



(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 202129093 A

(43) 公開日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：109133562

(22) 申請日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 28 日

(51) Int. Cl. : C30B23/06 (2006.01)

C30B29/36 (2006.01)

(30) 優先權：2019/09/27 日本

2019-178045

(71) 申請人：學校法人關西學院 (日本) KWANSEI GAKUIN EDUCATIONAL FOUNDATION
(JP)

日本

日商豐田通商股份有限公司 (日本) TOYOTA TSUSHO CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：金子忠昭 KANEKO, TADAAKI (JP)；小島清 KOJIMA, KIYOSHI (JP)

(74) 代理人：張耀暉；李元戎；莊志強

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：12 共 48 頁

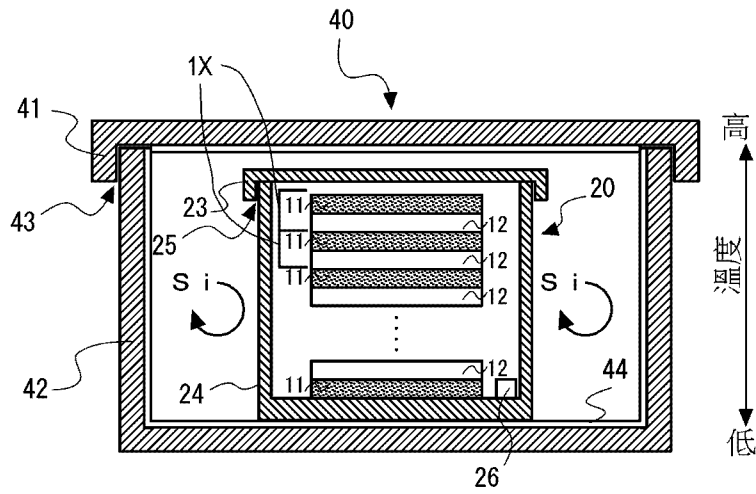
(54) 名稱

半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置

(57) 摘要

本發明要解決的課題係提供能夠讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。為了解決上述課題，本發明係實現半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置，前述半導體基板的製造方法係包含：設置步驟，係將原基板及原料體交互地設置；以及加熱步驟，係將前述原基板及前述原料體加熱，且在前述原基板上形成成長層。藉由設成此種構成，本發明係能夠在複數個原基板的各個上同時實現所期望的成長條件，因此能夠提供能讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1X:單位處理體

11:原基板

12:原料體

20:本體容器

23,41:上容器

24,42:下容器

25,43:間隙

26:矽蒸氣供給源

40:高熔點容器

44:矽蒸氣供給材料

【圖5】



202129093

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置**【中文】**

本發明要解決的課題係提供能夠讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。為了解決上述課題，本發明係實現半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置，前述半導體基板的製造方法係包含：設置步驟，係將原基板及原料體交互地設置；以及加熱步驟，係將前述原基板及前述原料體加熱，且在前述原基板上形成成長層。藉由設成此種構成，本發明係能夠在複數個原基板的各個上同時實現所期望的成長條件，因此能夠提供能夠讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。

【指定代表圖】 圖5。**【代表圖之符號簡單說明】**

1X:單位處理體

11:原基板

12:原料體

20:本體容器

23,41:上容器

24,42:下容器

25,43:間隙

26:矽蒸氣供給源

40:高熔點容器

109P001719TW

第 1 頁，共 2 頁(發明摘要)

44:矽蒸氣供給材料

【發明說明書】

【中文發明名稱】 半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種半導體基板的製造方法以及半導體基板的製造裝置。

【先前技術】

【0002】 以作為取代Si(矽)或GaAs(砷化鎵)之次世代的半導體材料來說，SiC(碳化矽)或GaN(氮化鎵)、Ga₂O₃(氧化鎵)等材料正受到矚目。

【0003】 例如，碳化矽的絕緣崩潰電場(dielectric breakdown electric field)比起矽大一位數(digit)，碳化矽的能帶隙(band gap)比起矽大三倍，碳化矽的熱傳導率比起矽高三倍左右。因此，碳化矽對於功率器件(power device)、高頻器件、高溫運作器件等的應用受到期待。

【0004】 通常，用於碳化矽半導體器件之製作的碳化矽基板係藉由將單晶碳化矽(single crystal SiC)的鑄錠(ingot)切片(slice)所製造。以作為該鑄錠的成長方法來說，主要採用昇華再結晶法(改良雷力(Rayleigh)法)(參照專利文獻1等)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0005】

[專利文獻1]日本特開平3-295898號公報。

【發明內容】**[發明所欲解決之課題]**

【0006】 話說，改良雷力法係使碳化矽原材料的昇華氣體在單晶基板(種晶(seed crystal))的表面再結晶化，藉此進行鑄錠的成長。因此，再結晶化過(成長過)後的表面係成為新的成長表面，藉由將此重複來實現鑄錠的長條化。

【0007】 然而，在該昇華再結晶法中有以下問題：伴隨著成長表面的移動，成長條件時時刻刻在變化，因此隨著鑄錠的部位不同而在單晶碳化矽的品質上產生不均。亦即，難以對鑄錠整體使高品質的單晶碳化矽成長。

【0008】 具體來說，由於鑄錠的成長表面係伴隨著鑄錠成長而移動，因此成長表面與碳化矽原材料之距離、及／或成長表面與加熱單元之相對位置會變化。如此，在鑄錠成長的初期階段與後期階段中，成長表面附近的成長條件會不同。

【0009】 結果，雖然在鑄錠的某部位中藉由所期望的成長條件而得到高品質的單晶碳化矽，但在該鑄錠的其他部位中卻偏離了較佳的成長條件，會發生差排(dislocation)之產生、其他的多型之混入、亞晶粒邊界(subgrain boundary)之產生等，會產生無法得到高品質的單晶碳化矽之問題。

【0010】 有鑑於上述問題，本發明係將提供能夠讓高品質的半導體基板成長之新穎技術作為要解決的課題。

[用以解決課題之手段]

【0011】 為了解決上述課題，本發明是一種半導體基板的製造方法，係包含：設置步驟，係將原基板及原料體交互地設置；以及加熱步驟，係將前述原基板及前述原料體加熱，且在前述原基板上形成成長層。藉由設成此種構成，本發明係能夠在複數個原基板的各個上同時實現所期望的成長條件，因此能夠

提供能讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。

【0012】 在本發明之一較佳形態中，前述設置步驟係將前述原基板及前述原料體設置於準密閉空間。藉由設成此種構成，本發明係能夠在所期望的蒸氣壓環境下實現原基板及原料體之間的原料輸送。

【0013】 在本發明之一較佳形態中，前述加熱步驟係以在前述原基板及前述原料體之間形成有溫度差的方式進行加熱。藉由設成此種構成，本發明係能夠在原基板及原料體之間實現可將原基板及原料體之間的溫度梯度(temperature gradient)當作驅動力的原料輸送。

【0014】 在本發明之一較佳形態中進一步包含：分離步驟，係將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以分離。藉由設成此種構成，本發明係能夠從包含成長層的基板將高品質的半導體基板予以分離。

【0015】 在本發明之一較佳形態中，前述分離步驟係包含：導入步驟，係對具有前述成長層之前述原基板導入損傷層(damage layer)；以及剝離步驟，係將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以剝離。藉由設成此種構成，本發明係能夠從原基板的表面將損傷層導入在所期望的深度，能夠從具有成長層之原基板將高品質的半導體基板予以分離。

【0016】 在本發明之一較佳形態中，前述設置步驟係以前述原基板與前述原料體緊貼的方式進行設置。本發明係能夠使形成成長層之原基板的數量增大，能夠提供能讓高品質的半導體基板成長且於經濟面優異的新穎技術。

【0017】 在本發明之一較佳形態中，前述設置步驟係在包含前述原基板及前述原料體的單位處理體之間設置原料輸送防止體，前述原料輸送防止體係防止前述原基板及前述原料體之間的原料輸送。藉由設成此種構成，本發明係能夠實現可在原基板的主面或背面上形成成長層之結晶成長。

【0018】 在本發明之一較佳形態中，前述原基板及前述原料體係包含碳化

矽材料。藉由設成此種構成，本發明係能夠提供能讓高品質的碳化矽半導體基板成長之新穎技術。

【0019】 為了解決上述課題，本發明是一種基板的製造裝置，係具有：本體容器，係能夠將原基板及原料體交互地設置；以及加熱爐，係能夠將前述原基板及前述原料體加熱，且能夠在前述原基板上形成成長層。藉由設成此種構成，本發明係能夠在複數個原基板的各個上同時實現所期望的成長條件，因此能夠提供能讓高品質的半導體基板成長之新穎技術。

【0020】 在本發明之一較佳形態中，前述本體容器係在內部具有準密閉空間。藉由設成此種構成，本發明係能夠在所期望的蒸氣壓環境下實現原基板及原料體之間的原料輸送。

【0021】 在本發明之一較佳形態中，前述本體容器係能夠將前述原基板、前述原料體、原料輸送防止體、其他的原基板及其他的原料體依序堆積，能夠設置前述原基板、前述原料體、前述原料輸送防止體、前述其他的原基板及前述其他的原料體。藉由設成此種構成，本發明係能夠實現可僅在原基板的主面或背面上形成成長層之結晶成長。

【0022】 在本發明之一較佳形態中，前述加熱爐係能夠在前述原基板及前述原料體之間形成溫度梯度。藉由設成此種構成，本發明係能夠在原基板及原料體之間實現可將原基板及原料體之間的溫度梯度當作驅動力的原料輸送。

【0023】 在本發明之一較佳形態中，進一步具有：分離機構，係能夠將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以分離。藉由設成此種構成，本發明係能夠從包含成長層的基板將高品質的半導體基板予以分離。

【0024】 在本發明之一較佳形態中，前述分離機構係具有：導入機構，係能夠對具有前述成長層之前述原基板照射雷射光，且能夠對具有前述成長層之前述原基板導入損傷層；以及剝離機構，係能夠將具有前述成長層之前述原基

板的一部分予以剝離。藉由設成此種構成，本發明係能夠從原基板的表面將損傷層導入在所期望的深度，能夠製造高品質的半導體基板。

【0025】 在本發明之一較佳形態中，前述原基板及前述原料體係包含碳化矽材料。藉由設成此種構成，本發明係能夠提供能讓高品質的碳化矽半導體基板成長之新穎技術。

[發明功效]

【0026】 根據已揭示的技術，能夠提供能讓高品質的碳化矽半導體基板成長之新穎技術。

【0027】 在一併結合圖式及申請專利範圍時，藉由參酌以下所記載的用以實施發明的形態，能夠明瞭其他的課題、特徵及優點。

【圖式簡單說明】

【0028】

[圖1]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造方法之說明圖。

[圖2]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造方法之說明圖。

[圖3]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造方法之說明圖。

[圖4]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造裝置之說明圖。

[圖5]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造裝置之說明圖。

[圖6]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造裝置之說明圖。

[圖7]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造裝置之說明圖。

[圖8]是本發明的一實施形態之半導體基板的製造裝置之說明圖。

[圖9]是關於參考例1中的BPD(Basal Plane Dislocation；基底面差排)數之評價的說明圖。

[圖10]是參考例2中的基板表面之SEM(Scanning Electron Microscope;掃描式電子顯微鏡)像。

[圖11]是參考例2中的基板表面之SEM像。

[圖12]是參考例3中的半導體基板的成長速度與加熱溫度之相關圖。

【實施方式】

【0029】 以下，加上圖式詳細地說明本發明之一實施形態。本發明之技術性範圍並非限定於隨附的圖式所示的實施形態，在申請專利範圍所記載的範圍內能夠適當變更。

【0030】 [半導體基板的製造方法]

