標厚度，並且因為該第一磊晶層 212A 而具有小於或等於 $0.5/\text{cm}^2$ 的表面缺陷密度。該第二磊晶層 214A 係以該第二成長速度來成長，其高於該第一磊晶層 212A 的該第一成長速度。

該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 皆可由 N 型的導電碳化矽所組成。當該基板 110 為碳化矽(SiC)基板時，該第一磊晶層 212A 及該第二磊晶層 214A 的組成材質皆可包含氮化碳矽(SiCN)。

然而，本實施例並不限制該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 的組成材料。或者是，該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 皆可由 P 型的導電碳化矽所組成。在此情況下，該第一磊晶層 212A 及該第二磊晶層 214A 的組成材質皆可包含碳化矽鋁(AlSiC)。

根據上述的磊晶晶圓製造方法 200A，由於該成長步驟 S240A 與該預成長步驟 S220A 係連續進行而其間並未停止通入相同的反應源，因此該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 可具有相同的組成。

第 5 圖為以第 2 圖的方法 200A 所製作的磊晶晶圓 300A 之剖面圖，其中省略了該中間成長步驟 S230A，其成長條件(溫度)的時

間變化如第 4 圖所示。

然而，倘若該中間成長步驟 S230A 是以第 3 圖的成長條件來進行，則第 5 圖的該磊晶晶圓 300A 將另包含一第三磊晶層(未圖示)，其位於該第一磊晶層 212A 與該第二磊晶層 214A 之間。

以下將進行另一實施例的說明，其包含磊晶晶圓製造方法 200B 及藉由該方法 200B 所製造的磊晶晶圓 300B，並請參閱以下的圖式。

第 6 圖為根據另一實施例的磊晶晶圓製造方法 200B 之示意圖，其包含該磊晶晶圓 300B 在不同步驟(a)、(b)、(c)時的剖面圖。第 7 圖為根據本實施例的製造方法 200B 之流程圖。

第 8 圖為如第 7 圖所示方法 200B 的成長條件曲線圖之一例子；其中，X 軸代表時間，而 Y 軸代表成長速度。

該方法 200B 用以製造磊晶晶圓，並搭配第 6 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 6 圖所示之剖面圖。

在以下關於如第 7 圖所示方法 200B 的說明中，與如第 2 圖所示方法 200A 相同之處將不再贅述，只對兩者的差異特徵加以描述。

根據本實施例之磊晶晶圓製造方法 200B，一基板 110 被放置於一反應腔中，如第 6 圖之(a)所示，這對應第 7 圖之步驟 S210B。其中，第 6 圖的基板 110 可相同於第 1 圖的基板 110，在此不再贅述。

在步驟 S210B 之後，將會進行一預成長(pre-growth)步驟 S220B。

當一薄片層(未圖示)形成於該基板 110 上，由於該基板 110 與該薄片層之間的晶格常數不匹配，該薄片層的可靠性將難以得到確保。為了解決此問題，一磊晶層可先形成於該基板 110 上，以作為緩衝層之用。然而，在該緩衝層的成長過程中，倘若有缺陷發生於其表面，而使其表面缺陷密度超過其容忍限度(例如， $1/\text{cm}^2$)時，則該磊晶晶圓將不適合用於產品製作。因此，根據本實施例，

爲了將表面缺陷密度減少至每平方公分 0.5 個($0.5/\text{cm}^2$)或更少，該緩衝層會先形成於該基板 110 上，接著進行預成長步驟 S220B，以形成一第一磊晶層於該緩衝層上。例如，如第 6 圖之(a)所示的「預成長步驟(第一步驟)」，將該緩衝層及該第一磊晶層形成於該基板 110 上。在第 6 圖之(a)中，標號「130」同時代表該緩衝層與該第一磊晶層，但以下爲了說明之便，該第一磊晶層就直接標號爲「130」。

接著，在該預成長步驟 S220B 中，一反應源被通入以進行磊晶成長，請參照第 6 圖之(a)，該第一磊晶層 130 係以該第三成長溫度及該第三成長速度而成長於該基板 110 上。其中，該反應源可同於或不同於如第 1 圖製程所使用的反應源；也就是說，該反應源可依據該基板 110 的材料或型態而改變，藉以於其上形成該第一磊晶層 130。例如，在第 6 圖的實施例中，該基板 110 爲碳化矽基的基板，則一液態、氣態、或固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 (其中 x 爲正整數)、 Si_xC_y (其中 x 與 y 爲不相關的正整數)等材料，其晶格常數與該基板 110 相匹配，可作爲該反應源之用。

