202321507

(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 202321507 A

(43)公開日： 中華民國 112 (2023) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：111132467 (22)申請日： 中華民國 111 (2022) 年 08 月 29 日

(51)Int. Cl.： *C23C16/52 (2006.01)* *C23C16/22 (2006.01)*

(30)優先權：2021/10/06 日本 2021-164648

(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：大槻剛 OHTSUKI, TSUYOSHI (JP) ；萩本和德 HAGIMOTO, KAZUNORI (JP) ；石崎順也 ISHIZAKI, JUNYA (JP) ；阿部達夫 ABE, TATSUO (JP) ；鈴木溫 SUZUKI, ATSUSHI (JP) ；松原壽樹 MATSUBARA, TOSHIKI (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：18 項 圖式數：9 共 35 頁

(54)名稱

異質磊晶膜的製作方法

(57)摘要

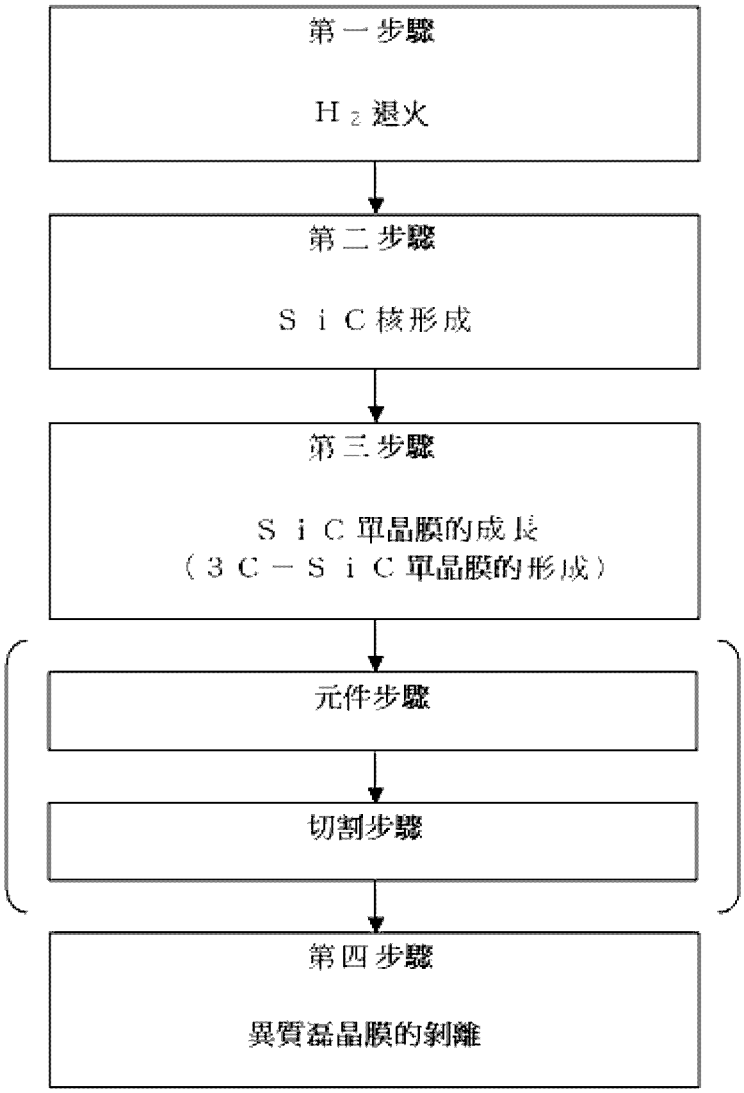
本發明為一種異質磊晶膜的製作方法，其在單晶 Si 基板上使 3C-SiC 單晶膜異質磊晶成長後剝離，並且，包括：第一步驟，其使用減壓 CVD 裝置，藉由氫焙來將單晶矽基板的表面的自然氧化膜去除；第二步驟，其一面供給包含碳及矽的來源氣體，一面在 1333 Pa 以下、300 ～ 950℃以下進行 SiC 的核形成；第三步驟，其在 1333 Pa 以下、800℃以上且未達 1200℃形成 3C-SiC 單晶膜並且於 3C-SiC 單晶膜正下方形成空孔；及第四步驟，其以空孔來將 3C-SiC 單晶膜剝離，來製作異質磊晶膜。藉此，提供一種方法，其對元件造成的損傷少且減少材料的損失而效率良好地取得薄膜狀的異質磊晶膜。

無

指定代表圖：

TW 202321507 A

第 1 圖



【發明摘要】

【中文發明名稱】異質磊晶膜的製作方法

【英文發明名稱】無

【中文】

本發明為一種異質磊晶膜的製作方法，其在單晶Si基板上使3C-SiC單晶膜異質磊晶成長後剝離，並且，包括：第一步驟，其使用減壓CVD裝置，藉由氫焙來將單晶矽基板的表面的自然氧化膜去除；第二步驟，其一面供給包含碳及矽的來源氣體，一面在1333 Pa以下、300～950℃以下進行SiC的核形成；第三步驟，其在1333 Pa以下、800℃以上且未達1200℃形成3C-SiC單晶膜並且於3C-SiC單晶膜正下方形成空孔；及第四步驟，其以空孔來將3C-SiC單晶膜剝離，來製作異質磊晶膜。藉此，提供一種方法，其對元件造成的損傷少且減少材料的損失而效率良好地取得薄膜狀的異質磊晶膜。

【英文】

無

【指定代表圖】第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】異質磊晶膜的製作方法

【英文發明名稱】無

【技術領域】

【0001】 本發明是有關一種異質磊晶膜的製作方法。

【先前技術】

【0002】 尖端CMOS(Complementary Metal Oxide Silicon，互補式金屬氧化物半導體)和IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor，絕緣柵雙極電晶體)等形成於矽基板上的元件大部分並非在維持初期的矽基板厚度的狀態下使用，而大致的情形是藉由研磨等方法來薄膜化後使用。其原因為：如果矽基板較厚，則基板會成為電阻而產生阻礙。另一方面，從最初開始就較薄的矽基板由於會在製程中翹曲等而無法通過元件製程，故需要厚度。另一方面，最近的元件已逐漸除了先前的微細化以外，還採用以Chip on Wafer(晶片堆疊晶圓)等方法來進行的積體化，該Chip on Wafer是將切割後的元件黏貼在預先已施加金屬線路的晶圓。此時，被切割的元件也會進行薄片化而將矽基板的大部分去除。

【0003】 並且，元件已逐漸積極地利用矽以外的材料而有助於高性能化。其中，相較於Si的1.1 eV，SiC具有2.2～3.3 eV這樣的寬廣的能帶隙，因此具有高絕緣破壞強度，並且導熱率也大，故為一種材料，其正被期待作為電力元件和高頻用元件等各種半導體元件用的半導體材料。

【0004】 於是，考慮到此等點，而例如專利文獻1、2及3中已提出一種技術，其對SiC和矽預先實施氫等離子注入，並從此注入層將基板剝離。如果為此等方法，則在剝離後薄膜側會作為元件，厚膜側能夠再次作為基板(雖然需要進行表面研磨)來再利用，而為優點大的方法。然而，此等方法是以藉由像氫這樣的離子注入來在其中製作脆弱層的方式進行剝離，由於需要離子注入裝置的點(如果為直徑大的基板則會特別高價)、以及形成脆弱層的時機極為困難(如果在製程初期形成脆弱層，則有在製程中的熱步驟中會發生龜裂的可能性；另一方面，如果在製程後半，則目前為止所形成的元件會因離子注入而破壞)，故在實用化上有障礙。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0005】

專利文獻1：日本特開2010-251724號公報

專利文獻2：日本特開2011-223011號公報

專利文獻3：日本特表2010-502023號公報

【發明內容】

【0006】 [發明所欲解決的問題]

本發明是為了解決上述問題而完成，是對元件造成的損傷少且減少材料的損失而效率良好地取得薄膜狀的異質磊晶膜。

[解決問題的技術手段]