以下，詳細地說明本發明的一實施形態之基板的製造方法(以下簡稱為製造方法)。

本說明書雖例示使用碳化矽材料來進行碳化矽結晶成長之情形，不過GaN(氮化鎵)、 Ga_2O_3 (氧化鎵)材料等的半導體材料也可以達到同樣的作用功效。因此，原基板11及原料體12是SiC、GaN及 Ga_2O_3 等的半導體材料。

【0031】 能夠將本發明作為包含以下步驟的製造方法來理解：設置步驟S1，係將原基板11及原料體12交互地設置；加熱步驟S2，係將原基板11及原料體12加熱，且在原基板11上形成成長層111；以及分離步驟S3，係將藉由加熱步驟S2所加熱之原基板11的一部分予以分離。

【0032】 [設置步驟S1]

本發明的一實施形態之設置步驟S1係將原基板11及原料體12交互地設置。此時，原基板11及原料體12係以成為大致平行的方式所設置。此時，藉由設置步驟S1所設置之原基板11及原料體12各自的數量沒有限制。

【0033】 設置步驟S1係將原基板11及原料體12設置於準密閉空間。

另外，在本說明書中之說明裡的「準密閉空間」係指以下空間：空間內部能夠抽真空，也能夠將已在空間內部產生的蒸氣之至少一部分封入。

【0034】 設置步驟S1係以原基板11及原料體12緊貼的方式進行設置。

在本說明書中之說明裡的「緊貼」係指：不同的構件等靠近並且隔出預定的離隔距離之情形。

【0035】 設置步驟S1係在包含原基板11及原料體12的單位處理體1X之間設置原料輸送防止體28，該原料輸送防止體28係防止後述之原基板11及原料體12之間的原料輸送。關於在本說明書中之說明裡的「單位處理體1X」，舉例來說，能夠理解成由一個原基板11及原料體12之各個所構成，又舉例來說，能夠理解成由複數個原基板11及原料體12之各個所構成。另外，能夠理解成本發明的一實施形態之設置步驟S1係設置1個以上的單位處理體1X。

【0036】 [原基板11及原料體12]

關於原基板11，能夠例示從以昇華法等製作之鑄錠切片成圓盤狀而得的碳化矽晶圓(SiC wafer)及將單晶碳化矽加工成薄板狀的碳化矽基板。另外，以作為單晶碳化矽的結晶多型(polycrystalline)來說，也能夠採用任意的多型體(polytype)。

【0037】 原料體12較佳為具有與原基板11相同的材料，且至少包含構成原基板11之原子種。原料體12係與原基板11同樣，能夠採用從以昇華法等製作之鑄錠切片成圓盤狀而得的碳化矽晶圓等，可以是單晶基板也可以是多晶基板。又，原料體12也可以是包含多晶碳化矽之燒結體(sintered body)等的加工品。

【0038】 關於本發明的一實施形態之單晶碳化矽基板表面，能夠例示從(0001)面或(000-1)面設置了數度(例如0.4°至8.0°)的偏離角(off angle)之表面(另外，在本說明書中，於密勒指數(Miller index)的標記中，「-」係意味著附在緊接在-

後面之指數的桿(bar)。

【0039】在已平坦化之單晶碳化矽基板表面係可確認到階-台階(step-terrace)構造。該階-台階構造係成為階與台階交互排列的階梯構造，其中該階是1分子層以上的階差部位，該台階是露出了{0001}面之平坦部位。已平坦化之單晶碳化矽基板表面上的階係1分子層(0.25 nm)為最小高度(最小單位)，且藉由該1分子層重疊複數層來形成各式各樣的階高度。

【0040】在本說明書中的說明裡將以下部分稱作宏階褶(Macro Step Bunching : MSB)：階束化(聚束)而巨大化，且具有超過各多型體之1晶胞(unit cell)的高度。

亦即，所謂的MSB在4H-SiC的情形是指超過4分子層(5分子層以上)而聚束了的階。在6H-SiC的情形是指超過6分子層(7分子層以上)而聚束了的階。

另外，由於MSB是成長層形成時表面上的缺陷產生、或碳化矽半導體器件中的氧化膜可靠度之阻礙等的要因之一，因此最好是不要形成在基板表面上。

【0041】原基板11及原料體12係能夠例示從數公分見方的晶片尺寸(chip size)到6吋以上的晶圓尺寸，其尺寸沒有限制。

【0042】原基板11係具有主面113(未圖示)及背面114。又，原料體12係具有主面123及背面124(未圖示)。

【0043】在本說明書中之說明裡的「表面」係指主面及背面雙方。又，在本說明書中之說明裡的「單面」係指主面及背面的任一方，其他單面係指與單面對之同一個基板的面。

又，在本說明書中的說明裡，成長層111係指藉由原料輸送而形成於原基板11上的成長層。

又，在本說明書中的說明裡，成長層121係指藉由原料輸送而形成於原料體12上的成長層。

【0044】 形成於原基板11上的成長層之表面較佳為基底面差排(BPD)密度無止境地減低。又，在成長層111等的形成中，BPD較佳為轉換成包含貫穿刃狀差排(Threading Edge Dislocation：TED)的其他缺陷／差排。

【0045】 [加熱步驟S2]

加熱步驟S2係以在原基板11及原料體12之間形成有溫度差的方式，將原基板11及原料體12加熱，使原基板11結晶成長，且在原基板11的表面形成成長層111。

【0046】 如圖1所示，在加熱步驟S2中，將原基板11設置於低溫側，藉此同時地進行：原基板11(背面114)上的成長層111之形成；以及原料體12(主面123)之蝕刻(etching)。

【0047】 加熱步驟S2係將原基板11及原料體12在準密閉空間內加熱。

【0048】 如圖2所示，在原基板11及原料體12中，持續地進行基於以下1)至5)的反應之原料輸送，例如能夠理解成在原料體12上形成成長層121。關於這點，在原基板11上形成成長層111的情形下也是同樣。

另外能夠理解成：本發明的一實施形態之原基板11及原料體12雖緊貼，不過原基板11及原料體12之間的微小空隙在該情形下也成為原料輸送空間。

【0049】

- 1) $\text{SiC(s)} \rightarrow \text{Si(v)} + \text{C(s)}$
- 2) $2\text{C(s)} + \text{Si(v)} \rightarrow \text{SiC}_2\text{(v)}$
- 3) $\text{C(s)} + 2\text{Si(v)} \rightarrow \text{Si}_2\text{C(v)}$
- 4) $\text{Si(v)} + \text{SiC}_2\text{(v)} \rightarrow 2\text{SiC(s)}$
- 5) $\text{Si}_2\text{C(v)} \rightarrow \text{Si(v)} + \text{SiC(s)}$

【0050】 1)的說明：原基板11的背面114被熱分解，藉此矽原子(Si(v))從背面114脫離。

2)及3)的說明：藉著矽原子(Si(v))脫離而殘留在背面114的碳原子(C(s))係與原料輸送空間內的矽蒸氣(Si(v))反應成為Si₂C或SiC₂等而在原料輸送空間內昇華。

4)及5)的說明：已昇華的Si₂C或者是SiC₂等係藉由溫度梯度而到達／擴散至原料體12的主面123之台階，且到達階，藉此繼承主面123的多型而成長／形成成長層121(階流動成長(step-flow growth))。

【0051】 加熱步驟S2係包含：矽原子昇華步驟S21，係使矽原子從原基板11或原料體12的表面熱昇華；以及碳原子昇華步驟S22，係使殘留於原基板11或原料體12的表面之碳原子與原料輸送空間內的矽原子結合，藉此使殘留於原基板11或原料體12的表面之碳原子昇華。

又，加熱步驟S2係包含：蝕刻步驟S23，係基於矽原子昇華步驟S21及碳原子昇華步驟S22將原基板11或原料體12的表面予以蝕刻。舉例來說，加熱步驟S2係包含：成長步驟S24，係一方面蝕刻原料體12的表面，一方面在原基板11的表面上形成基於上述階流動成長的成長層111。加熱步驟S2中所含的各步驟係依序進行。另外，由於已被輸送的Si₂C或SiC₂等會成為過飽和且凝結，藉此形成成長層111，故能夠理解成成長步驟S24是基於PVT(Physical Vapor Transport；物理氣相輸送)的步驟。

又，能夠理解成：加熱步驟S2係包含將單晶碳化矽基板表面上的MSB予以分解之褶分解步驟。

【0052】 加熱步驟S2中的原料輸送之驅動力係能夠理解成：是因所形成之溫度梯度而起的原基板11及原料體12之間的蒸氣壓差。因此，能夠理解成：不只是在原基板11及原料體12各自的表面上的溫度差，因原基板11及原料體12之間的結晶構造而起的蒸氣壓差及／或化學位能(chemical potential)差也會成為原料輸送的驅動力。

【0053】另外，能夠理解成：於加熱步驟S2將原基板11、原料體12、原料輸送防止體28、原基板11及原料體12依序堆積之情形下，僅在原基板11的主面或背面上形成成長層111。

【0054】作為在加熱步驟S2中形成準密閉空間之裝置的一部分的碳化矽材料係適當地成為原料體12。

【0055】關於加熱步驟S2中的原料輸送，於準密閉空間內藉由摻雜物氣體(dopant gas)供給機構而供給有摻雜物氣體，藉此能夠調整成長層111的摻雜濃度(doping concentration)。能夠理解成：在準密閉空間內未藉由摻雜物氣體供給機構供給有摻雜物氣體之情形下，成長層111係繼承準密閉空間內的摻雜濃度。

【0056】加熱步驟S2中的原料輸送較佳為在具有包含矽元素之氣相種及包含碳元素之氣相種的環境下進行、更佳為在SiC-Si(碳化矽-矽)平衡蒸氣壓環境下進行、更佳為在SiC-C(碳化矽-碳)平衡蒸氣壓環境下進行。

【0057】在本說明書中之說明裡的「SiC-Si蒸氣壓環境」係指碳化矽(固體)與矽(液相)經由氣相而成為相平衡狀態時的蒸氣壓之環境。

又，在本說明書中之說明裡的「SiC-C平衡蒸氣壓環境」係指碳化矽(固相)與碳(固相)經由氣相而成為相平衡狀態時的蒸氣壓之環境。

【0058】SiC-Si平衡蒸氣壓環境係藉由將原子數比Si/C超過1的準密閉空間加熱而形成。

SiC-C平衡蒸氣壓環境係藉由將原子數比Si/C為1以下的準密閉空間加熱而形成。

【0059】加熱步驟S2中的加熱溫度較佳為以1400°C至2300°C的範圍設定、更佳為以1600°C至2000°C的範圍設定。

【0060】加熱步驟S2中的加熱時間係能夠以成為所期望的蝕刻量之方式設定成任意的時間。

例如，在蝕刻速度為 $1.0 \mu\text{m}/\text{min}$ 時，在欲將蝕刻量設為 $1.0 \mu\text{m}$ 之情形下，加熱時間係成為 1 min (1分鐘)。