不同於第 2 圖之預成長步驟 S220A，該第三成長溫度會比該成長步驟 S240B 所使用的第四成長溫度還要低，此將詳述於後。例如，當該成長步驟 S240B 的第四成長溫度低於 1500°C 時，可能會導致表面缺陷。當該第四成長溫度高於 1700°C 時，如第 6 圖之(c)所示的該第二磊晶層 134 可能難以成長。因此，該第四成長溫度可設定爲例如介於 1500°C 與 1700°C 之間。在本實施例中，該第三成長溫度可設定爲介於 1400°C 與 1500°C 之間。

此外，該預成長步驟 S220B 的第三成長速度會低於該成長步驟 S240B 的第四成長速度。例如，該第三成長速度可設定爲 $5\text{ }\mu\text{m/h}$ 或更小；換言之，該第一磊晶層 130 的成長速度爲每小時小於或等於 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的厚度。類似於前文所述的第一成長速度，該第三成長速度可藉由該反應源通入該反應腔的流量(flux)而加以控制。

倘若磊晶成長是以一高成長速度來進行，則將難以形成均勻

的磊晶層。因此，在本實施例中，該反應源所含有原子之間的移動性高，且藉由將該預成長步驟 S220B 的第三成長溫度維持在足夠高的溫度值以提供均勻成長的環境，並降低第三成長速度以提供足夠的時間讓該等原子可被均勻地分布並成長於該基板 110 上。藉此，由於該第一磊晶層 130 是在該第二磊晶層 134 形成(以該成長步驟 S240B)之前，先以該預成長步驟 S220B 而成長於該基板 110 上，因此，該基板 110 與該第二磊晶層 134 之間的晶格不匹配得以減小，而該第二磊晶層 134 的表面缺陷亦因此而大量減少。

該預成長步驟 S220B 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 S240B 之用。因此，對於該預成長步驟 S220B 所形成的該第一磊晶層 130，其厚度約為 $1.0\ \mu\text{m}$ 或更少，例如，自 $0.5\ \mu\text{m}$ 至 $1.0\ \mu\text{m}$ 的範圍內。

此外，對於該預成長步驟 S220B 所成長的該第一磊晶層 130 之厚度，可藉由控制如第 8 圖所示成長時間(0 至 t_1)、第三成長溫度及第三成長速度而加以改變。

在該預成長步驟 S220B 之後以及該成長步驟 S240B 之前，一中間成長步驟 S230B (對應於如第 6 圖之(b)所示的「成長步驟(第二步驟)」)可用以成長一第三磊晶層 132 於該第一磊晶層 130 上，如第 8 圖所示成長時間 t_1 至 t_2 。

如該預成長步驟 S220B 所述，由於該成長步驟 S240B 係磊晶成長於該第一磊晶層 130 上，該中間成長步驟 S230B 可視為將該預成長步驟 S220B 自然地連接至該成長步驟 S240B 的過渡中介。

因此，根據本實施例的磊晶晶圓製造方法 200B，該成長步驟 S240B 與該預成長步驟 S220B 係連續進行，兩步驟之間並未以該中間成長步驟 S230B 來中斷製程的進行。換言之，自該預成長步驟 S220B 至該成長步驟 S240B 的整個製程係被連續地執行，其間並未藉由執行該中間成長步驟 S230B 而停止該反應源的通入(未停止該成長步驟)。該中間成長步驟 S230B 使得自該預成長步驟

S220B 至該成長步驟 S240B 的連續製程可藉由接下來的幾種方法來實現。

在如第 8 圖的曲線 A 所示的實施例中，該中間成長步驟 S230B 進行的成長速度可自該預成長步驟 S220B 的第三成長速度而線性地或成比例地增加至該成長步驟 S240B 的第四成長速度。成長速度的線性增加可藉由增加該反應源的通入量而連續地通入該反應源來達成。該中間成長步驟 S230B 進行的成長溫度可自該第三成長溫度而線性地或成比例地增加至該第四成長溫度，同時使其成長速度線性增加。