【0007】 為了達成上述目的，而本發明提供一種異質磊晶膜的製作方法，其特徵在於：包括在單晶矽基板上使3C-SiC單晶膜異質磊晶成長後從前述單晶矽基板將前述3C-SiC單晶膜剝離的步驟，並且，包括：

第一步驟，其使用減壓CVD(化學氣相沉積)裝置，藉由氫焙(hydrogen bake)來將前述單晶矽基板的表面的自然氧化膜去除；

第二步驟，其一面將包含碳及矽的來源氣體供給至前述減壓CVD裝置內，一面在壓力1333 Pa以下、溫度300℃以上且950℃以下的條件下在前述單晶矽基板上進行SiC的核形成；第三步驟，其在壓力1333 Pa以下、溫度800℃以上且未達1200℃的條件下使SiC單晶成長而形成3C-SiC單晶膜並且於該3C-SiC單晶膜正下方形成空孔；及

第四步驟，其藉由從前述單晶矽基板以前述空孔來將前述3C-SiC單晶膜分離並剝離，來製作前述異質磊晶膜。

【0008】 像這樣在第一步驟中將單晶矽基板表面的自然氧化膜去除，即能夠在第二步驟中進行SiC的核形成。

此外，藉由將容易進行第二步驟的SiC的核形成的壓力及溫度條件與第三步驟的SiC單晶容易成長的壓力及溫度條件組合，即能夠效率良好地製造一種異質磊晶晶圓，其具有良質的3C-SiC單晶膜。

此外，將壓力設為1333 Pa(10 Torr)以下，即能夠防止反應活性物種在氣相中與原料氣體進行反應等二次或更加高次的反應產生，故能夠使異質磊晶成長更確實。藉此，能夠防止3C-SiC多晶化。而且，能夠一面使3C-SiC單晶膜成長，一面於此3C-SiC單晶膜的正下方的矽層(單晶矽基板)(以下也稱為3C-SiC/矽界面)形成空孔。此空孔存在，而不只能夠減緩3C-SiC與矽的晶格失配，並且能夠使磊晶層整體的應力鬆弛，故即使為厚膜的3C-SiC單晶膜，也能夠更確實地形成無結晶缺陷的3C-SiC單晶膜。

【0009】 如上所述，藉由將容易進行SiC的核形成的壓力及溫度條件與SiC單晶容易成長且會於SiC/矽界面形成空孔的壓力及溫度條件組合，即能夠效率良好地獲得一種異質磊晶晶圓，其具有3C-SiC單晶膜。進一步藉由在第四步驟中將3C-SiC/矽界面的空孔分離並剝離，而能夠效率良好地獲得一種異質磊晶膜，其包含目標的3C-SiC單晶膜。

此外，由於在3C-SiC/矽界面剝離，故能夠在單晶矽基板的損失也較少的情形下分離。也就是說，能夠在分離後獲得更厚的單晶矽基板，而在再利用的面上較有效。

此外，例如：即使在3C-SiC單晶膜上形成元件後剝離，對元件造成的損傷仍少。

【0010】 此時，能夠使用單甲基矽烷或三甲基矽烷來作為前述來源氣體。

【0011】 如果為這樣的原料氣體，則能夠以單一氣體來供給Si及C雙方，故也無需像先前一直以先前方法來進行這樣的被稱為3C-SiC單晶膜成長前的碳化處理的藉由包含碳源前驅物的氣體來使碳原子附著在單晶矽基板表面來進行核形成的步驟，而能夠在非常簡單的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。

此外，與先前的方法相比，能夠更容易控制氣相中的反應活性物種而使異質磊晶成長再更加確實，且也更容易在3C-SiC單晶膜的成長不會停止的情形下進行厚膜的3C-SiC單晶膜的形成，該先前的方法是最初藉由包含碳源前驅物的氣體來使碳原子附著在單晶矽基板表面來進行核形成後，以包含碳源前驅物的氣體及包含矽源前驅物的氣體來形成3C-SiC單晶膜。

【0012】 此外，前述第一步驟能夠在溫度1000℃以上且1200℃以下的條件下進行。

【0013】 設為這樣的溫度條件，即能夠更效率良好地將單晶矽基板表面的自然氧化膜去除，而能夠更確實地進行3C-SiC單晶膜的形成。此外，能夠防止滑動移位發生。

【0014】 此外，前述第三步驟能夠在壓力133 Pa以下的條件下進行。

【0015】 像這樣在第三步驟中將壓力設為133 Pa(1 Torr)以下，即能夠一面使3C-SiC單晶膜成長一面更確實地於3C-SiC/矽界面形成空孔，且能夠在第四步驟中更確實地將3C-SiC單晶膜(異質磊晶膜)剝離。

【0016】 此外，前述第三步驟能夠將壓力及溫度之中的1種以上較前述第二步驟的條件更加提高來進行。

【0017】 雖也能夠在與第二步驟的條件相同的條件下進行第三步驟的條件，但如果以上述方式進行，則能夠在第三步驟中更加快3C-SiC單晶膜的成長速度，故即使形成厚膜的3C-SiC單晶膜，仍能夠有效率地進行。

【0018】 此時，前述第三步驟能夠在溫度1000℃以上且未達1200℃的條件下進行。

【0019】 如果為此成長條件，則能夠將異質磊晶成長設為供給氣體的輸送速度瓶頸，而不會受到像下述這樣的限制：為了更加減少先前一直在另外的先前方法中產生的矽與SiC的晶格失配而限定單晶矽基板的面方位。也無須藉由離子注入來形成像氫這樣的脆弱層，而能夠更確實地使3C-SiC單晶膜成長。並且，能夠更容易於像例如直徑

300 mm這樣的直徑大的單晶矽的基板上形成3C-SiC單晶膜。

【0020】 此外，能夠在前述第三步驟中將壓力及溫度之中的1種以上提高。

【0021】 如果為此方法，則也能夠在第三步驟的初期階段中例如將壓力設為133 Pa(1 Torr)以下的條件下後提高壓力來加快成膜速度。同樣地，溫度也能夠從過程中設為更高溫來加快成膜速度。

【0022】 此時，能夠藉由在溫度從300℃以上且950℃以下的範圍緩緩升溫至1000℃以上且未達1200℃的範圍的條件下進行前述第二步驟、前述第三步驟，

來連續地進行前述SiC的核形成、及緊接著該SiC的核形成來進行的前述3C-SiC單晶膜的形成。

【0023】 如果這樣進行，則能夠將異質磊晶成長設為供給氣體的輸送速度瓶頸，而不會受到單晶矽基板的面方位的限制。此外，對直徑大的單晶矽基板上的3C-SiC單晶膜的形成更容易進行。

【0024】 而且，前述升溫能夠以0.5℃/sec以上且2℃/sec以下的升溫速度來進行。

【0025】 如果為這樣的升溫速度，則能夠更確實地進行溫度控制。此外，能夠進行均勻的SiC的核形成，且能夠有效地防止異質磊晶成長時的缺陷產生。

【0026】 此外，也能夠在前述第三步驟後且前述第四步驟前，在前述所形成的3C-SiC單晶膜的表面進一步使GaN

成長來形成GaN層，且或者是，也能夠在前述第三步驟後且前述第四步驟前，在前述所形成的3C-SiC單晶膜的表面進一步使Si成長來形成Si層。

【0027】 以上述方式進行而使其成長而成的3C-SiC單晶膜由於表面平坦，故能夠在該3C-SiC單晶膜的表面進一步使GaN層和Si層異質磊晶成長。

【0028】 此外，在前述第三步驟後，於前述所形成的3C-SiC單晶膜上形成保護膜後再進行前述第四步驟。或者是，在前述第三步驟後，於前述所形成的3C-SiC單晶膜上形成元件並形成保護膜後再進行前述第四步驟。或者是，在前述第三步驟後，於前述所形成的3C-SiC單晶膜上形成元件並在沿著該元件的刻劃(scribe)線來將元件切割後形成保護膜後再進行前述第四步驟。

【0029】 像這樣也能夠在維持3C-SiC單晶膜的狀態下剝離，且也能夠在形成元件後剝離。

[功效]