【0061】關於加熱步驟S2中的溫度梯度，舉例來說，較理想為以 $0.1^\circ\text{C}/\text{mm}$ 至 $5.0^\circ\text{C}/\text{mm}$ 的範圍所設定且在原料輸送空間中為均等。

【0062】舉例來說，加熱步驟S2中的蝕刻量及成長量為 $0.1 \mu\text{m}$ 至 $20 \mu\text{m}$ 之範圍，不過可以因應需求而適當變更。又，能夠理解成：蝕刻量及成長量為同等。

【0063】加熱步驟S2中的蝕刻速度及成長層111的成長速度係能夠藉由上述溫度區域來控制，舉例來說，能夠以 $0.001 \mu\text{m}/\text{min}$ 至 $2.0 \mu\text{m}/\text{min}$ 的範圍設定。

【0064】能夠理解成：舉例來說，在加熱步驟S2中被蝕刻的單晶碳化矽基板上之表面層是經過機械式加工(例如切片、磨削(grinding)/研磨(lapping))及/或雷射加工等而被導入的傷、潛傷、應變(strain)等之損傷層300等。

【0065】 [分離步驟S3]

以作為將分離步驟S3中的基板13予以分離的手法來說，能夠例示以下等手法：多重線鋸(multi-wire-saw)切斷，係使複數根線(wire)往復運動藉此進行切斷；放電加工法，係間歇性地使電漿放電(plasma discharge)產生來進行切斷；以及使用雷射光進行切斷之手法，係使雷射光照射/聚光於結晶中來形成成為切斷之基點的層。分離步驟S3在採用使用雷射光進行切斷之手法的情形下，能夠使在基板13之分離中的材料損耗變少。

【0066】分離步驟S3係將具有成長層111之原基板11的一部分予以分離，得到具有成長層111的基板13。

又，分離步驟S3係至少包含：導入步驟S31，係對原基板11導入損傷層300；以及剝離步驟S32，係以損傷層300作為起點將基板13予以剝離。

【0067】如圖3所示，導入步驟S31係以從上表面起算的與欲分離的基板13

之厚度相當的距離作為深度，將對於原基板11具有透過性之波長的雷射光之聚光點定位在原基板11的內部，對原基板11照射雷射光來形成損傷層300。

【0068】如圖3所示，剝離步驟S32係將具有成長層111的基板13沿著損傷層300從原基板11剝離。剝離步驟S32係能夠例示使原基板11的表面與背面吸附於台座等來分離的手法。又，剝離步驟S32係使細的線沿著損傷層300往復運動或者是使超音波振動產生等，藉此對原基板11賦予常用的機械振動，把損傷層300當起點將基板13從原基板11剝離。

【0069】導入步驟S31及剝離步驟S32係能夠適當採用例如日本特開2013-49161號公報、日本特開2018-207034號公報、日本特表2017-500725號公報、日本特開2017-526161號公報等所記載之方法等周知技術的至少一部分。

又，導入步驟S31及剝離步驟S32係能夠適當採用例如日本特表2017-526161號公報、日本特表2017-500725號公報、日本特開2018-152582號公報、日本特表2019-500220號公報以及日本特表2019-511122號公報等專利文獻所記載之方法等周知技術的至少一部分。

【0070】如上述般，原基板11經過設置步驟S1、加熱步驟S2及分離步驟S3，藉此製造具有成長層111的基板13。藉由重複進行該步驟群，可重複製造具有成長層111的基板13。又，可將所製造之具有成長層111的基板13作為原基板11來再度進行該步驟群。

【0071】經過設置步驟S1、加熱步驟S2及分離步驟S3所得到的原基板11及基板13係分別具有殘留的損傷層300。因此，在本發明的一實施形態中，也可以對分離步驟S3後的原基板11及基板13施予包含蝕刻步驟S23之加熱步驟S2，藉此設成能夠將在原基板11及基板13中殘留的損傷層300去除之構成。

【0072】本發明之一實施形態係可依序進行設置步驟S1、加熱步驟S2、設置步驟S1a、加熱步驟S2a以及分離步驟S3。此時，設置步驟S1a係以使藉由設置

步驟S1所設置之原基板11及原料體12的設置順序倒轉的方式，沿著原基板11及原料體12的厚度方向設置原基板11及原料體12。又，此時加熱步驟S2a係與加熱步驟S2同樣地將原基板11及原料體12加熱。

【0073】 又，本發明之一實施形態係可依序進行設置步驟S1、加熱步驟S2、加熱步驟S2b及分離步驟S3。此時，加熱步驟S2b係以使沿著原基板11及原料體12的厚度方向所形成之溫度梯度倒轉的方式，將原基板11及原料體12加熱。又，此時加熱步驟S2b係在與加熱步驟S2同樣的溫度條件、氛圍(atmosphere)下，基於原料輸送機構將原基板11及原料體12加熱。

【0074】 [半導體基板的製造裝置]

以下，本說明書詳細地說明作為本發明之一實施形態的半導體基板的製造裝置(以下簡稱為製造裝置)。另外，對於與前面的製造方法所示的構成基本上相同之構成要素附加相同的符號而將其說明簡略化。

【0075】 如圖4所示，製造裝置係具有本體容器20、加熱爐30、高熔點容器40以及分離機構50。

【0076】 能夠理解成：原基板11及原料體12係以原基板11及原料體12隔出預定之離隔距離1112的方式交互地設置。

【0077】 離隔距離1112較佳為10 mm以下、更佳為7.0 mm以下、更佳為5.0 mm以下、更佳為4.0 mm以下、更佳為3.0 mm以下、更佳為2.0 mm以下、更佳為1.7 mm以下、更佳為1.5 mm以下、更佳為1.2 mm以下、更佳為1.0 mm以下、更佳為700 μm以下、更佳為500 μm以下、更佳為200 μm以下、更佳為100 μm以下、更佳為70 μm以下、更佳為50 μm以下、更佳為20 μm以下、更佳為10 μm以下、更佳為7.0 μm以下、更佳為5.0 μm以下、更佳為2.0 μm以下、更佳為1.0 μm以下、更佳為0.7 μm以下、更佳為0.5 μm以下、更佳為0.2 μm以下。

【0078】 又，離隔距離1112較佳為0.1 μm以上、更佳為0.2 μm以上、更佳

為0.5 μm 以上、更佳為0.7 μm 以上、更佳為1.0 μm 以上、更佳為2.0 μm 以上、更佳為5.0 μm 以上、更佳為7.0 μm 以上、更佳為10 μm 以上、更佳為20 μm 以上、更佳為50 μm 以上、更佳為70 μm 以上、更佳為100 μm 以上、更佳為200 μm 以上、更佳為500 μm 以上、更佳為700 μm 以上、更佳為1.0 mm以上、更佳為1.2 mm以上、更佳為1.5 mm以上、更佳為1.7 mm以上、更佳為2.0 mm以上、更佳為3.0 mm以上、更佳為4.0 mm以上、更佳為5.0 mm以上、更佳為7.0 mm以上。

【0079】 本體容器20係可具備將離隔距離1112予以調整的間隔件(spacer)等常用的距離調整機構27。距離調整機構27係由與原基板11及原料體12同樣的原子種所構成。

【0080】 [本體容器20]

如圖5所示，本體容器20是能夠將原基板11及原料體12交互地設置的容器。此時，原基板11及原料體12係以緊貼的方式設置。此時，本體容器20係在內部具有準密閉空間。又，本體容器20係於加熱時使以下的氣相種之蒸氣壓在內部產生：包含構成原基板11之原子種。此時，藉由本體容器20所設置之原基板11及原料體12各自的數量沒有限制。另外，原基板11及原料體12係可依原基板11、原料體12及原基板11之順序交互地設置，也可依原料體12、原基板11及原料體12之順序交互地設置。

【0081】 如圖6所示，本體容器20是能夠將原基板11及原料體12交互地設置的容器。此時，原基板11及原料體12係以藉由距離調整機構27離隔出離隔距離1112的方式交互地設置。另外，原基板11及原料體12係可依原基板11、原料體12及原基板11之順序交互地設置，也可依原料體12、原基板11及原料體12之順序交互地設置。

又，本體容器20係在內部具有準密閉空間。此時，本體容器20係於加熱時使以下的氣相種之蒸氣壓在內部產生：包含構成原基板11之原子種。此時，藉

由本體容器20所設置之原基板11及原料體12各自的數量沒有限制。

【0082】如圖7所示，本體容器20是能夠在包含原基板11及原料體12的單位處理體1X之間設置原料輸送防止體28的容器，該原料輸送防止體28係防止不同的單位處理體1X之間的原基板11及原料體12之間的原料輸送。此時，藉由本體容器20所設置之單位處理體1X及原料輸送防止體28各自的數量沒有限制。另外，原基板11及原料體12係可依原基板11、原料體12及原基板11之順序交互地設置，也可依原料體12、原基板11及原料體12之順序交互地設置。

原料輸送防止體28較佳為不會成為上述原基板11及原料體12之間的原料輸送中的輸送目的地或輸送來源的W、Re、Os、Ta、Mo等高熔點金屬；或Ta₉C₈、HfC、TaC、NbC、ZrC、Ta₂C、TiC、WC、MoC等碳化物；或HfB₂、TaB₂、ZrB₂、NB₂、TiB₂等硼化物。

【0083】如圖8所示，複數個本體容器20係各自收容一個原基板11。此時，複數個本體容器20的每一個係能夠互相嵌合。此時，本體容器20係在內部具有準密閉空間。此時，本體容器20係於加熱時使以下的氣相種之蒸氣壓在內部產生：包含構成原基板11之原子種。此時，收容一個原基板11的本體容器20之數量沒有限制。另外，也可以設成複數個本體容器20各自收容原基板11及原料體12之構成。

【0084】舉例來說，本體容器20係由包含多晶碳化矽之碳化矽材料所構成。因此，本體容器20的至少一部分係可作為原料體12成為原料輸送中的輸送目的地或輸送來源。

【0085】在本發明的一實施形態中，可藉由將圖5至圖8各圖中的構成之至少一部分予以適當組合，以實現至少能夠將原基板11及原料體12交互地設置的本體容器。

【0086】舉例來說，加熱過的本體容器20內之環境較期望為包含矽元素之

氣相種及包含碳元素之氣相種的混合系之蒸氣壓環境。以作為該包含矽元素之氣相種來說，能夠例示Si、Si₂、Si₃、Si₂C、SiC₂、SiC等。又，以作為包含碳元素之氣相種來說，能夠例示Si₂C、SiC₂、SiC、C等。

【0087】本體容器20之摻雜物及摻雜濃度係能夠配合欲形成的成長層111或成長層121之摻雜物及摻雜濃度來選擇。以作為摻雜物來說，能夠例示氮元素。

【0088】又，在本體容器20之加熱處理時，只要是使包含矽元素之氣相種的蒸氣壓及包含碳元素之氣相種的蒸氣壓在內部空間產生的構成，則能夠採用該構造。舉例來說，能夠示出多晶碳化矽在內表面的一部分露出的構成、在本體容器20內將多晶碳化矽分開設置的構成等。