在另一實施例中，該中間成長步驟 S230B 進行的成長速度可自該預成長步驟 S220B 的第三成長速度而非線性地增加至該成長步驟 S240B 的第四成長速度。例如，如第 8 圖的曲線 B 所示，該中間成長步驟 S230B 進行的成長速度可自該預成長步驟 S220B 的第三成長速度而階梯式地增加至該成長步驟 S240B 的第四成長速度。成長速度的階梯式增加可藉由在特定時段內連續地通入該反應源而間歇地增加該反應源的通入量來達成。該中間成長步驟 S230B 進行的成長溫度可自該第三成長溫度而線性地或成比例地增加至該第四成長溫度，同時使其成長速度非線性增加。例如，該中間成長步驟 S230B 進行的成長溫度可自該第三成長溫度而階梯式地增加至該第四成長溫度。

根據本實施例，該中間成長步驟 S230B 藉由該反應源的通入，而將該第三磊晶層 132 成長於該基板 110 上，同時使其成長速度自該預成長步驟 S220B 的該第三成長速度而逐漸地增加至該成長步驟 S240B 的該第四成長速度。

在該中間成長步驟 S230B 之後，將進行一成長步驟 S240B (對應於如第 6 圖之(c)所示的「成長步驟(第三步驟)」)。該成長步驟 S240B 主要係於該第三磊晶層 132 上進行磊晶成長，用以成長一第二磊晶層 134 於該第三磊晶層 132 上。該成長步驟 S240B 係以一第四成長速度進行磊晶成長；由於此步驟進行於該預成長步驟 S220B 以及該中間成長步驟 S230B 之後，該第四成長速度可遠高

於該預成長步驟 S220B 的第三成長速度。例如，如第 8 圖所示，該成長步驟 S240B 可以 30 $\mu\text{m}/\text{h}$ 或更高的磊晶成長速度來進行。

如同第 2 圖之該成長步驟 S240A，該成長步驟 S240B 會持續進行，直到該第二磊晶層 134 達到預計的厚度。例如，該成長步驟 S240B 會持續進行，直到形成於該基板 110 上的該等磊晶層 130、134、132 的總厚度達到其目標厚度。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改變。

根據本實施例，在該磊晶晶圓製造方法 200A 及 200B 中，該成長步驟 S240A 及 S240B 可於該預成長步驟 S220A 及 S220B 之後，被連續地執行而無中斷。特別是，在該磊晶晶圓製造方法 200A 及 200B 中，該中間成長步驟 S230A 及 S230B 可作為將該預成長步驟 S220A 及 S220B 自然地連接至該成長步驟 S240A 及 S240B 的過渡中介，使得該成長步驟 S240A 及 S240B 可於該預成長步驟 S220A 及 S220B 之後，被連續地執行而無中斷。因此，相較於習知的磊晶晶圓製造方法，本實施例製造方法所製造的磊晶晶圓具有低表面缺陷密度，並可顯著地減短磊晶晶圓的製造時程及降低其製造成本。

由於習知的磊晶晶圓製造方法不包含本實施例所述的預成長步驟 S220A 及 S220B，因而為了解決表面缺陷密度的問題，其係以約 8 $\mu\text{m}/\text{h}$ 至 10 $\mu\text{m}/\text{h}$ 的成長速度來進行低速的磊晶成長。此外，習知的磊晶晶圓製造方法屬於複雜的製程，其先將磊晶層超額地成長至 50 μm 的厚度，再研磨該磊晶層直到達到其目標厚度。然而，本實施例的磊晶晶圓製造方法 200A 及 200B 係藉由該預成長步驟 S220A 及 S220B 來解決表面缺陷密度的問題，因而使該成長步驟 S240A 及 S240B 得以相當高的成長速度(該第二成長速度或該第四成長速度)進行。此外，本實施例的磊晶晶圓製造方法不需要任何的研磨製程，因而可顯著地減少製造時程及其製造成本。

第 9 圖為根據另一實施例的磊晶晶圓 300B 之剖面圖。

不同於如第 5 圖所示的磊晶晶圓 300A，在第 9 圖的磊晶晶圓

300B 中，該磊晶結構 210B 包含一第一磊晶層 212B、一第三磊晶層 216 及一第二磊晶層 214B，其中該第三磊晶層 216 設置於該第一磊晶層 212B 與該第二磊晶層 214B 之間。除了此特徵之外，第 9 圖的磊晶結構 210B 係相同於第 5 圖的磊晶結構 210A。