【0030】 藉由本發明的異質磊晶膜的製作方法，即能夠在單晶矽基板上一面維持良質的3C-SiC單晶性一面效率良好地在矽基板(3C-SiC/矽界面)進行像空孔產生這樣的3C-SiC單晶膜的異質磊晶成長，使用此空孔來從矽基板將3C-SiC單晶膜剝離，即能夠效率良好地取得薄膜狀的異質磊晶膜。此外，在對元件造成的損傷和材料的損失的點上極為有效。並且，如果為這樣的異質磊晶膜，則將SiC設為基底，即能夠進行活用寬能帶隙的特徵的藉由絕

緣性來進行的元件分離及藉由高導熱率來進行的冷卻效率的提高。

【圖式簡單說明】

【0031】

第1圖為顯示本發明的異質磊晶膜的製作方法的一例的流程圖。

第2圖為顯示第1實施形態的從第一步驟至第三步驟中的成長序列的一例的圖表。

第3圖為顯示藉由從單晶矽基板將3C-SiC單晶膜剝離來製作異質磊晶膜時的狀態的一例的流程圖。

第4圖為顯示藉由從單晶矽基板將3C-SiC單晶膜剝離來製作異質磊晶膜時的狀態的另一例的流程圖。

第5圖為顯示第2實施形態的從第一步驟至第三步驟中的成長序列的一例的圖表。

第6圖為顯示第3實施形態的從第一步驟至第三步驟中的成長序列的一例的圖表。

第7圖為顯示在實施例1(第1實施形態)中成長而成的SiC on Si(111)的In plane(平面內)XRD解析的結果的圖表。

第8圖為顯示實施例1(第1實施形態)的SiC on Si的剖面TEM(穿透型電子顯微鏡)影像的測定圖。

第9圖為顯示實施例2(第2實施形態)的SiC on Si的剖面TEM影像的測定圖。

【實施方式】

【0032】 以下參照圖式來說明本發明的實施形態，但本發明並不受此所限定。

如前所述先前一直尋求效率良好地獲得異質磊晶膜(3C-SiC單晶膜)的方法。於是，本發明人等致力進行研究後，結果發現下述事實而完成本發明：使用減壓CVD裝置，除了用以將單晶矽基板表面的自然氧化膜去除的氫焙(第一步驟)以外，還一面供給來源氣體(包含碳及矽)，一面對於壓力/溫度，將容易進行SiC的核形成的既定條件[壓力：1333 Pa以下、溫度：300℃以上且950℃以下](第二步驟)與SiC單晶容易成長且會於3C-SiC/矽界面形成空孔的既定條件[壓力：1333 Pa以下、溫度：800℃以上且未達1200℃](第三步驟)組合來進行，即能夠效率良好地形成高品質的3C-SiC單晶膜；如果進一步以該空孔來從單晶矽基板將3C-SiC單晶膜分離並剝離(第四步驟)，則能夠效率良好地獲得異質磊晶膜。

【0033】 以下列舉各步驟的各種具體例來說明。

第1圖為顯示本發明的異質磊晶膜的製作方法的一例的流程圖。此處，依序進行：氫焙(以下也稱為H_2退火)的第一步驟；SiC的核形成步驟的第二步驟；SiC單晶的成長步驟(3C-SiC單晶膜的形成步驟)的第三步驟；因應需要的元件步驟和切割步驟；以及將異質磊晶膜(3C-SiC單晶膜)剝離的第四步驟。

【0034】 (第1實施形態)

第2圖是顯示第1實施形態的從第一步驟至第三步驟中的成長序列的一例。以下說明各步驟。

<第一步驟>

首先，將單晶矽基板配置於減壓CVD裝置(以下也稱為RP-CVD裝置)中，並將氫氣導入，而藉由H_2退火來將表面的自然氧化膜去除。如果殘留有氧化膜，則無法在單晶矽基板上進行SiC的核形成。此時，H_2退火較佳是設為例如：溫度為1000℃以上且1200℃以下的條件。將溫度設為1000℃以上，即能夠防止用以防止自然氧化膜殘留的處理時間成為長時間，而較有效率。此外，如果設為1200℃以下，則能夠有效地防止因高溫而發生滑動移位。只是，此時，H_2退火的壓力和時間只要能夠將自然氧化膜去除即可，無特別限制。

在第2圖中顯示的例子中，已在1080℃進行H_2退火1分鐘。此外，氫氣的導入在此第一步驟後、及在第二、第三步驟中皆持續進行(載氣)。

【0035】 <第二步驟>

然後，將單晶矽基板設定成既定壓力及溫度後，將包含碳及矽的來源氣體作為SiC的原料氣體導入至RP-CVD裝置內來進行SiC的核形成。來源氣體能夠導入例如：單甲基矽烷、或三甲基矽烷(TMS)。相較於使用複數種氣體的情形，更簡單且也容易控制，而能夠更確實地進行3C-SiC單晶膜的形成。再者，與Si相比，C由於原子較小而

容易氣化，故考慮到原料效率時，三甲基矽烷再更加容易進行條件設定。

這樣的來源氣體的導入是在此第二步驟及隨後的第三步驟中進行。

【0036】 此外，此SiC的核形成只要壓力為1333 Pa(10 Torr)以下、溫度為300℃以上且950℃以下，則能夠在單晶矽基板的表面進行。

SiC的核形成步驟中，如果在較950℃更高溫的條件下，則單晶矽基板與原料氣體的反應容易進行，而無法在單晶矽基板的表面進行SiC的核形成。此外，當溫度為未達300℃時，溫度會過低而無法效率良好地進行SiC的核形成。

再者，此處，也一併考慮到隨後說明的第三步驟時，在第三步驟時如果溫度低於800℃，則SiC的異質磊晶成長不會進行。於是，能夠例如：從第二步驟的時間點開始將該SiC的核形成的溫度設定成較佳為800℃以上且950℃以下、更佳為850℃以上且900℃以下。像這樣將第二步驟的溫度設為800℃以上且950℃以下，即能夠使在SiC的核形成步驟(第二步驟)及隨後的3C-SiC單晶膜形成的第三步驟中要設定的溫度範圍重複，特別是能夠在同一溫度條件下進行此等第二、第三步驟。

此外，由於將壓力設為1333 Pa(10 Torr)以下，故能夠防止反應活性物種在氣相中與原料氣體進行反應等二次或更加高次的反應產生，故較有效率。壓力的下限值無

特別限定，能夠設為例如13 Pa(0.1 Torr)。再者，關於壓力，能夠與溫度同樣地，也在第二、第三步驟中設為相同條件。

在第2圖中顯示的例子中，此第二步驟及隨後的第三步驟為同一條件，是設為相同的壓力、相同的保持溫度(900℃)。

【0037】 <第三步驟>

此外，第三步驟也就是3C-SiC單晶膜形成步驟是在壓力1333 Pa(10 Torr)以下、溫度800℃以上且未達1200℃的條件下進行。藉由這樣的條件，即能夠效率良好地使SiC單晶成長而形成3C-SiC單晶膜。

再者，本發明中，由於在此第三步驟中將壓力設為1333 Pa(10 Torr)以下，故能夠防止所形成的3C-SiC多晶化，且如前所述在氣相中能夠抑制二次或更加高次的反應，而能夠確實且效率良好地形成3C-SiC單晶膜。同時，會於3C-SiC單晶膜正下方形成空孔，而能夠獲得使異質磊晶層整體的應力鬆弛的效果。而且，能夠設為較佳為133 Pa(1 Torr)以下，而能夠更確實地形成上述空孔，而能夠更確實地獲得使上述應力鬆弛的效果。壓力的下限值無特別限定，能夠設為例如13 Pa(0.1 Torr)。

此外，關於溫度，如果為未達800℃，則如前所述SiC單晶的成長不會進行，如果為1200℃以上，則可能會發生滑動移位。因此，如上所述設為800℃以上且未達1200℃。