【0089】舉例來說，本體容器20是具備能夠互相嵌合的上容器23及下容器24之嵌合容器。於上容器23與下容器24的嵌合部係形成有微小的間隙25，且構成為能夠從該間隙25進行本體容器20內的排氣(抽真空)。

【0090】 [矽蒸氣供給源26]

本體容器20係具有矽蒸氣供給源26(在圖4中未圖示，在圖5中有圖示)。矽蒸氣供給源26係用於以本體容器20內的準密閉空間之原子數比Si/C超過1的方式進行調整之目的。以作為矽蒸氣供給源來說，能夠例示固體的矽(矽片或矽粉末等的矽丸(Si pellet))或矽化合物。

【0091】例如，如本發明的一實施形態般，在本體容器20之整體由多晶碳化矽所構成的情形下，藉由設置矽蒸氣供給源26，本體容器20內的原子數比Si/C會超過1。具體來說，將滿足化學計量比1:1之原基板11及原料體12與矽蒸氣供給源26設置在滿足化學計量比1:1之多晶碳化矽的本體容器20內之情形下，本體容器20內的原子數比Si/C係會超過1。

【0092】本發明的一實施形態之SiC-Si平衡蒸氣壓環境係藉由將原子數比Si/C超過1的準密閉空間加熱而形成。又，本發明的一實施形態之SiC-C平衡蒸

氣壓環境係藉由將原子數比Si/C為1以下的準密閉空間加熱而形成。本發明的一實施形態之本體容器20係可用分別成為SiC-Si平衡蒸氣壓環境或SiC-C平衡蒸氣壓環境的方式，適當地設成收容預定的構件之構成。

【0093】 [加熱爐30]

加熱爐30是以形成以溫度從本體容器20的上容器23朝向下容器24而下降／上升的方式的溫度梯度之方式進行加熱的構成。藉此，在原基板11的厚度方向形成有溫度梯度。

【0094】 如圖4所示，加熱爐30係具備：主加熱室31，係能夠將被處理物(原基板11、本體容器20、高熔點容器40等)加熱到1000°C以上至2300°C以下的溫度；預備室32，係能夠將被處理物預備加熱到500°C以上的溫度；高熔點容器40，係能夠收容本體容器20；以及移動機構33(移動台)，係能夠將該高熔點容器40從預備室32向主加熱室31移動。

【0095】 主加熱室31係在俯視剖面觀看下形成為正六角形，且於主加熱室31的內側設置有高熔點容器40。主加熱室31內係具備有加熱單元34(網目加熱器(mesh heater))。又，於主加熱室31的側壁及／或天花板係固定有多層熱反射金屬板(未圖示)。多層熱反射金屬板係以使加熱單元34的熱朝向主加熱室31的大致中央部反射的方式所構成。

【0096】 加熱單元34係在主加熱室31內以將收容有被處理物之高熔點容器40予以包圍的方式所設置。此時，藉由在加熱單元34的外側設置有多層熱反射金屬板，能夠進行1000°C以上至2300°C以下的溫度範圍之升溫。

【0097】 舉例來說，加熱單元34係能夠採用電阻加熱式的加熱器或高頻感應加熱式的加熱器。

【0098】 加熱單元34也可以採用能夠在高熔點容器40內形成溫度梯度之構成。

舉例來說，加熱單元34也可以在上側(或者是下側)設置有多個加熱器地構成。又，加熱單元34也可以用寬度隨著朝向上側(或者是下側)而變大的方式構成。或者是，加熱單元34也可以用能夠隨著朝向上側(或者是下側)而將所供給的電力放大的方式構成。又，加熱單元34也能夠將溫度梯度的形成方向反轉。

【0099】於主加熱室31係連接有：真空形成用閥35，係進行主加熱室31內的排氣；惰性氣體注入用閥36，係對主加熱室31內導入惰性氣體；以及真空計37，係測定主加熱室31內的真空度。

【0100】真空形成用閥35係與將主加熱室31內予以排氣並抽真空的抽真空泵連接(未圖示)。藉由該真空形成用閥35及抽真空泵，主加熱室31內的真空度係能夠調整至較佳為10 Pa以下、更佳為1.0 Pa以下、最佳為 10^{-3} Pa以下。以作為該抽真空泵來說，能夠例示渦輪分子泵(turbomolecular pump)。

【0101】惰性氣體注入用閥36係與惰性氣體供給源連接(未圖示)。藉由該惰性氣體注入用閥36及惰性氣體供給源，能夠以 10^{-5} Pa至 10^4 Pa的範圍對主加熱室31內導入惰性氣體。以作為該惰性氣體來說，能夠選擇Ar等。

【0102】惰性氣體注入用閥36是能夠對本體容器20內供給摻雜物氣體的摻雜物氣體供給機構。亦即，藉由針對惰性氣體選擇摻雜物氣體(例如 N_2 等)，能夠提高成長層111的摻雜濃度。

【0103】預備室32係與主加熱室31連接，且藉由移動機構33構成為能夠將高熔點容器40移動。另外，本實施形態之預備室32係以能夠藉由主加熱室31之加熱單元34的餘熱而升溫的方式所構成。舉例來說，在將主加熱室31升溫到 $2000^{\circ}C$ 之情形下，預備室32係被升溫到 $1000^{\circ}C$ 左右，能夠進行被處理物的脫氣處理。

【0104】移動機構33係構成為：能夠載置高熔點容器40，能夠在主加熱室31及預備室32之間移動。

【0105】 由移動機構33所進行的主加熱室31與預備室32之間的搬運以最短1分鐘左右完成，因此能夠實現1 °C至1000 °C/min的升溫/降溫。藉此，由於進行急速升溫及急速降溫，故能夠觀察升溫中及降溫中的不具有低溫成長歷程之表面形狀。又，在圖4中將預備室32設置在主加熱室31的下方，但預備室32也可不限於此地配置於任意方向。

【0106】 本實施形態之移動機構33是載置高熔點容器40的移動台。該移動台與高熔點容器40的接觸部係成為熱的傳播路徑。藉此，能夠以移動台與高熔點容器40的接觸部側成為低溫側的方式在高熔點容器40內形成溫度梯度。

【0107】 在本實施形態之加熱爐30中，由於高熔點容器40的底部與移動台接觸，因此以溫度從高熔點容器40的上容器41朝向下容器42而下降的方式設有溫度梯度。

【0108】 溫度梯度的方向係能夠藉由將移動台與高熔點容器40之接觸部的位置予以變更來設定成任意的方向。舉例來說，在對移動台採用垂吊式等而將接觸部設於高熔點容器40的天花板之情形下，熱會往上方向散逸。因此對溫度梯度來說，以溫度從高熔點容器40的上容器41朝向下容器42而上升的方式設有溫度梯度。另外，以該溫度梯度來說，較期望為沿著原基板11及原料體12的厚度方向而形成。又，也可以如上述般，藉由加熱單元34的構成來形成溫度梯度。

【0109】 [高熔點容器40]

本實施形態之加熱爐30內的包含矽元素之氣相種的蒸氣壓環境係使用高熔點容器40及矽蒸氣供給材料44來形成。舉例來說，只要是能夠在本體容器20之周圍形成包含矽元素之氣相種的蒸氣壓之環境的方法，則能夠在本發明之半導體基板的製造裝置中採用。

【0110】 高熔點容器40較佳為包含以下的高熔點材料來構成：具有與構成

本體容器20之材料的熔點同等或在其以上的熔點之高熔點材料。

【0111】 舉例來說，高熔點容器40係能夠例示：屬於泛用耐熱構件的碳；屬於高熔點金屬的W、Re、Os、Ta、Mo；屬於碳化物的Ta₉C₈、HfC、TaC、NbC、ZrC、Ta₂C、TiC、WC、MoC；屬於氮化物的HfN、TaN、BN、Ta₂N、ZrN、TiN；屬於硼化物的HfB₂、TaB₂、ZrB₂、NB₂、TiB₂；多晶碳化矽等。

【0112】 如圖5所示，高熔點容器40與本體容器20同樣地是具備能夠互相嵌合的上容器41與下容器42的嵌合容器，且構成為能夠將本體容器20收容。於上容器41與下容器42的嵌合部係形成有微小的間隙43，且構成為能夠從該間隙43進行高熔點容器40內的排氣(抽真空)。

【0113】 高熔點容器40係具有：矽蒸氣供給材料44，係能夠對高熔點容器40內供給包含矽元素之氣相種的蒸氣壓。

【0114】 [矽蒸氣供給材料44]

矽蒸氣供給材料44只要是在加熱處理時使矽蒸氣在高熔點容器40內產生的構成即可，舉例來說，能夠例示固體的矽(矽片或矽粉末等的矽丸)或矽化合物。

【0115】 舉例來說，矽蒸氣供給材料44是將高熔點容器40的內壁予以被覆的薄膜。

【0116】 在高熔點容器40為碳化鈮等的金屬化合物之情形下，矽蒸氣供給材料44舉例來說是構成高熔點容器40的金屬原子及矽原子的矽化物(silicide)材料。

【0117】 [分離機構]

分離機構50係將具有成長層111之原基板11的一部分予以分離，得到具有成長層111的基板13。

又，分離機構50係至少包含：導入機構51，係對原基板11導入損傷層300；以及剝離機構52，係以損傷層300作為起點將基板13予以剝離。

【0118】如圖3所示，導入機構51係以從上表面起算的與欲分離的基板13之厚度相當的距離作為深度，將對於成長層111及原基板11具有透過性之波長的雷射光之聚光點定位在原基板11的內部，對原基板11照射雷射光來形成損傷層300。

【0119】導入機構51係具備：保持機構(未圖示)，係能夠基於例如吸附夾具(suction chuck)等常用的手法來保持原基板11及原料體12；振盪機構511，是能夠照射脈衝振盪(pulse oscillating)之雷射光的光源；以及常用的聚光機構512，是能夠將該雷射光予以聚光的透鏡(lens)等；導入機構51係能夠掃描振盪機構511及聚光機構512的至少一部分。

又，導入機構51係具有：常用的調整機構，係能夠將構成導入機構51之各裝置的至少一部分在任意的軸方向上對齊(align)。另外，該雷射光的波長、時間寬度、輸出及點徑(spot diameter)等沒有限制。

【0120】如圖3所示，剝離機構52係將具有成長層111的基板13沿著損傷層300從原基板11剝離。

又，剝離機構52係能夠例示使原基板11的表面與背面吸附於台座等來分離的手法。

又，剝離機構52係使細的線沿著損傷層300往復運動或者是使超音波振動產生等，藉此對原基板11賦予常用的機械振動，把損傷層300當起點將基板13從原基板11剝離。

【0121】剝離機構52係具有：剝離用高熔點容器，係能夠收容原基板11；以及保持機構，係能夠基於吸附夾具等常用的手法來保持原基板11。

又，剝離機構52係具有：振動機構，係能夠產生包含超音波振動之常用的機械振動且將該機械振動給予原基板11；以及基於常用的手法之液體供給機構，係能夠供給純水等液體。

【0122】 導入機構51及剝離機構52係能夠適當採用用以實現周知技術的裝置等。

導入機構51及剝離機構52係分別能夠適當採用例如日本特開2013-49161號公報、日本特開2018-207034號公報、日本特表2017-500725號公報、日本特開2017-526161號公報等所記載之裝置等的至少一部分。