該磊晶晶圓 300B 包含一基板 110 以及一設置於該基板 110 上的磊晶結構 210B。該基板 110 可對應第 6 圖所示的該基板 110。該基板 110 可以是半導體基板，例如，碳化矽基(SiC-based)的基板。倘若該基板 110 的組成材料為碳化矽基，則該磊晶結構 210B 的組成材料亦可為碳化矽基。也就是說，該基板 110 以及該磊晶結構 210B 可包含碳化矽。

該第一磊晶層 212B 可藉由上述的該成長步驟 S240B 而形成於該基板 110 上。由於該第一磊晶層 212B 設置於該基板 110 與該第二磊晶層 214B 之間，這將使施加電壓於該磊晶晶圓 300B 所造成的漏電流可得到抑制。在本實施例中，該第一磊晶層 212B 的厚度可為 1.0 μm 或更小。該第一磊晶層 212B 可對應第 6 圖之(a)所示的該第一磊晶層 130。

該第二磊晶層 214B 可以上述的該成長步驟 S240B 而成長到其目標厚度，並具有小於或等於 $0.5/\text{cm}^2$ 的表面缺陷密度。該第二磊晶層 214B 可對應第 6 圖之(c)所示的該第二磊晶層 134。

此外，該第三磊晶層 216 係形成於該第一磊晶層 212B 與該第二磊晶層 214B 之間。該第三磊晶層 216 可藉由上述的該中間成長步驟 S230B 而形成於該第一磊晶層 212B 上。該第三磊晶層 216 可對應第 6 圖之(b)所示的該第三磊晶層 132。

此外，該第三磊晶層 216 具有一第一摻雜質濃度以及一第二摻雜質濃度；其中，該第一摻雜質濃度係指該第三磊晶層 216 與該第一磊晶層 212B 之間的第一邊界(面)P1 之處的濃度，該第二摻雜質濃度係指該第三磊晶層 216 與該第二磊晶層 214B 之間的第二邊界(面)P2 之處的濃度。該第一邊界 P1 係指該第三磊晶層 216 的下側面或下側區，其鄰接該第一磊晶層 212B，而該第二邊界 P2 係指該第三磊晶層 216 的上側面或上側區，其鄰接該第二磊晶層

214B。

該第一摻雜質濃度可不同於該第二摻雜質濃度。例如，該第一摻雜質濃度介於 5×10^{17} 原子/cm² 與 1×10^{18} 原子/cm² 之間。

例如，倘若自該預成長步驟 S220B 至該成長步驟 S240B 的成長速度係自該第三成長速度而線性或非線性(或階梯式)地增加到該第四成長速度，則可減少與摻雜氣體的反應時間。因此，該第三磊晶層 216 的內部摻雜質濃度(也就是該第三磊晶層 216 在該第一邊界 P1 與該第二邊界 P2 之間的摻雜質濃度)會線性或非線性地自該第一邊界 P1 逐漸減少至該第二邊界 P2；但本發明並不以此為限制。

在另一例中，其成長速度係反向地控制，則該第三磊晶層 216 的內部摻雜質濃度會線性或非線性地自該第一邊界 P1 逐漸增加至該第二邊界 P2。

該第一磊晶層 212B、該第二磊晶層 214B 及該第三磊晶層 216 皆可為 N 型的導電碳化矽。換言之，倘若該基板 310 為碳化矽基板，則該第一磊晶層 212B、該第二磊晶層 214B 及該第三磊晶層 216 皆可包含氮化碳矽(SiCN)；但本發明並不以此為限制。倘若該第一磊晶層 212B、該第二磊晶層 214B 及該第三磊晶層 216 的組成皆為 P 型的導電碳化矽，則該第一磊晶層 212B、該第二磊晶層 214B 及該第三磊晶層 216 皆可包含碳化矽鋁(AlSiC)。

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。

因此，該磊晶晶圓 300A 及 300B 的表面缺陷密度得以減少，藉以提高其品質。該磊晶晶圓製造方法 200A 及 200B 可製造出表面缺陷密度減量以及產出率提高的磊晶晶圓。

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】

300A、300B 磊晶晶圓

110 基板

210A、210B 磊晶結構

115 緩衝層

117、130、212A、212B 第一磊晶層

119、134、214A、214B 第二磊晶層

132、216 第三磊晶層

200A、200B 方法

S210A、S220A、S230A、S240A 步驟

S210B、S220B、S230B、S240B 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)