在第2圖中顯示的例子中，如前所述第二、第三步驟為同一條件，且SiC的核形成與3C-SiC單晶膜的形成連續地進行。

【0038】 此時，膜厚由於會取決於壓力及溫度，故能夠依照以成為目標的膜厚的方式設定的壓力及溫度條件來適當設定成膜時間。

此時，3C-SiC單晶膜的膜厚能夠例如從2 nm左右的較薄的膜進行成膜直到數μm的厚膜為止。

【0039】 再者，所謂第2圖中顯示的二維成長模式中的層狀成長，是指layer by layer(逐層)的磊晶成長。

【0040】 如果在以上述方式進行而使其成長而成的3C-SiC單晶膜上使GaN成長，則能夠獲得具有高品質的GaN層的異質磊晶晶圓。

此時，GaN成長是藉由MOCVD(有機金屬化學氣相沉積法)來進行成膜而使GaN成長3 μm左右，該MOCVD是使用像三甲基鎵及三甲基銨這樣的有機金屬材料。

【0041】 並且，如果在以上述方式進行而使其成長而成的3C-SiC單晶膜上使Si成長，則能夠獲得具有高品質的Si磊晶層的基板。如果為本結構，則當為例如像IGBT這樣的電力元件時，此3C-SiC單晶膜會成為IGBT上的耐壓保持層。矽的絕緣破壞電場強度為0.3 MV/cm，另一方面，3C-SiC的絕緣破壞電場強度為3 MV/cm而3C-SiC更大10倍。也就是說，能夠以先前的矽IGBT的耐壓保持層的厚度的1/10來獲得同等的性能。當然，此時，無須只

以3C-SiC單晶膜來形成耐壓保持層，即使SiC與Si組合也充分。在以上述方式進行而使其成長至既定厚度而成的SiC上，使Si磊晶層成長。先前的SiC元件是使用SiC來形成閘極絕緣膜，而可靠性有問題，但本結構由於是使矽成長且使用此矽來使閘極絕緣膜成長，故能夠確保與先前的矽IGBT相同的閘極可靠性。此外，此時，矽層的厚度只要較需要的閘極結構更厚即可，能夠任意設定。

【0042】 <第四步驟>

然後，作為第四步驟，藉由從單晶矽基板以空孔來將所形成的3C-SiC單晶膜分離並剝離，來製作異質磊晶膜。

第3圖中顯示藉由從單晶矽基板將3C-SiC單晶膜剝離來製作異質磊晶膜時的狀態的一例。像第3圖的上段顯示的這樣，已藉由目前為止的步驟來於單晶矽基板1上形成異質磊晶膜3。再者，異質磊晶膜3至少包含3C-SiC單晶膜，可舉例如：只有3C-SiC單晶膜的情形、從單晶矽基板側依序具有3C-SiC膜及GaN膜的情形、和從單晶矽基板側依序具有3C-SiC膜及Si膜的情形等。而且，於單晶矽基板1與異質磊晶膜3之間(更具體而言為單晶矽基板1與異質磊晶膜3中的3C-SiC膜之間)形成有空孔區域2(為形成有3C-SiC/矽界面的空孔的區域，也稱為空孔形成部)。

【0043】 然後，像第3圖的中段顯示的這樣，於3C-SiC單晶膜上(也就是說，於異質磊晶膜3的表面)形成保護膜4。

此保護膜4的材質可舉例如：聚醯亞胺等樹脂、和以CVD來堆積而成的氧化膜等。

然後，能夠像第3圖的下段顯示的這樣，作為第四步驟，以空孔區域2為分界，從單晶矽基板1將具有3C-SiC單晶膜的異質磊晶膜3分離並剝離來取得。

【0044】 此外，第4圖中顯示製作異質磊晶膜的狀態的另一例。第4圖的例子中，是於3C-SiC單晶膜上(於異質磊晶膜3的表面)形成元件(第1圖的<元件步驟>：元件形成後的異質磊晶膜3')，並例如使用切割裝置5來進行切割(第1圖的<切割步驟>)後，作為第四步驟，以空孔區域2來將異質磊晶膜3'分離並剝離。此時，藉由剝離來獲得的異質磊晶膜3'會成為晶片狀(晶片6)。上述剝離能夠使用例如：剪裁器(clipper)或拾取器等，能夠藉由此等來從單晶矽基板1簡便地移除。然後，能夠黏貼在其它晶圓或另外的材質的基板來製作元件。

再者，也能夠進行刻劃取代切割。

【0045】 再者，作為另一例，也能夠在於3C-SiC單晶膜形成元件後形成保護膜後再進行第四步驟。此外，也可在3C-SiC單晶膜上形成元件並沿著該元件的刻劃線來將元件切割後形成保護膜後再進行第四步驟。並且，也能夠在有保護膜或無保護膜的情形下以黏著劑來黏著在保持台(例如各種基板)後進行第四步驟。

【0046】 如果為這樣的本發明的異質磊晶膜的製作方法，則能夠以形成空孔來效率良好地形成異質磊晶膜，並且藉

由在空孔區域的分離/剝離，而即使先前已形成元件，對該元件造成的損傷仍少，而能夠效率良好且簡便地獲得異質磊晶膜。而且，由於能夠在3C-SiC單晶膜與單晶矽基板的界面分離，故能夠極度減少在剝離後所得的單晶矽基板的損失，且能夠再利用於隨後的異質磊晶膜的製作。

【0047】 (第2實施形態)

第5圖為顯示第2實施形態的從第一步驟至第三步驟中的成長序列的一例。

<第一步驟>

首先，將單晶矽基板配置於RP-CVD裝置中，並藉由H_2退火來將表面的自然氧化膜去除。能夠與第1實施形態同樣地進行。

【0048】 <第二步驟>

然後，作為SiC的核形成步驟，將單晶矽基板設定為300℃以上且950℃以下、較佳為800℃以上且950℃以下、更佳為850℃以上且900℃以下的溫度，並將單甲基矽烷或三甲基矽烷導入來作為SiC的原料氣體。核形成時間能夠設為例如5分鐘。

【0049】 <第三步驟>

然後，作為3C-SiC單晶膜的形成步驟，將單晶矽基板溫度加熱直到1000℃以上且未達1200℃的溫度為止並且將單甲基矽烷或三甲基矽烷導入來作為SiC的原料氣體。

【0050】 在此3C-SiC單晶膜的形成步驟也就是第三步驟中，將壓力及溫度之中的1種以上較SiC的核形成步驟的第二步驟更加提高，而容易進行高速成長(在步驟彼此間的變更)。此外，在第三步驟中將壓力及溫度之中的1種以上提高，而也能夠容易進行高速成長(在步驟中的變更)。也能夠只進行上述的在步驟彼此間的變更及在步驟中的變更之中的1種，且也能夠進行雙方。

然後，能夠將第三步驟中的溫度設為1000℃以上且未達1200℃。此時，能夠將異質磊晶成長設為供給氣體的輸送速度瓶頸。不會受到單晶矽基板的面方位的限制，並且也容易對應於直徑300 mm這樣的直徑大之物。

【0051】 第5圖為只進行在步驟彼此間的變更的例子，保持在900℃來進行第二步驟，且第三步驟是保持在1190℃來進行(壓力為例如在第二、第三步驟中相同)。只是，不限定於此，也能夠例如：保持在900℃來進行第二步驟，並暫時停止三甲基矽烷的導入後，作為第三步驟，重新開始三甲基矽烷的導入並在900℃、或較900℃更高溫且較1190℃更低溫的條件下保持既定時間後升溫至1190℃並保持。

【0052】 再者，第5圖是在較第1實施形態(900℃)更高溫(1190℃)進行成長，但我們認為在這樣的條件下也能夠進行異質磊晶成長為由下述所得的效果等：在將溫度提高時已使H_2流入，由該H_2所得的效果；或由在成長中在過程中(也就是在從第二步驟轉移至第三步驟時)改變溫度而

改變成長模式所得的效果。像第5圖中顯示的這樣，以第5圖的序列也從核形成成為二維成長。

【0053】 此外，特別是，在SiC的核形成步驟及3C-SiC單晶膜的形成步驟的初期階段中，將壓力設為1333 Pa(10 Torr)以下、較佳為133 Pa(1 Torr)以下來於3C-SiC單晶膜正下方形成空孔後，在1333 Pa(10 Torr)以下的範圍內將壓力變更為較初期階段更高的條件，藉此能夠使異質磊晶層整體的應力鬆弛與有效率的3C-SiC單晶膜的形成兼顧。