又，導入機構51及剝離機構52係分別能夠適當採用例如日本特表2017-526161號公報、日本特表2017-500725號公報、日本特開2018-152582號公報、日本特表2019-500220號公報以及日本特表2019-511122號公報等專利文獻所記載之裝置等的至少一部分。

【0123】 如上述般，原基板11經過由本體容器20、加熱爐30及分離機構50所進行之處理，藉此製造具有成長層111的基板13。亦可藉由重複進行該處理來重複製造具有成長層111的基板13。又，亦可將具有成長層111的基板13作為新的原基板11來進行該處理。

【0124】 本說明書係加上參考例1至參考例3來說明本發明之作用功效。

[參考例1]

用以下的條件將單晶碳化矽基板E10收容於本體容器20，且將本體容器20收容於高熔點容器40。

【0125】 [單晶碳化矽基板E10]

多型：4H-SiC。

基板尺寸：橫寬(10 mm)，縱寬(10 mm)，厚度(0.3 mm)。

偏離方向(off direction)及偏離角：<11-20> 方向偏離4°。

成長面：(0001)面。

有無MSB：無。

損傷層：無。

【0126】 [本體容器]

材料：多晶碳化矽。

容器尺寸：直徑(60 mm)，高度(4.0 mm)。

單晶碳化矽基板E10與碳化矽材料之距離：2.0 mm。

容器內的原子數比Si/C：1以下。

【0127】 [高熔點容器]

材料：TaC。

容器尺寸：直徑(160 mm)，高度(60 mm)。

矽蒸氣供給材料44(矽化合物)：TaSi₂。

【0128】 將已用上述條件設置的單晶碳化矽基板E10用以下的條件加熱處理。

加熱溫度：1700°C。

加熱時間：300 min。

溫度梯度：1.0°C/mm。

成長速度：5.0nm/min。

主加熱室31的真空度：10⁻⁵ Pa。

【0129】 圖9是求出在成長層E11中從BPD轉換成其他缺陷/差排(TED等)之轉換率的手法之說明圖。

【0130】 圖9中的(a)係表示藉由加熱步驟使成長層E11成長後的樣子。在該加熱步驟中，曾經存在於單晶碳化矽基板E10的BPD會以一定的機率轉換為TED。因此，在成長層E11的表面，只要不是100%轉換，TED與BPD會混合存在。

【0131】 圖9中的(b)係表示使用KOH(氫氧化鉀)溶解蝕刻法來確認成長層E11中之缺陷的樣子。該KOH溶解蝕刻法是以下的手法：將單晶碳化矽基板E10浸於加熱到約500°C的溶解鹽(KOH等)中，於差排或缺陷部分形成蝕刻坑(etch

pit)，藉由該蝕刻坑的大小／形狀來判別差排的種類。藉由該手法來評價存在於成長層E11之表面的BPD數。

【0132】圖9中的(c)係表示在KOH溶解蝕刻後將成長層E11去除的樣子。在本手法中，用機械研磨或CMP(Chemical Mechanical Polishing；化學機械拋光)等進行平坦化到蝕刻坑深度後，用熱蝕刻將成長層E11去除，藉此單晶碳化矽基板E10的表面露出。

【0133】圖9中的(d)係表示針對已去除成長層E11之單晶碳化矽基板E10使用KOH溶解蝕刻法來確認單晶碳化矽基板E10中之缺陷的樣子。藉由該手法來評價存在於單晶碳化矽基板E10的表面之BPD數。

【0134】依據圖9所示的一連串順序，將存在於成長層E11的表面之BPD數(參照圖9中的(b))與將存在於單晶碳化矽基板E10的表面之BPD數(圖9中的(d))予以比較，藉此能夠得到在加熱步驟S2中從BPD轉換為其他缺陷／差排的BPD轉換率。

【0135】存在於參考例1之成長層E11的表面之BPD數為約0個 cm^{-2} ，存在於單晶碳化矽基板E10的表面之BPD數為1000個 cm^{-2} 。亦即，能夠理解成：將表面不存在MSB的單晶碳化矽基板E10設置於原子數比Si／C為1以下的準密閉空間且進行加熱，藉此將BPD減低／去除。

【0136】在參考例1中，以本體容器20內的原子數比Si／C成為1以下的方式，於本體容器20內形成有SiC-C平衡蒸氣壓環境。能夠理解成：由於包含上述方法中的蝕刻步驟S23之加熱步驟S2與包含本發明的一實施形態之蝕刻步驟之加熱步驟S2是基於相同的反應基礎過程，所以在本發明的一實施形態之蝕刻步驟中也可以將BPD減低／除去。

【0137】 [參考例2]

用以下的條件將單晶碳化矽基板E10收容於本體容器20，進一步地將本體容

器20收容於高熔點容器40。

【0138】 [單晶碳化矽基板E10]

多型：4H-SiC。

基板尺寸：橫寬(10 mm)，縱寬(10 mm)，厚度(0.3 mm)。

偏離方向及偏離角：<11-20>方向偏離4°。

成長面：(0001)面。

有無MSB：有。

【0139】 [本體容器]

材料：多晶碳化矽。

容器尺寸：直徑(60 mm)，高度(4.0 mm)。

單晶碳化矽基板E10與碳化矽材料之距離：2.0 mm。

矽蒸氣供給源26：矽片。

容器內的原子數比Si/C：超過1。

【0140】 藉由在本體容器20內將單晶碳化矽基板與矽片一併收容，容器內的原子數比Si/C會超過1。

【0141】 [高熔點容器]

材料：TaC。

容器尺寸：直徑160 mm × 高度60 mm。

矽蒸氣供給材料44(矽化合物)：TaSi₂。

【0142】 將已用上述條件設置的單晶碳化矽基板E10用以下的條件加熱處理。

加熱溫度：1800°C。

加熱時間：60 min。

溫度梯度：1.0°C/mm。

成長速度：68nm/min。

主加熱室31的真空度： 10^{-5} Pa。

【0143】圖10是成長層E11之成長前的單晶碳化矽基板E10之表面的SEM像。圖10中的(a)是以倍率×1000觀察的SEM像，圖10中的(b)是以倍率×100000觀察的SEM像。能夠理解成：於該成長層E11之成長前的單晶碳化矽基板E10之表面係形成有MSB，且高度3.0 nm以上的階以平均 42 nm的台階寬進行排列。另外，用AFM(Atomic Force Microscope；原子力顯微鏡)測定了階高度。

【0144】圖11是成長層E11之成長後的單晶碳化矽基板E10之表面的SEM像。圖11中的(a)是以倍率×1000觀察的SEM像，圖11中的(b)是以倍率×100000觀察的SEM像。

能夠理解成：於參考例2之成長層E11的表面未形成有MSB，且1.0 nm(全晶胞(full unit cell))的階以14 nm的台階寬有規則地進行排列。另外，用AFM測定了階高度。

【0145】因此，能夠理解成：將表面存在有MSB的單晶碳化矽基板E10設置於原子數比Si/C超過1的準密閉空間且加熱，藉此形成有MSB被分解的成長層E11。

【0146】在參考例2中，由於矽蒸氣供給源26是以本體容器20內的原子數比Si/C超過1的方式所設置，故於本體容器20內形成有SiC-Si平衡蒸氣壓環境。

能夠理解成：由於包含上述方法中的蝕刻步驟S23之加熱步驟S2與包含本發明的一實施形態之蝕刻步驟之加熱步驟是基於相同的反應基礎過程，所以在本發明的一實施形態之蝕刻步驟中，單晶碳化矽基板的表面上的MSB也可以分解。

【0147】 [參考例3]

圖12是將以本發明之單晶碳化矽基板的製造方法進行成長後的加熱溫度與成長速度之關係予以表示的圖表(graph)。該圖表的橫軸是溫度的倒數，該圖表

的縱軸係將成長速度予以對數顯示。將設置單晶碳化矽基板E10於原子數比Si/C超過1的空間(本體容器20內)而對單晶碳化矽基板E10使成長層E11成長後之結果以○印表示。又，將設置單晶碳化矽基板E10於原子數比Si/C為1以下的空間(本體容器20內)而對單晶碳化矽基板E10使成長層E11成長後之結果以×印表示。

【0148】 又，在圖12的圖表中，將在SiC-Si平衡蒸氣壓環境下的碳化矽基板成長之熱力學計算的結果以虛線(阿瑞尼氏圖(Arrhenius' plot))表示，將在SiC-C平衡蒸氣壓環境下的碳化矽基板成長之熱力學計算的結果以二點鏈線(阿瑞尼氏圖)表示。

【0149】 在本手法中，碳化矽原料與碳化矽基板間的蒸氣壓環境係於成為SiC-Si平衡蒸氣壓環境或者是SiC-C平衡蒸氣壓環境之條件下，將化學位能差或溫度梯度作為成長驅動力來使單晶碳化矽基板E10成長。以該化學位能差來說，能夠例示在多晶碳化矽與單晶碳化矽的表面產生之氣相種的分壓差。

【0150】 在此，在將從碳化矽原料(輸送來源)與碳化矽基板(輸送目的地)產生之蒸氣的分壓差作為成長量之情形下，用以下的數學式1求得碳化矽的成長速度。

【0151】 [數學式1]

$$\text{成長速度} \propto \sum_{i=\text{SiC}, \text{Si}_2\text{C}, \text{SiC}_2} \frac{(P_{\text{輸送來源 } i} - P_{\text{輸送目的地 } i})}{\sqrt{2\pi m_i kT}}$$

【0152】 在此，T是碳化矽原料側的溫度、 m_i 是氣相種(Si_xC_y)之分子量、k是波茲曼常數(Boltzmann constant)。又， $P_{\text{輸送來源 } i} - P_{\text{輸送目的地 } i}$ 是原料氣體成為過飽和的狀態而作為碳化矽析出之成長量，且原料氣體係設想為SiC、 Si_2C 、 SiC_2 。

【0153】 因此，虛線是在碳化矽(固體)與矽(液相)經由氣相而成為相平衡狀態時的蒸氣壓環境下，將多晶碳化矽作為原料使單晶碳化矽成長時的熱力學計算的結果。具體來說，該結果是使用數學式1用以下的條件(i)至條件(iv)進行了熱

力學計算所得到的結果。

(i)是體積固定的SiC-Si平衡蒸氣壓環境。

(ii)成長驅動力是本體容器20內的溫度梯度、以及多晶碳化矽與單晶碳化矽的蒸氣壓差(化學位能差)。

(iii)原料氣體是SiC、Si₂C、SiC₂。

(iv)原料於單晶碳化矽基板E10之階吸附的吸附係數為0.001。

【0154】又，二點鏈線是在碳化矽(固相)與碳(固相)經由氣相而成為相平衡狀態時的蒸氣壓環境中，將多晶碳化矽作為原料而使單晶碳化矽成長時的熱力學計算的結果。具體來說，該結果是使用數學式1用以下的條件(i)至條件(iv)進行了熱力學計算所得到的結果。