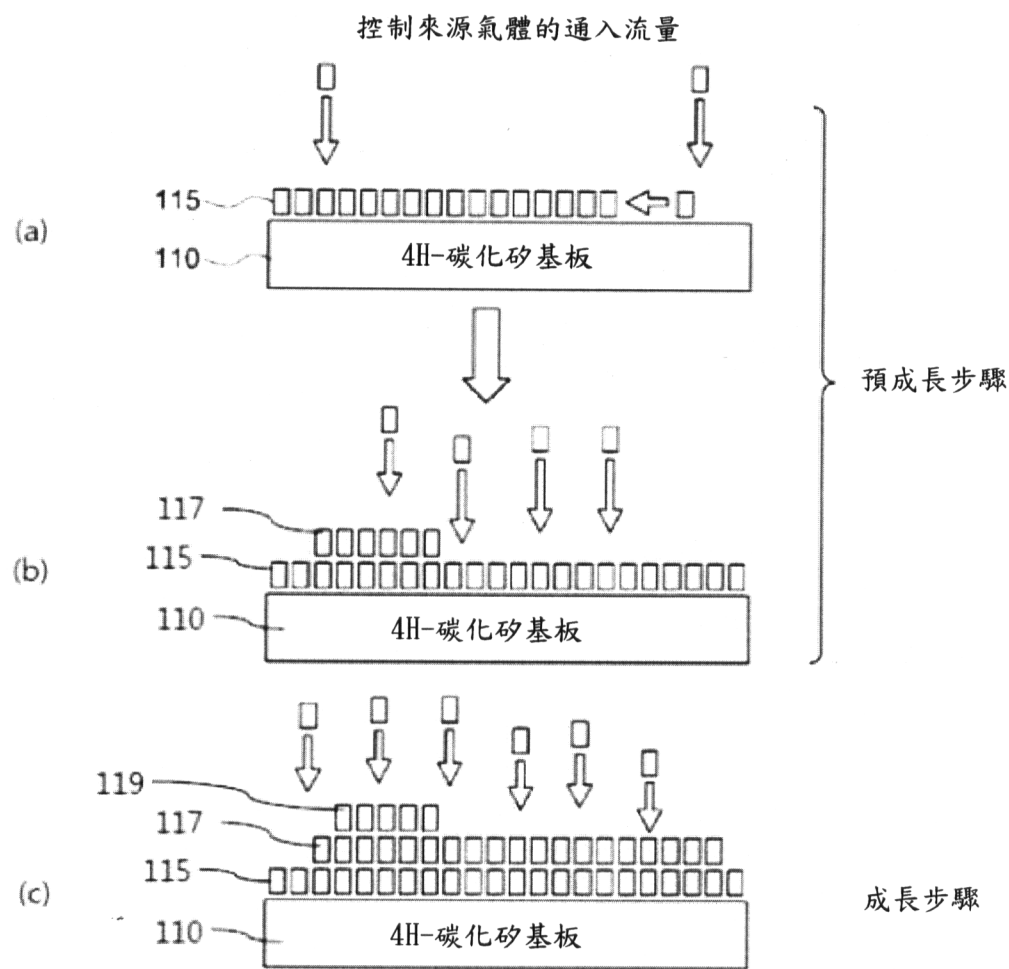
申請專利範圍

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，該磊晶結構包含：
一第一磊晶層；
一第二磊晶層，設置於該第一磊晶層上；及
一第三磊晶層，設置於該第一磊晶層與該第二磊晶層之間，
該第三磊晶層在鄰接該第一磊晶層的第一邊界附近具有一第一摻雜質濃度，且在鄰接該第二磊晶層的第二邊界附近具有一第二摻雜質濃度，其中該第一摻雜質濃度不等於該第二摻雜質濃度。
2. 如申請專利範圍第 1 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組成。
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，該第一磊晶層設置於該基板與該第二磊晶層之間，藉以抑制因電壓施加於該磊晶晶圓所引起的漏電流。
4. 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，該第一磊晶層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，並進而減少該第二磊晶層的表面缺陷。
5. 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，該第三磊晶層在介於該第一邊界與該第二邊界之間具有一內部摻雜質濃度，其自位於該第一邊界的該第一摻雜質濃度而增加或減少至位於該第二邊界的該第二摻雜質濃度。
6. 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，該第二磊晶層的表面缺陷密度為 $0.5/\text{cm}^2$ 。
7. 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，該基板與該磊晶結構皆包含碳化矽。
8. 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