【0054】 然後，如果在以上述方式進行而使其成長而成的3C-SiC單晶膜上使GaN或Si成長，則能夠獲得具有高品質的GaN磊晶層或Si磊晶層的基板。

【0055】 <第四步驟>

藉由從單晶矽基板以空孔來將所形成的3C-SiC單晶膜分離並剝離，來製作異質磊晶膜。能夠與第1實施形態同樣地進行。

【0056】 (第3實施形態)

第6圖顯示第3實施形態的成長序列的一例。

<第一步驟>

首先，將單晶矽基板配置於RP-CVD裝置中，並在與第1實施形態相同的條件下進行H_2退火來將表面的自然氧化膜去除。

【0057】 <第二步驟、第三步驟>

然後，為了在單晶矽基板表面連續地進行SiC的核形成、及緊接著該SiC的核形成來進行的3C-SiC單晶膜的形成，而一面將單甲基矽烷或三甲基矽烷導入來作為原料氣體，一面從300℃以上且950℃以下的範圍的溫度緩緩升溫至1000℃以上且未達1200℃的範圍的溫度。如上所述，能夠在逐漸升溫的過程中連續地進行第二步驟及第三步驟。

升溫速度較佳是設為例如0.5℃/sec以上且2℃/sec以下。如果為此等級的升溫速度，則也並非過度快速的升溫速度，故能夠有效防止設定溫度與實際溫度發生偏離，而能夠設當進行溫度控制。此外，由於也並非過度緩慢的升溫速度，故能夠抑制SiC的核形成溫度帶的通過時間變長而容易發生不均勻的核形成、或者是容易發生異質磊晶成長中的缺陷形成。

【0058】 此時，可在升溫直到先前已預先設定在1000℃以上且未達1200℃的範圍內的既定溫度為止後在此停止成長，且也可在該溫度保持的狀態下使其持續成長直到成為既定膜厚為止。或者是，如果即使雖到達1000℃以上但未達直到上述既定溫度為止，仍在升溫的過程中到達既定膜厚，則也可在此停止成長。一面改變溫度一面進行成長，而一面連續改變成長模式，一面使其(從核形成改變成二維成長)成長，即能夠使成膜速度緩緩高速化。

第6圖中，以1℃/sec的升溫速度來從300℃升溫直到1130℃為止，並在維持此狀態下在1130℃保持既定時間。

【0059】 此外，特別是，在SiC的核形成步驟及3C-SiC單晶膜的形成步驟的初期階段中，將壓力設為1333 Pa(10 Torr)以下、較佳為133 Pa(1 Torr)以下來於3C-SiC單晶膜正下方形成空孔後，在1333 Pa(10 Torr)以下的範圍內將壓力變更為較初期階段更高的條件，藉此能夠使異質磊晶層整體的應力鬆弛與有效率的3C-SiC單晶膜的形成兼顧。

【0060】 然後，如果在以上述方式進行而使其成長而成的3C-SiC單晶膜上使GaN或Si成長，則能夠獲得具有高品質的GaN磊晶層或Si磊晶層的基板。

【0061】 <第四步驟>

藉由從單晶矽基板以空孔來將所形成的3C-SiC單晶膜分離並剝離，來製作異質磊晶膜。能夠與第1實施形態同樣地進行。

[實施例]

【0062】 以下列舉本發明的實施例及比較例來更具體說明本發明，但本發明並不受此等所限定。

(實施例1)

準備直徑300 mm、面方位(111)、已摻雜硼的高電阻率單晶矽基板，將晶圓配置於RP-CVD裝置的反應爐內

的感受器上，並在1080℃進行1分鐘的H_2退火(第一步驟)。

然後，將成長溫度設為900℃、將成長壓力設為133 Pa(1 Torr)來將三甲基矽烷氣體導入，而進行SiC的核形成步驟(第二步驟)及3C-SiC單晶膜的成長(第三步驟)。進行5分鐘的成長後，結果膜厚成為13 nm。

【0063】 然後，以平面內配置來確認XRD(X射線繞射)光譜後，結果像第7圖的XRD解析結果的圖表顯示的這樣能夠確認到與Si(220)平行的3C-SiC(220)的峰值，而能夠確認到單晶的3C-SiC膜已成長。

此外，其剖面TEM影像是如第8圖所示。結果，能夠確認到於3C-SiC單晶膜(異質磊晶膜3)的正下方形成有空孔(空孔形成部2)。再者，符號10表示剖面TEM攝影用的表面保護膜。

【0064】 然後，將黏著劑塗佈於3C-SiC單晶膜上的保護膜的表面並黏貼在石英基板。然後，將此基板在已夾持的狀態下撕下後，結果能夠從3C-SiC/矽界面的空孔形成部進行3C-SiC單晶膜(異質磊晶膜)的分離/剝離(第四步驟)。

此外，作為另一剝離方法，能夠對於已使3C-SiC單晶膜成長的基板，從3C-SiC單晶膜側切割成1 mm×1 mm的大小後(切割深度為較3C-SiC單晶膜的厚度些微地更深的程度)，使用剪裁器來將表面吸附並以空孔形成部來將3C-SiC單晶膜剝離來作為晶片。

【0065】 (實施例2)

準備直徑300 mm、面方位(111)、已摻雜硼的高電阻率單晶矽基板，將晶圓配置於RP-CVD裝置的反應爐內的感受器上，並在1080℃進行1分鐘的H_2退火(第一步驟)。

然後，作為第二步驟(SiC的核形成步驟)，在成長溫度900℃將三甲基矽烷氣體導入5分鐘。

然後，作為第三步驟(3C-SiC單晶膜形成步驟)，使成長溫度升溫直到1190℃為止來將三甲基矽烷氣體導入，而進行3C-SiC單晶膜的成長。此時，成長壓力一律設為133 Pa(1 Torr)。進行1分鐘的成長後，結果膜厚成為30 nm左右。

【0066】 在成膜後，以平面內配置來確認XRD光譜後，結果與實施例1同樣地能夠確認到與Si(220)平行的3C-SiC(220)的峰值，而能夠確認到單晶的3C-SiC膜已成長。

此外，其剖面TEM影像是如第9圖所示。結果，能夠確認到於3C-SiC單晶膜的正下方形成有空孔。

【0067】 然後，使用黏著劑及石英基板來與實施例1同樣地進行而進行第四步驟後，結果能夠從3C-SiC/矽界面的空孔形成部進行3C-SiC單晶膜的剝離。

此外，關於另一剝離方法，也與實施例1同樣地進行後，結果能夠以空孔形成部來將3C-SiC單晶膜剝離來作為晶片。

【0068】（實施例3）

除了將第二步驟、第三步驟的成長壓力設為1333 Pa(10 Torr)、將成長溫度設為950℃以外，其餘在與實施例1相同的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。結果，膜厚成為20 nm左右。

然後，以平面內配置來確認XRD光譜後，結果能夠確認到與Si(220)平行的3C-SiC(220)的峰值，而能夠確認到單晶的3C-SiC膜已成長。此外，能夠確認到於3C-SiC單晶膜的正下方形成有空孔。

並且，使用黏著劑及石英基板來與實施例1同樣地進行而進行第四步驟後，結果能夠從3C-SiC/矽界面的空孔形成部進行3C-SiC單晶膜的剝離。

【0069】（實施例4）

除了將第二步驟、第三步驟的成長溫度分別設為300℃、800℃以外，其餘在與實施例2相同的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。結果，膜厚成為12 nm左右。

然後，以平面內配置來確認XRD光譜後，結果能夠確認到與Si(220)平行的3C-SiC(220)的峰值，而能夠確認到單晶的3C-SiC膜已成長。此外，能夠確認到於3C-SiC單晶膜的正下方形成有空孔。

並且，使用黏著劑及石英基板來與實施例2同樣地進行而進行第四步驟後，結果能夠從3C-SiC/矽界面的空孔形成部進行3C-SiC單晶膜的剝離。

【0070】（比較例1）

除了將第二步驟、第三步驟的成長壓力設為3999Pa(30 Torr)以外，其餘在與實施例2相同的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。結果，膜厚成為33 nm左右。