(i)是體積固定的SiC-C平衡蒸氣壓環境。

(ii)成長驅動力是本體容器20內的溫度梯度、以及多晶碳化矽與單晶碳化矽的蒸氣壓差(化學位能差)。

(iii)原料氣體是SiC、Si₂C、SiC₂。

(iv)原料於單晶碳化矽基板E10之階吸附的吸附係數為0.001。

另外，用於熱力學計算之各化學種的資料係採用了JANAF熱化學表(JANAF thermochemical table)的值。

【0155】根據該圖12的圖表能夠理解成：將單晶碳化矽基板E10設置於原子數比Si/C超過1的空間(本體容器20內)而對單晶碳化矽基板E10使成長層E11成長後的結果(○印)，與SiC-Si平衡蒸氣壓環境下的碳化矽成長之熱力學計算的結果有一致傾向。又，能夠理解成：將單晶碳化矽基板E10設置於原子數比Si/C為1以下的空間(本體容器20內)而對單晶碳化矽基板E10使成長層E11成長後的結果(x印)，與SiC-C平衡蒸氣壓環境下的碳化矽成長之熱力學計算的結果有一致傾向。

【0156】 能夠理解成：在SiC-Si平衡蒸氣壓環境下，以1960°C的加熱溫度達成1.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上的成長速度。又，能夠理解成：以2000°C以上的加熱溫度達成2.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上的成長速度。另一方面，能夠理解成：在SiC-C平衡蒸氣壓環境下，以2000°C的加熱溫度達成1.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上的成長速度。又，能夠理解成：以2030°C以上的加熱溫度達成2.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上的成長速度。

【0157】 根據本發明，能夠提供能讓高品質的半導體基板成長之新穎技術，係能夠在複數個原基板的各個上同時實現所期望的成長條件。

【符號說明】

【0158】

1X:單位處理體

11:原基板

12:原料體

13:基板

20:本體容器

23,41:上容器

24,42:下容器

25,43:間隙

26:矽蒸氣供給源

27:距離調整機構

28:原料輸送防止體

30:加熱爐

- 31:主加熱室
- 32:預備室
- 33:移動機構(移動台)
- 34:加熱單元
- 35:真空形成用閥
- 36:惰性氣體注入用閥
- 37:真空計
- 40:高熔點容器
- 44:矽蒸氣供給材料
- 50:分離機構
- 51:導入機構
- 52:剝離機構
- 111,121,E11:成長層
- 113,123:主面
- 114,124:背面
- 300:損傷層
- 511:振盪機構
- 512:聚光機構
- 1112:離隔距離
- E10:單晶碳化矽基板
- S1,S1a:設置步驟
- S2,S2a,S2b:加熱步驟

S3:分離步驟

S21:矽原子昇華步驟

S22:碳原子昇華步驟

S23:蝕刻步驟

S24:成長步驟

S31:導入步驟

S32:剝離步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種半導體基板的製造方法，係包含：
設置步驟，係將原基板及原料體交互地設置；以及
加熱步驟，係將前述原基板及前述原料體加熱，且在前述原基板上形成成長層。

【請求項2】 如請求項1所記載之半導體基板的製造方法，其中前述設置步驟係將前述原基板及前述原料體設置於準密閉空間。

【請求項3】 如請求項1或2所記載之半導體基板的製造方法，其中前述加熱步驟係以在前述原基板及前述原料體之間形成有溫度差的方式進行加熱。

【請求項4】 如請求項1或2所記載之半導體基板的製造方法，其中進一步包含：分離步驟，係將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以分離。

【請求項5】 如請求項4所記載之半導體基板的製造方法，其中前述分離步驟係包含：

導入步驟，係對具有前述成長層之前述原基板導入損傷層；以及

剝離步驟，係將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以剝離。

【請求項6】 如請求項1或2所記載之半導體基板的製造方法，其中前述設置步驟係以前述原基板與前述原料體緊貼的方式進行設置。

【請求項7】 如請求項1或2所記載之半導體基板的製造方法，其中前述設置步驟係在包含前述原基板及前述原料體的單位處理體之間設置原料輸送防止體，前述原料輸送防止體係防止前述原基板及前述原料體之間的原料輸送。

【請求項8】 如請求項1或2所記載之半導體基板的製造方法，其中前述原基板及前述原料體係包含碳化矽材料。

【請求項9】 一種半導體基板的製造裝置，係具有：

本體容器，係能夠將原基板及原料體交互地設置；以及

加熱爐，係能夠將前述原基板及前述原料體加熱，且能夠在前述原基板上形成成長層。

【請求項10】 如請求項9所記載之半導體基板的製造裝置，其中前述本體容器係在內部具有準密閉空間。

【請求項11】 如請求項9或10所記載之半導體基板的製造裝置，其中前述本體容器係能夠將前述原基板、前述原料體、原料輸送防止體、其他的原基板及其他的原料體依序堆積，能夠設置前述原基板、前述原料體、前述原料輸送防止體、前述其他的原基板及前述其他的原料體。

【請求項12】 如請求項9或10所記載之半導體基板的製造裝置，其中前述加熱爐係能夠在前述原基板及前述原料體之間形成溫度梯度。

【請求項13】 如請求項9或10所記載之半導體基板的製造裝置，其中進一步具有：分離機構，係能夠將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以分離。

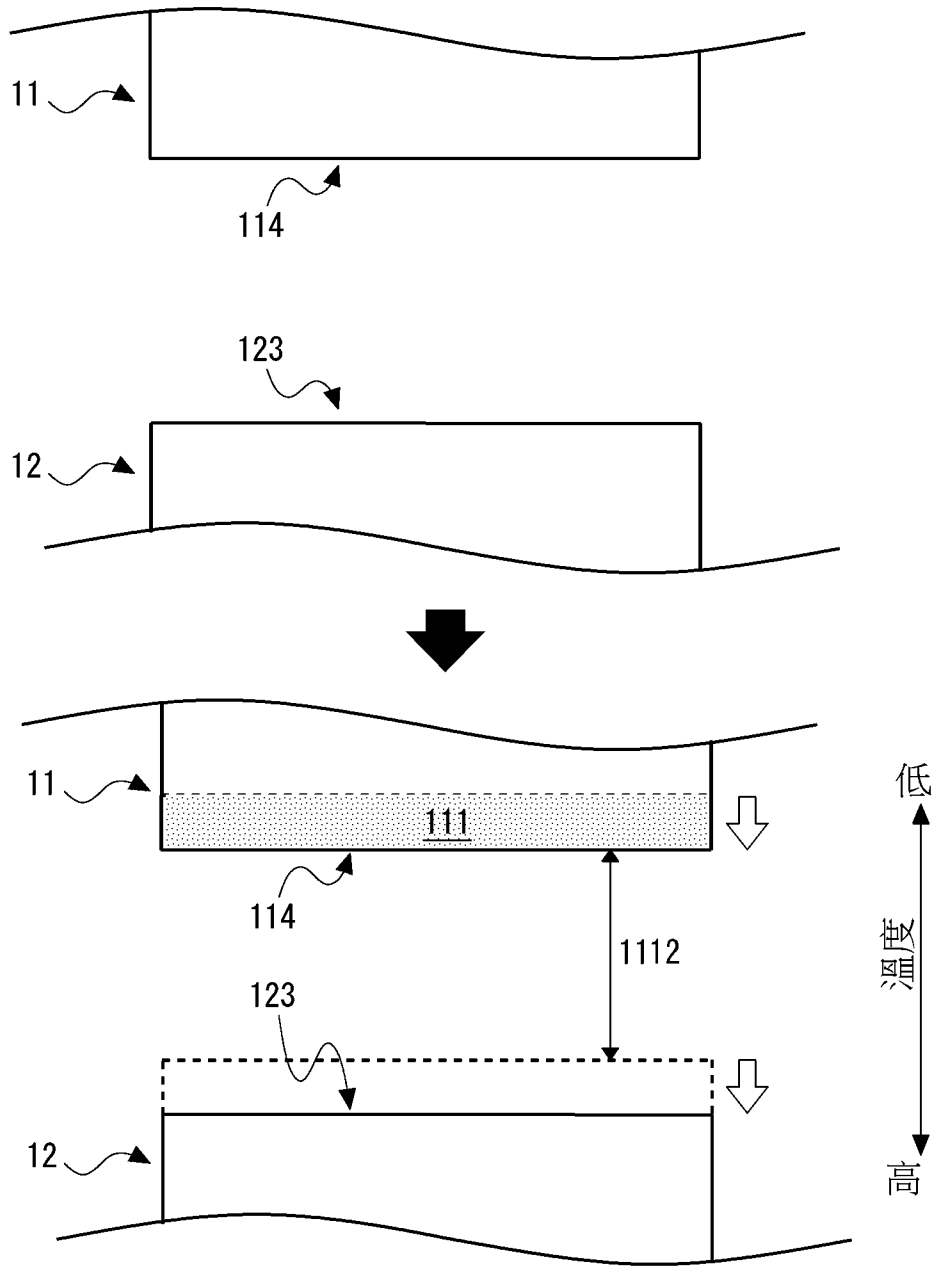
【請求項14】 如請求項13所記載之半導體基板的製造裝置，其中前述分離機構係具有：