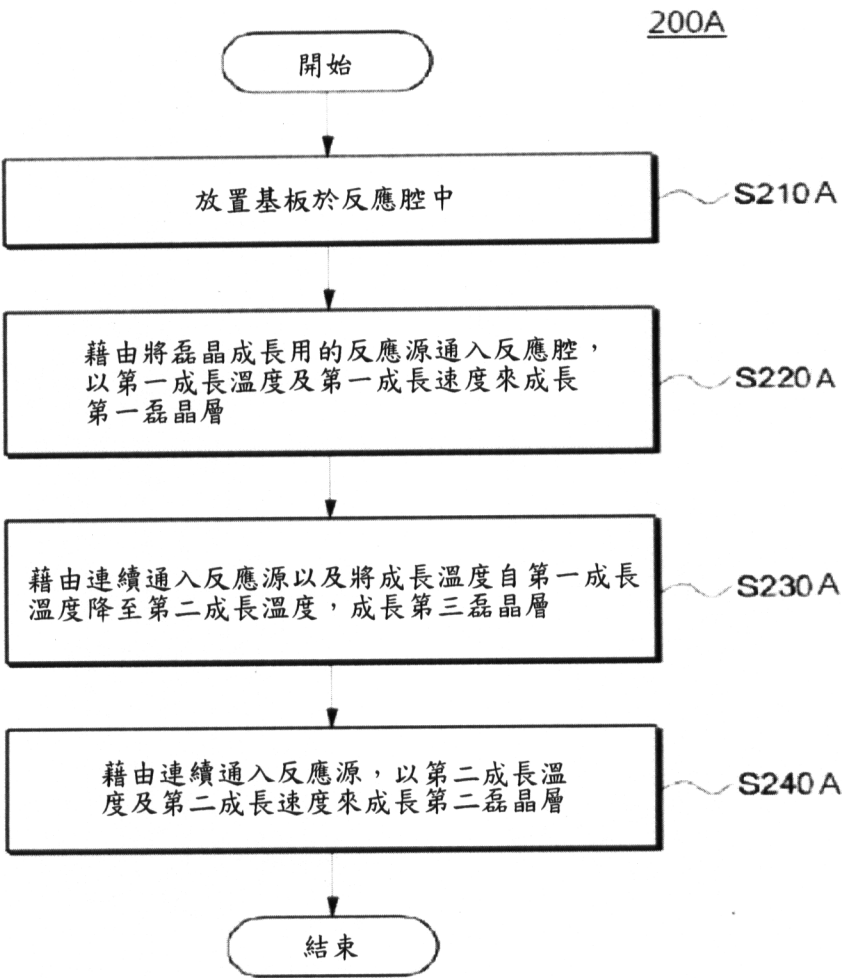
中，該第一磊晶層與該第二磊晶層皆被摻雜以 N 型摻雜質，且皆包含氮化碳矽(SiCN)。

9. 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，該第一磊晶層與該第二磊晶層皆被摻雜以 P 型摻雜質，且皆包含碳化矽鋁(AlSiC)。
10. 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，該第一磊晶層的厚度小於或等於 $1.0\ \mu\text{m}$ 。