然後，以平面內配置來確認XRD光譜後，結果能夠確認到與Si(220)平行的3C-SiC(220)的峰值，而能夠確認到單晶的3C-SiC膜已成長。然而，於3C-SiC單晶膜的正下方無法確認到空孔的形成。

並且，雖使用黏著劑及石英基板來與實施例2同樣地進行而嘗試進行3C-SiC單晶膜的剝離，但無法剝離。我們認為其原因為：無法形成上述空孔。

【0071】 (比較例2)

除了將第二步驟的成長溫度設為200℃或1000℃以外，其餘在與實施例2相同的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。結果，膜厚分別成為2 nm、4 nm左右。

以上述方式形成的膜厚較實施例2更為極薄，而效率顯著更為不良。我們認為其原因為：由於第二步驟的溫度過低或過高，故無法充分進行SiC的核形成，因此在第三步驟中幾乎未進行異質磊晶成長。

【0072】 (比較例3)

除了將第三步驟的成長溫度設為700℃或1250℃以外，其餘在與實施例2相同的條件下進行3C-SiC單晶膜的形成。結果，膜厚分別成為7 nm、50 nm左右。

如上所述，當為700℃時，所形成的膜厚較實施例2更為極薄，而效率顯著更不良。此外，當為1250℃時，發生滑動移位。

【0073】 再者，本發明並不受上述實施形態所限定。上述實施形態只是例示，只要具有與本發明的申請專利範圍中所記載的技術思想實質上相同的構成且產生相同的作用效果，無論是何種，都包含在本發明的技術範圍內。

【符號說明】

【0074】

1：單晶矽基板

2：空孔區域(空孔形成部)

3：異質磊晶膜

3’：元件形成後的異質磊晶膜

4：保護膜

5：切割裝置

6：晶片

10：剖面TEM攝影用的表面保護膜

【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】 一種異質磊晶膜的製作方法，其特徵在於：包括在單晶矽基板上使3C-SiC單晶膜異質磊晶成長後從前述單晶矽基板將前述3C-SiC單晶膜剝離的步驟，並且，包括：

第一步驟，其使用減壓CVD裝置，藉由氫焙來將前述單晶矽基板的表面的自然氧化膜去除；

第二步驟，其一面將包含碳及矽的來源氣體供給至前述減壓CVD裝置內，一面在壓力1333 Pa以下、溫度300℃以上且950℃以下的條件下在前述單晶矽基板上進行SiC的核形成；第三步驟，其在壓力1333 Pa以下、溫度800℃以上且未達1200℃的條件下使SiC單晶成長而形成3C-SiC單晶膜並且於該3C-SiC單晶膜正下方形成空孔；及

第四步驟，其藉由從前述單晶矽基板以前述空孔來將前述3C-SiC單晶膜分離並剝離，來製作前述異質磊晶膜。

【請求項2】 如請求項1所述的異質磊晶膜的製作方法，其使用單甲基矽烷或三甲基矽烷來作為前述來源氣體。

【請求項3】 如請求項1所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第一步驟是在溫度1000℃以上且1200℃以下的條件下進行。

【請求項4】 如請求項2所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第一步驟是在溫度1000℃以上且1200℃以下的條件下進行。

【請求項5】 如請求項 1 所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是在壓力 133 Pa 以下的條件下進行。

【請求項6】 如請求項 2 所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是在壓力 133 Pa 以下的條件下進行。

【請求項7】 如請求項 3 所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是在壓力 133 Pa 以下的條件下進行。

【請求項8】 如請求項 4 所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是在壓力 133 Pa 以下的條件下進行。

【請求項9】 如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是將壓力及溫度之中的 1 種以上較前述第二步驟的條件更加提高來進行。

【請求項10】如請求項 9 所述的異質磊晶膜的製作方法，其中，前述第三步驟是在溫度 1000℃以上且未達 1200℃的條件下進行。

【請求項11】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟中將壓力及溫度之中的 1 種以上提高。

【請求項12】如請求項 11 所述的異質磊晶膜的製作方法，其藉由在溫度從 300℃以上且 950℃以下的範圍緩緩升溫至 1000℃以上且未達 1200℃的範圍的條件下進行前述第二步驟、前述第三步驟，

來連續地進行前述 SiC 的核形成、及緊接著該 SiC 的核形成來進行的前述 3C-SiC 單晶膜的形成。

【請求項13】如請求項 12 所述的異質磊晶膜的製作方法，

其中，前述升溫是以 0.5℃/sec 以上且 2℃/sec 以下的升溫速度來進行。

【請求項14】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟後且前述第四步驟前，在前述所形成的 3C-SiC 單晶膜的表面進一步使 GaN 成長來形成 GaN 層。

【請求項15】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟後且前述第四步驟前，在前述所形成的 3C-SiC 單晶膜的表面進一步使 Si 成長來形成 Si 層。

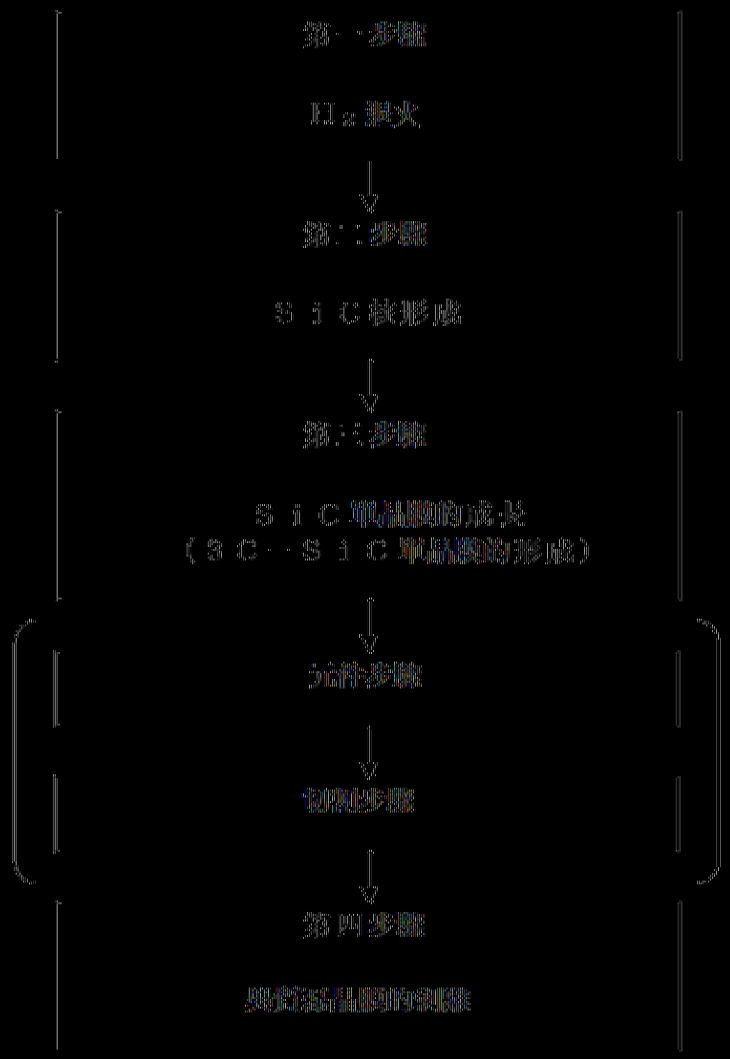
【請求項16】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟後，於前述所形成的 3C-SiC 單晶膜上形成保護膜後再進行前述第四步驟。

【請求項17】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟後，於前述所形成的 3C-SiC 單晶膜上形成元件並形成保護膜後再進行前述第四步驟。