導入機構，係能夠對具有前述成長層之前述原基板照射雷射光，且能夠對具有前述成長層之前述原基板導入損傷層；以及

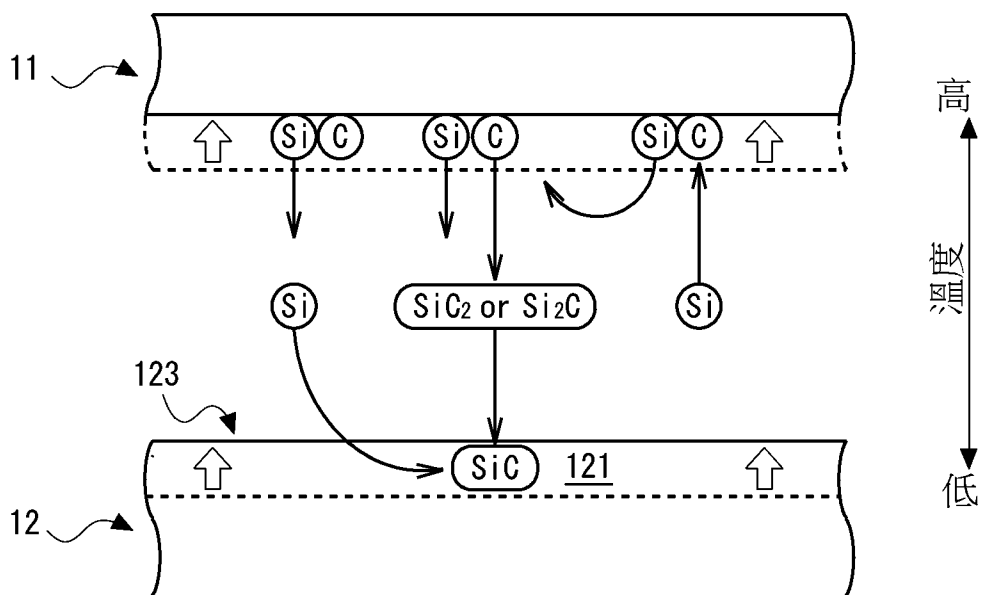
剝離機構，係能夠將具有前述成長層之前述原基板的一部分予以剝離。

【請求項15】 如請求項9或10所記載之半導體基板的製造裝置，其中前述原基板及前述原料體係包含碳化矽材料。

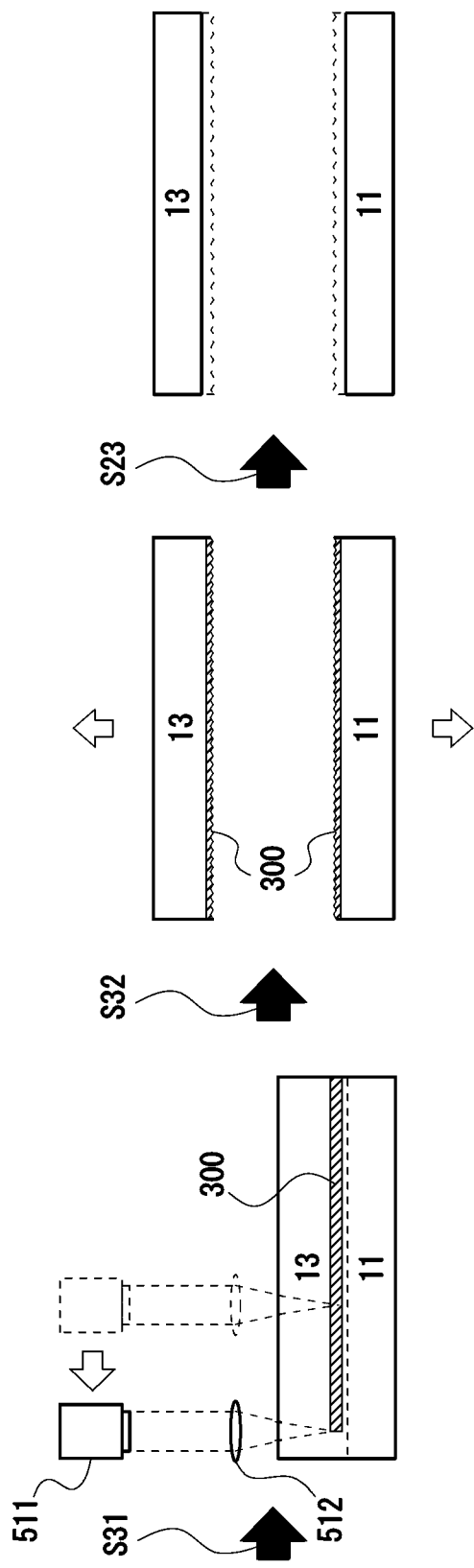
【發明圖式】



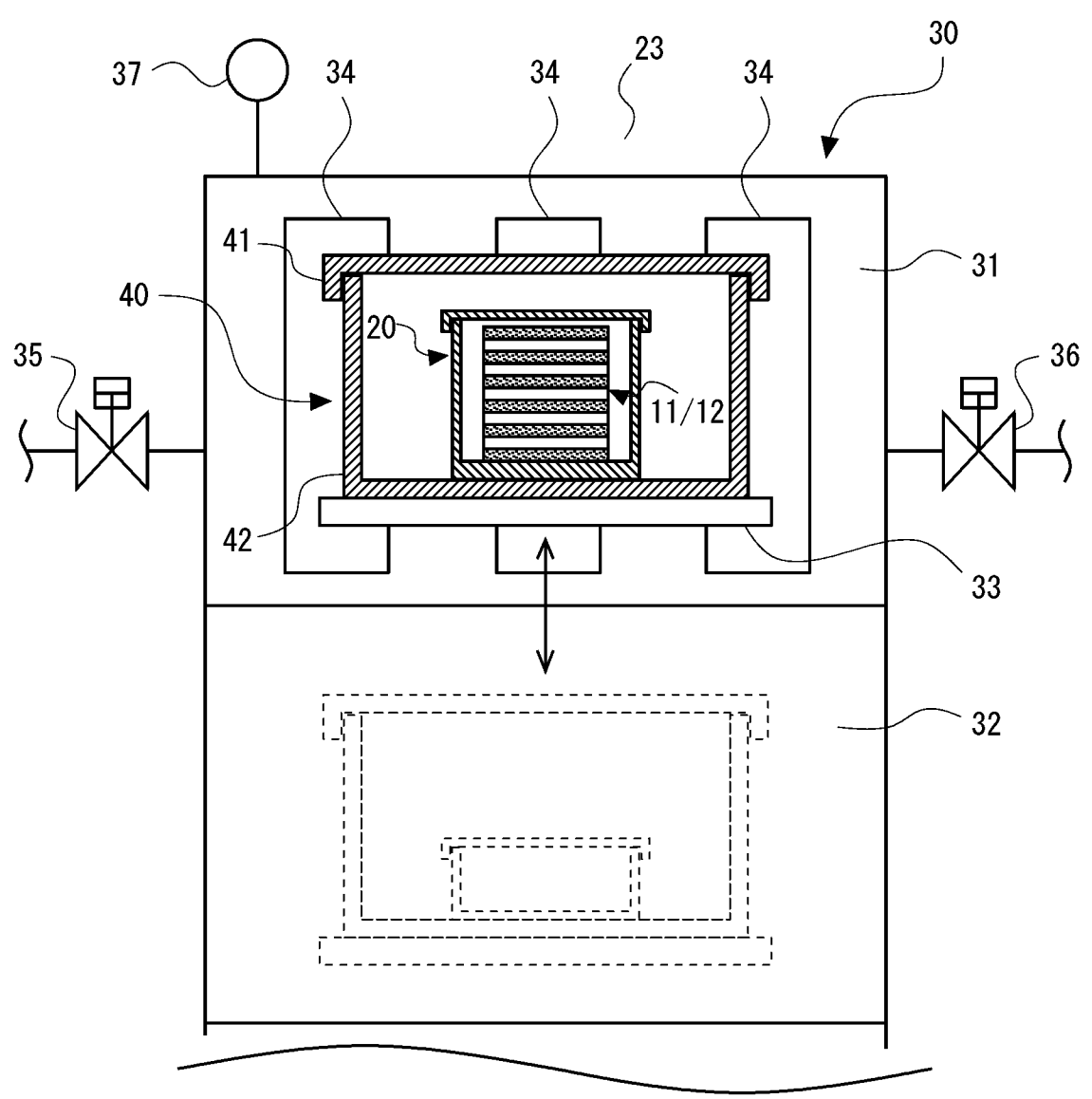
【圖1】



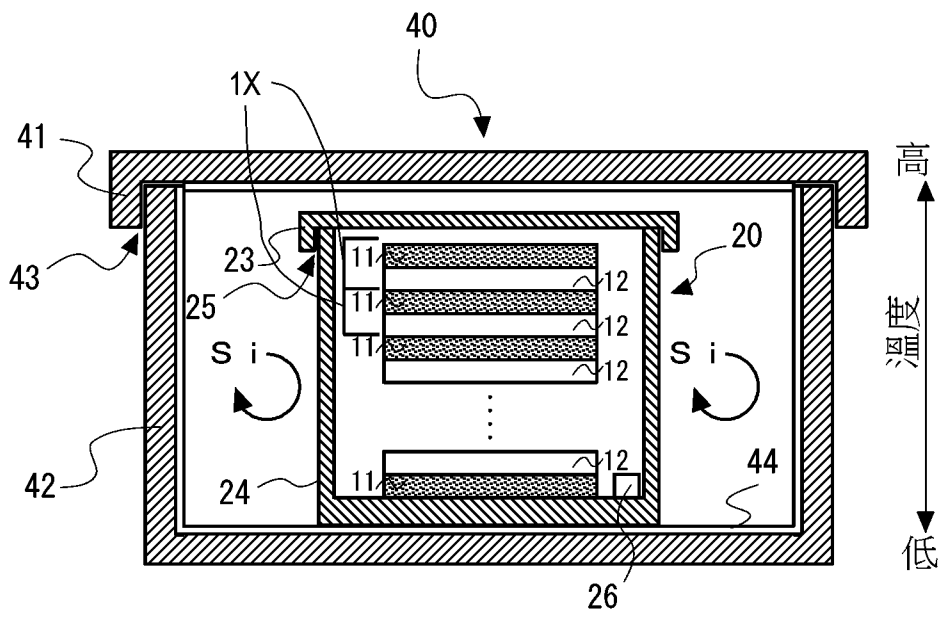
【圖2】



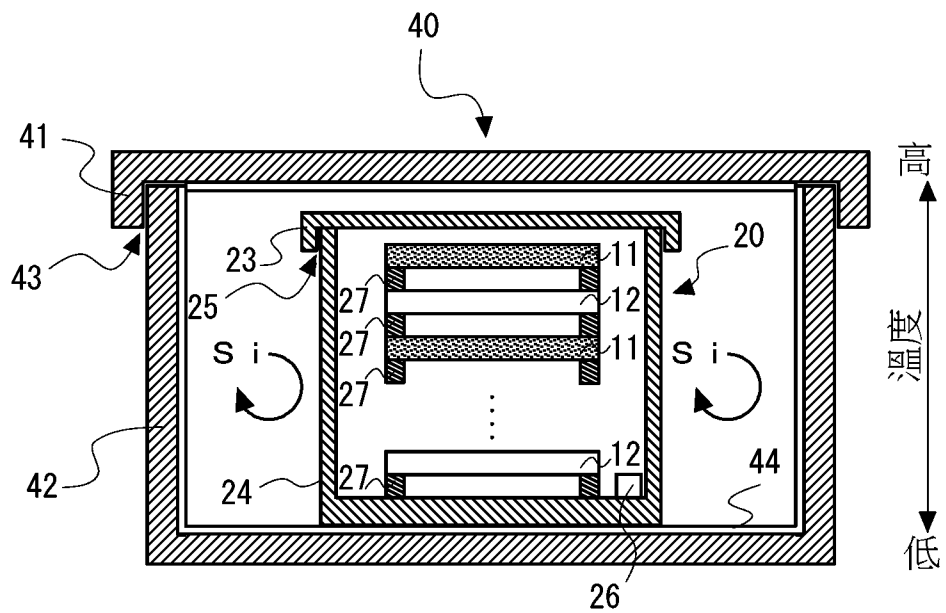
【圖3】