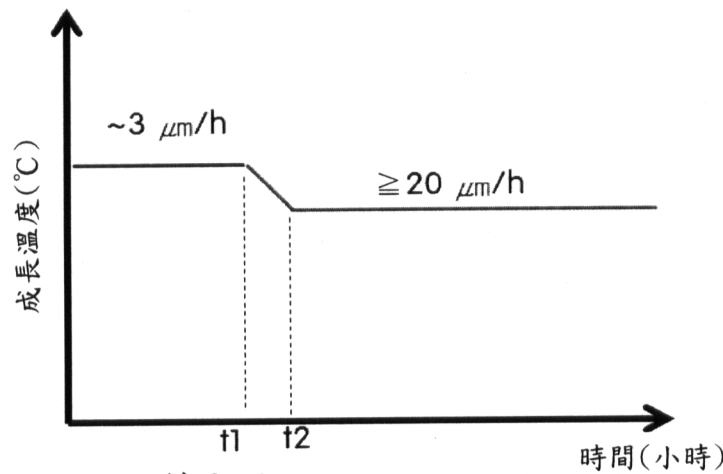
圖式



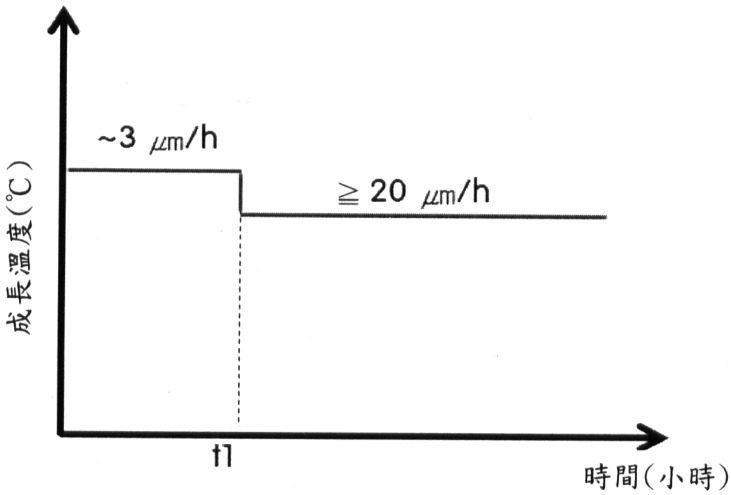
第1圖



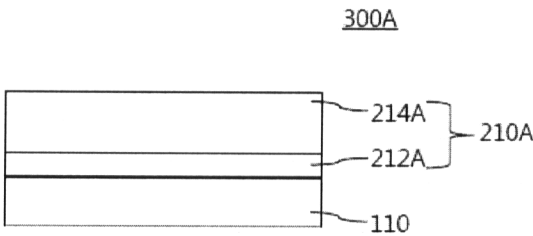
第2圖



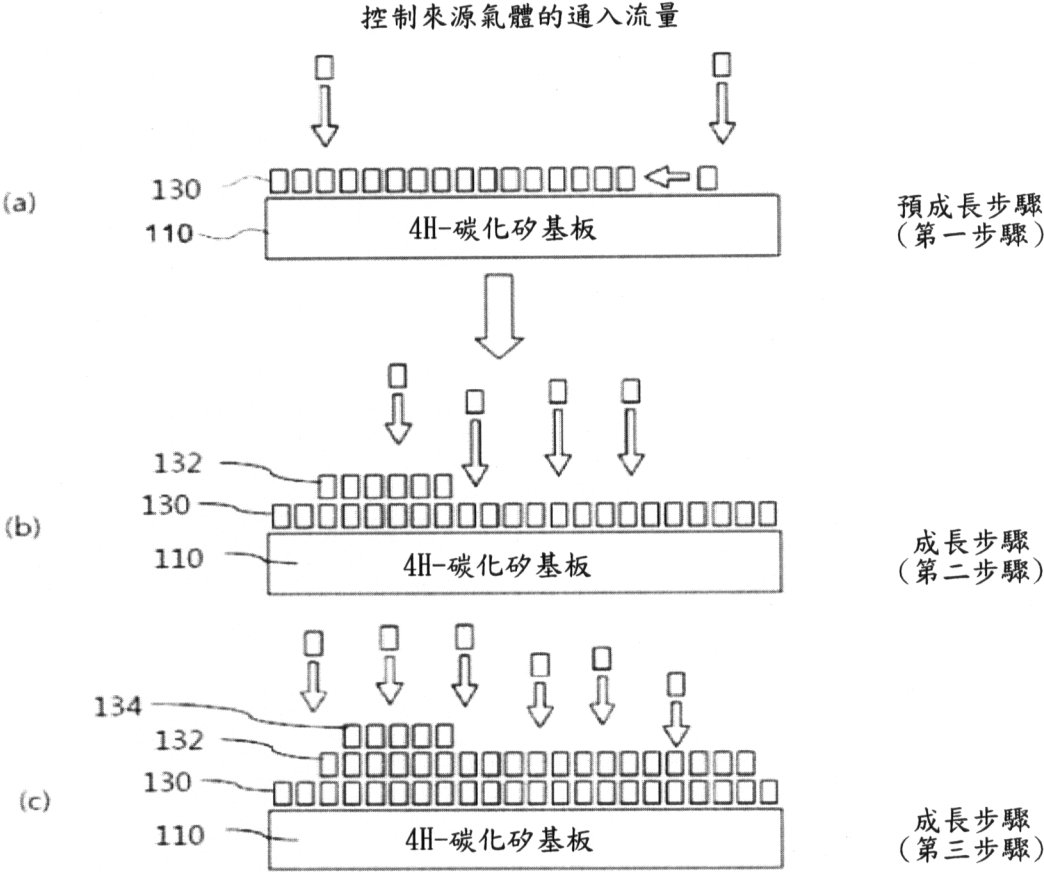