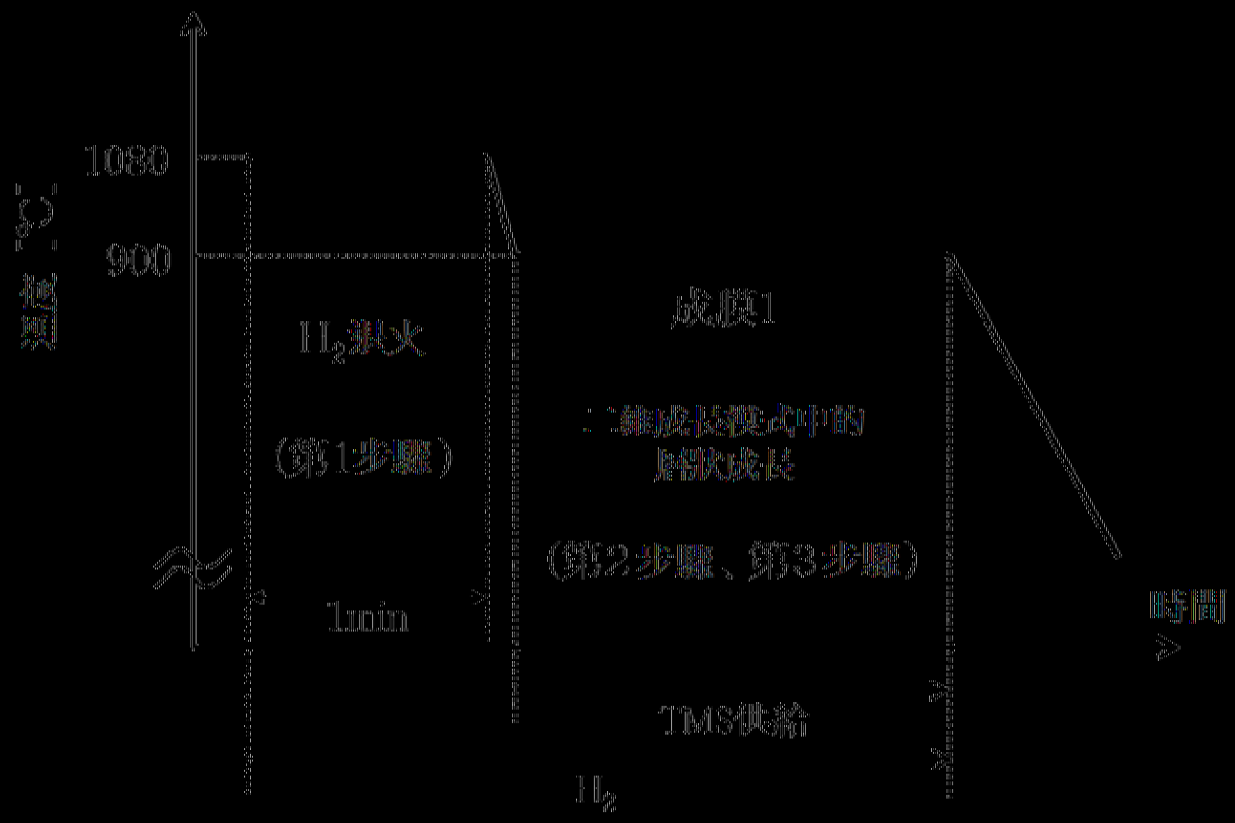
【請求項18】如請求項 1 至 8 中任一項所述的異質磊晶膜的製作方法，其在前述第三步驟後，於前述所形成的 3C-SiC 單晶膜上形成元件並在沿著該元件的刻劃線來將元件切割後形成保護膜後再進行前述第四步驟。

圖(發明圖式)