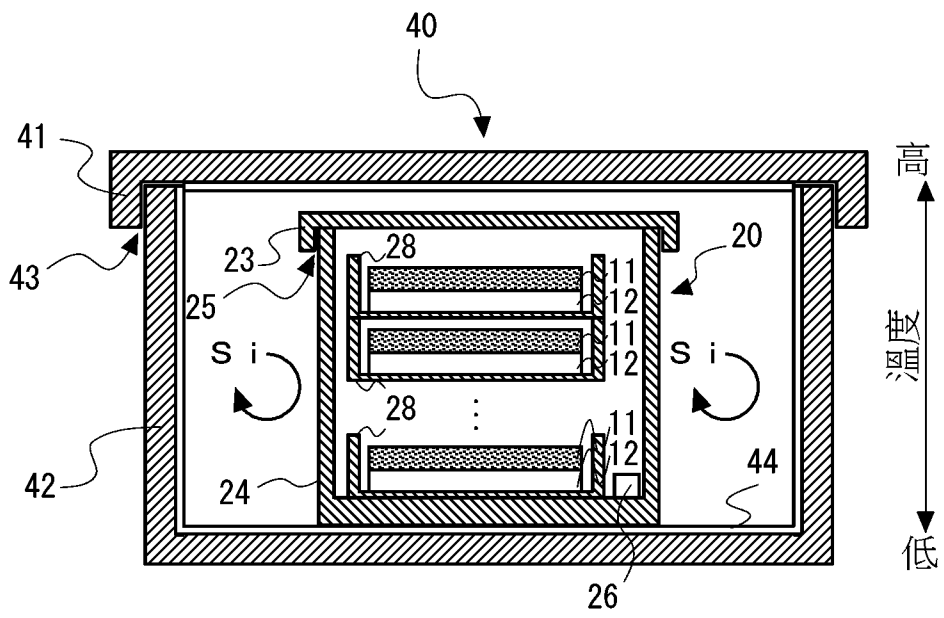
【圖4】



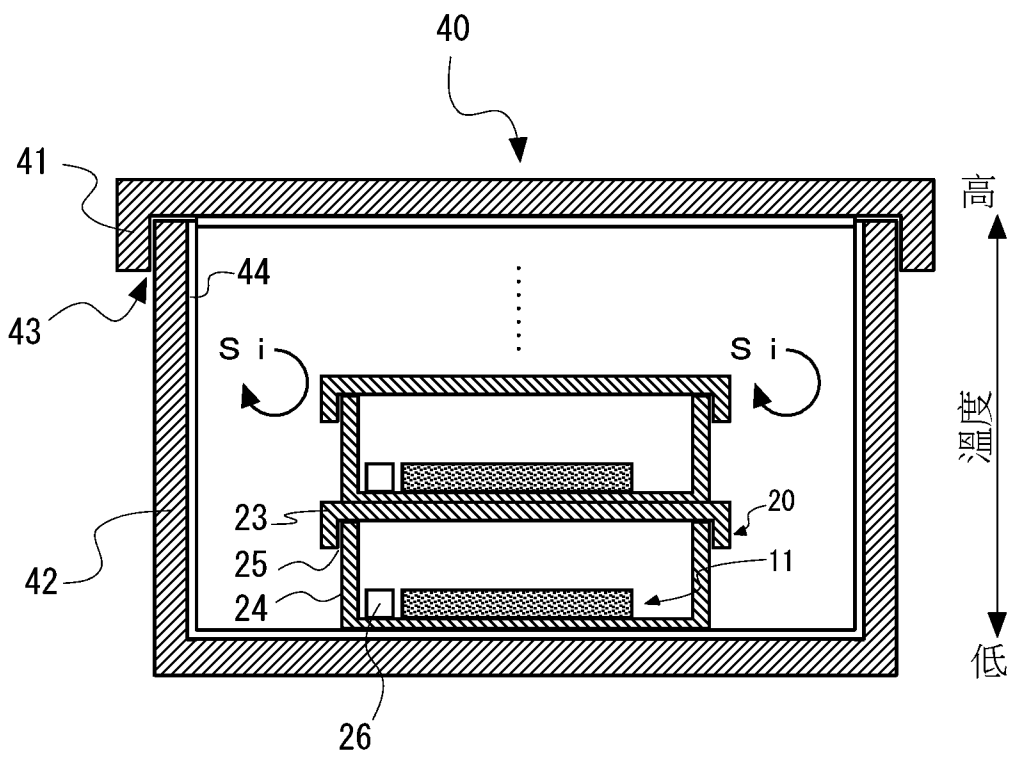
【圖5】



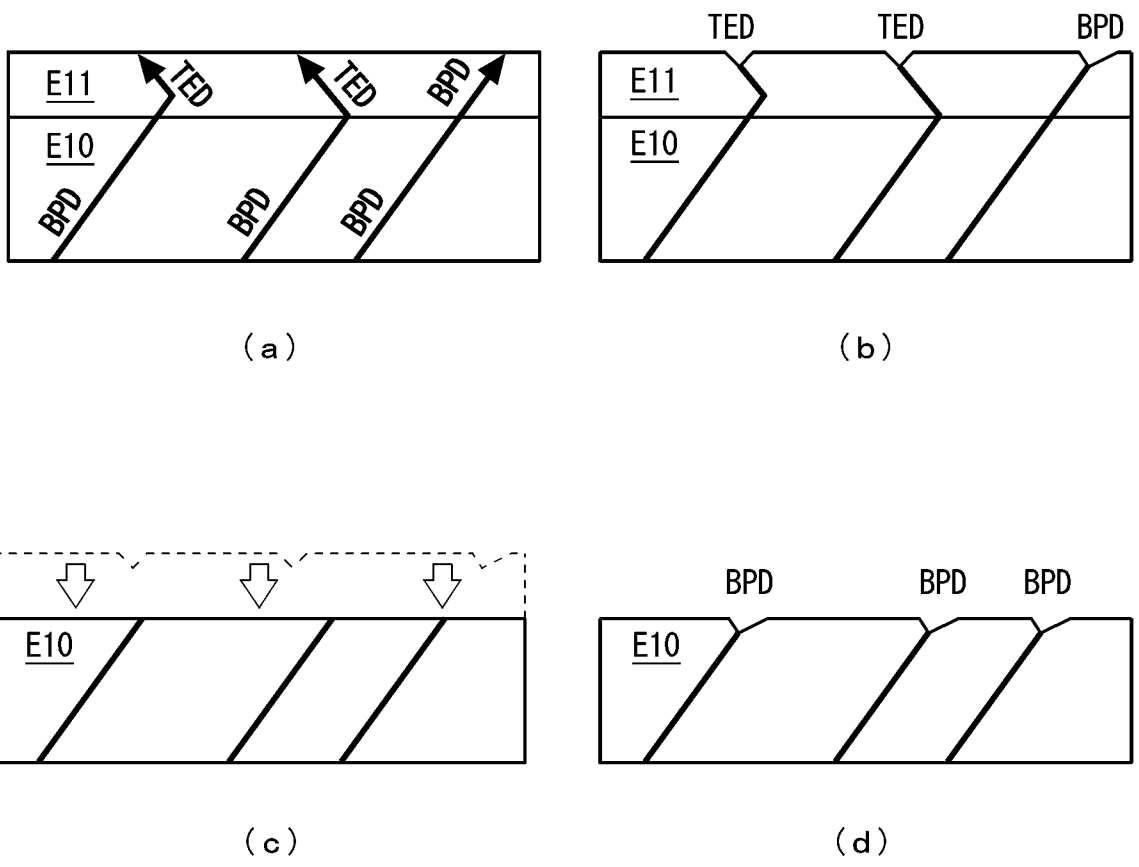
【圖6】



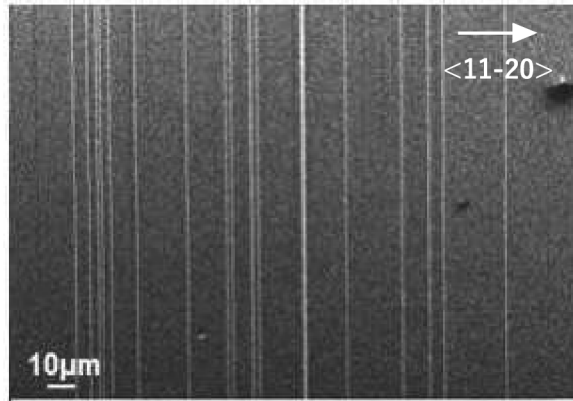
【圖7】



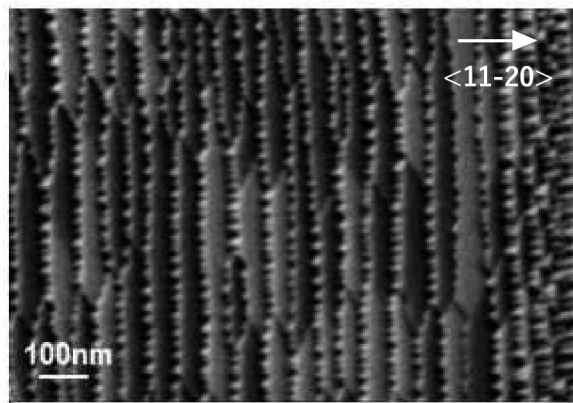
【圖8】



【圖9】

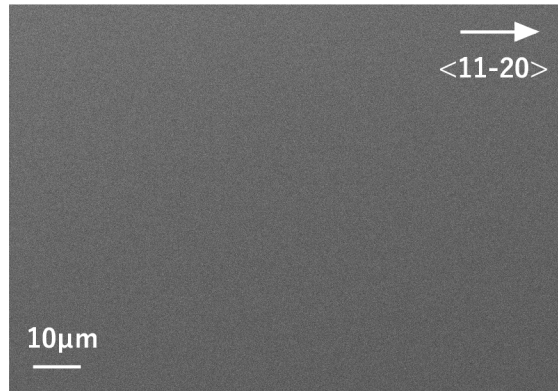


(a)

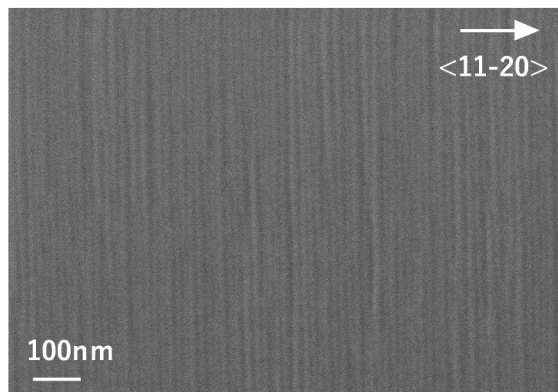


(b)

【圖10】

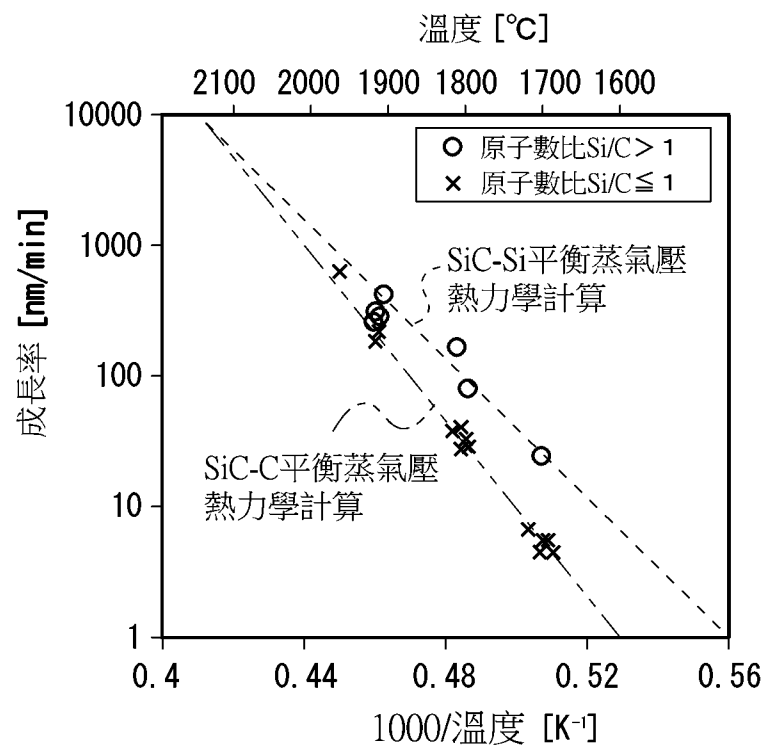


(a)



(b)

【圖11】



【圖12】