第3圖



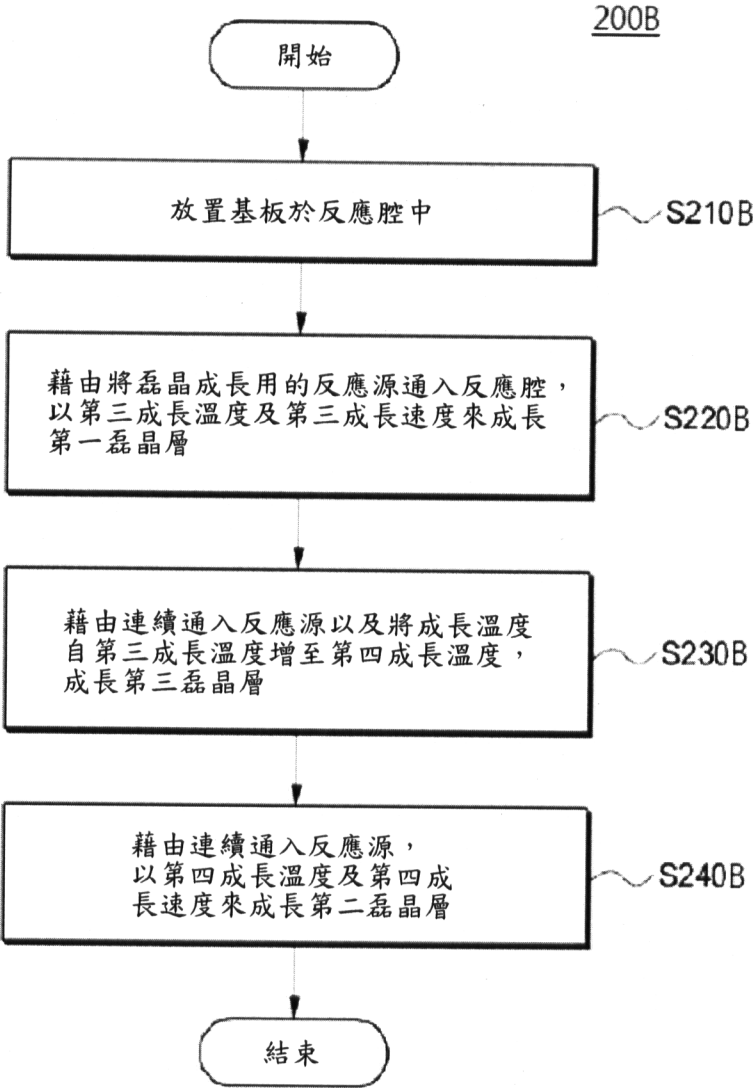
第4圖



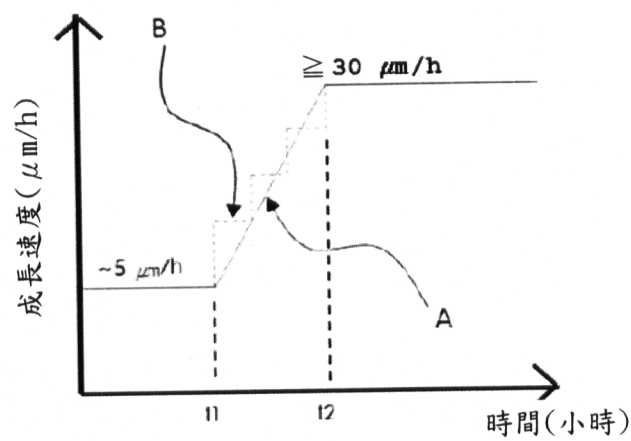
第5圖



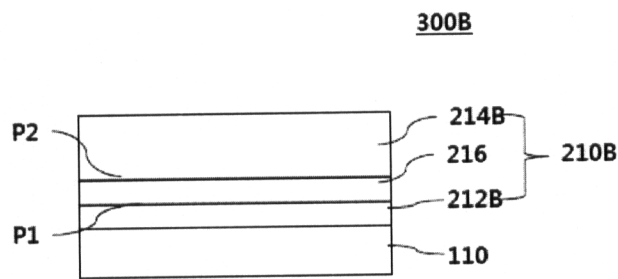
第6圖



第7圖



第8圖



第9圖