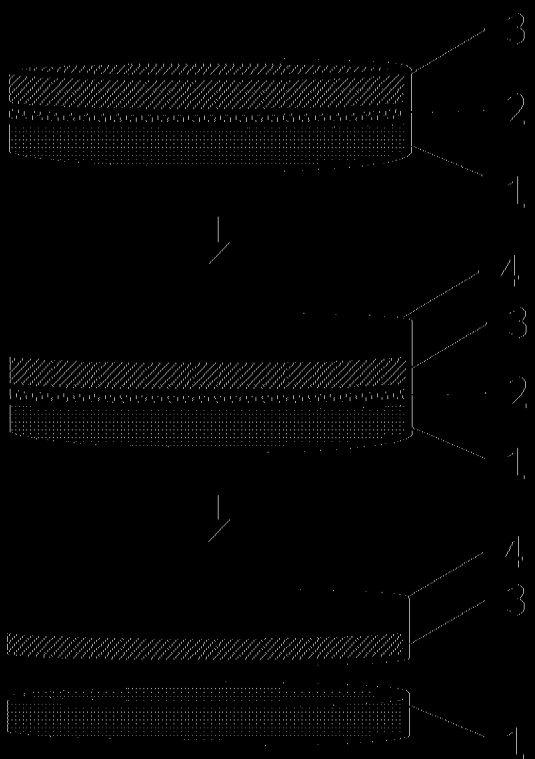
第 1 圖


第一步驟
H2與N2
第二步驟
SiC材料成形
第三步驟
SiC單晶體的成長
(3C-SiC單晶體的形成)
光阻步驟
切割步驟
第四步驟
SiC基板的研磨製程

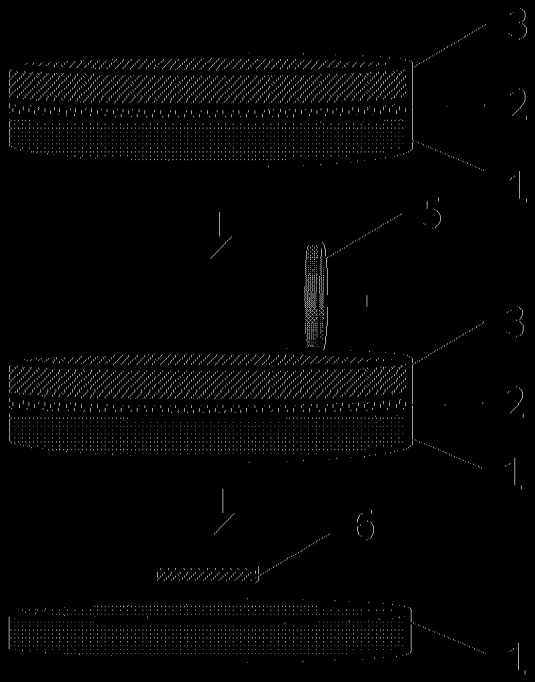
第 2 圖


溫度
1080
900
H_2通入
(第1步驟)
1min
成膜1
二氧化矽膜成膜中間
停止供給
(第2步驟、第3步驟)
TMS供給
H_2
時間

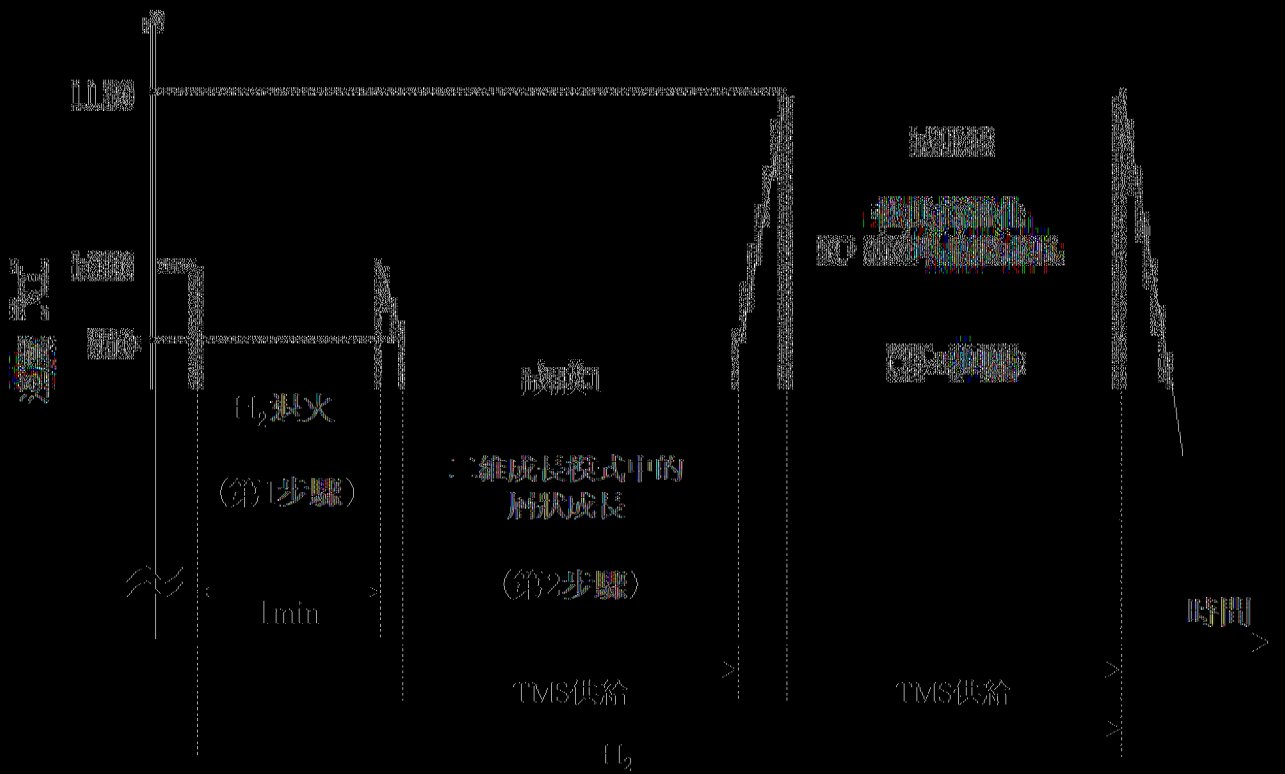
第 3 圖


3
2
1
4
3
2
1
4
3
1

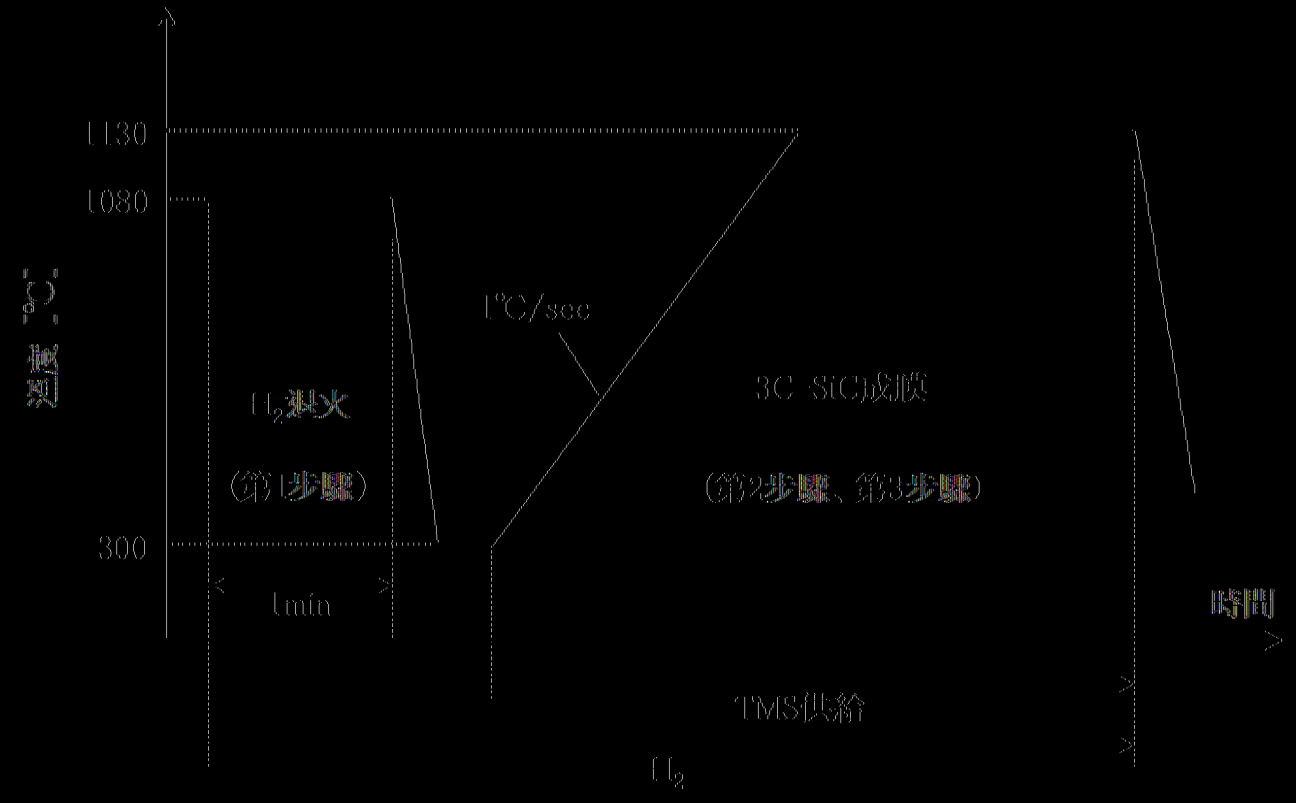
第 4 圖



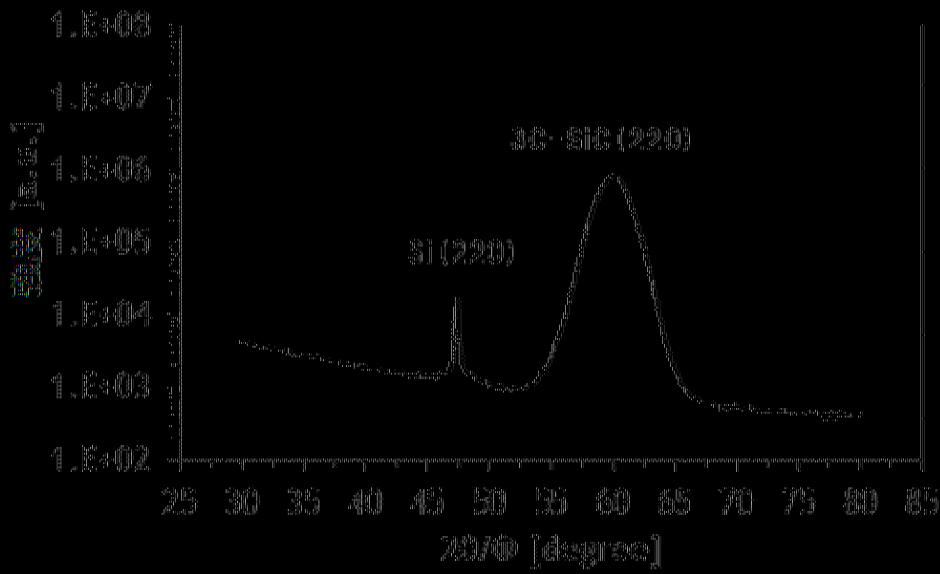
第 5 圖



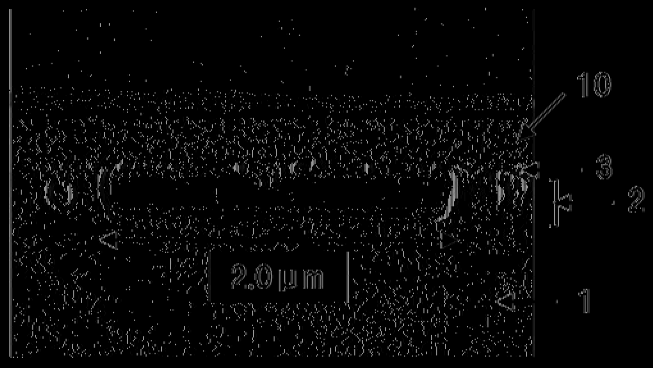
第６図


1130
1080
300
T℃/sec
H_2導入
(第1步驟)
1min
3C-SiC成膜
(第2步驟、第3步驟)
TMS供給
H_2
時間

第７図


1.E+08
1.E+07
1.E+06
1.E+05
1.E+04
1.E+03
1.E+02
3C-SiC(220)
Si(220)
25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85
2θ/ω [degree]

第 8 圖



第 9 圖

