



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I673177 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：104142296

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 16 日

(51)Int. Cl. : **B32B9/00 (2006.01)****B82B3/00 (2006.01)****B82Y40/00 (2011.01)****C01B32/05 (2017.01)**

(30)優先權：2014/12/22 日本

2014-258810

(71)申請人：日商信越化學工業股份有限公司 (日本) SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (JP)
日本(72)發明人：秋山昌次 AKIYAMA, SHOJI (JP)；久保田芳宏 KUBOTA, YOSHIHIRO (JP)；川
合信 KAWAI, MAKOTO (JP)；小西繁 KONISHI, SHIGERU (JP)；茂木弘 MOGI,
HIROSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201201279A

JP 2012-153576A

審查人員：楊鈞皓

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：4 共 43 頁

(54)名稱

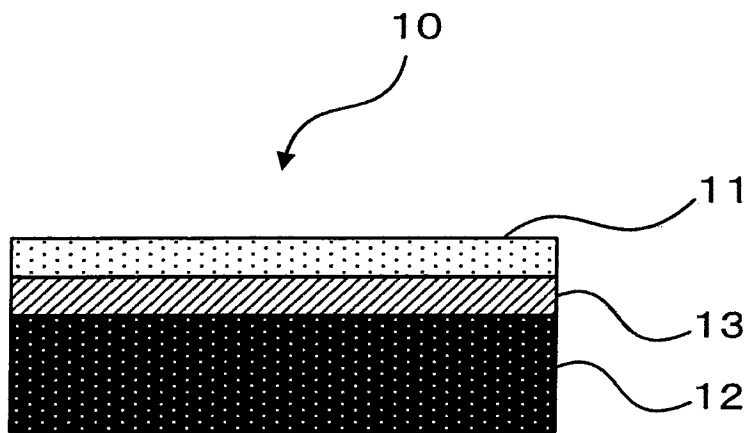
複合基板、奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜

(57)摘要

提供一種複合基板，具備：厚度 1 μ m 以下之單晶碳化矽薄膜(11)；和將該單晶碳化矽薄膜(11)予以支持的由耐熱溫度 1100 $^{\circ}$ C 以上之耐熱材料(但是單晶碳化矽除外)所成之操作基板(12)；和被設在上述單晶碳化矽薄膜(11)與操作基板(12)之間，由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁、氧化鋇、矽及碳化矽中所選出之至少 1 種材料、或從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成的厚度為 1 μ m 以下之介隔層(13)。本發明的複合基板，係可廉價地製作出少缺陷的奈米碳膜。

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

10 . . . 複合基板

11 . . . 單晶碳化矽
薄膜

12 . . . 操作基板

13 . . . 介隔層

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)

複合基板、奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜

【技術領域】

[0001] 本發明係有關於可製造奈米碳膜的複合基板、使用到該複合基板的奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜。

【先前技術】

[0002] 近年來，以石墨烯、富勒烯、奈米碳管為代表的奈米碳係被當成新的電子元件材料而受到矚目。作為一例，由於石墨烯所具有的極高移動度（號稱矽的 100 倍）或比鋼鐵還高的耐久性等，而被當成次世代的電子元件之平台，而正在進行研究。

[0003] 作為奈米碳之形成方法係已被提出有數種，例如可舉出昇華法。此係藉由將單晶碳化矽（SiC）在惰性氣體中以高溫進行處理，以使碳化矽中的矽（Si）蒸發，讓殘存的碳（C）形成石墨烯的方法（特開 2007-335532 號公報（專利文獻 1））。此方法係為可從單晶碳化矽晶圓（直徑最大 6 吋）獲得石墨烯晶圓的方法，是近年來特別受到矚目的方法。又，關於富勒烯或奈米碳管也是，藉由以單晶碳化矽為平台基板，形成高品質的膜的可

能性會提高。

[0004] 然而，由於使用非常昂貴的單晶碳化矽晶圓，因此會導致成本變高的問題。尤其是，在電子元件用途上被認為很重要的半絕緣性之單晶碳化矽晶圓，係為直徑 3 吋左右的 1 枚晶圓就要動輒數十萬日圓左右的價格，在廣範圍用途而言，會有過於昂貴的缺點。

[0005] 又，在專利文獻 2（特開 2009-200177 號公報）中係揭露，在單晶碳化矽（SiC）基板上形成石墨烯，然後隔著接著層而轉印至操作晶圓（不含碳，由含矽的材料所成）的此種方法。然而，為了將以該方法所形成的石墨烯層（通常為 nm 數量級之厚度）從單晶 SiC 基板剝下而轉印，會造成許多損傷，難以獲得高品質的石墨烯。

[0006] 此外，作為與本發明關連的先前技術，係有國際公開第 2014/061337 號（專利文獻 3））。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0007]

[專利文獻 1] 日本特開 2007-335532 號公報

[專利文獻 2] 日本特開 2009-200177 號公報

[專利文獻 3] 國際公開第 2014/061337 號

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

[0008] 本發明係有鑑於上述事情而研發，目的在於提供一種可廉價製作少缺陷的奈米碳膜的複合基板、奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜。

[用以解決課題之手段]

[0009] 為了解決此問題，作為用來形成奈米碳膜所需，本發明人們係想出如下結構的低成本且高品質的複合基板。亦即，通常石墨烯化的單晶碳化矽層之厚度係數個原子層厚就已足夠，不需要太厚的碳化矽層，因此製備將單晶碳化矽薄膜層積至操作基板（例如非單晶之碳化矽晶圓）而成之物。藉此，藉由從單晶碳化矽晶圓將單晶碳化矽薄膜轉印到操作基板就可製備該基板，又可從一枚單晶碳化矽晶圓重複轉印單晶碳化矽薄膜，因此成本面上也有極高的優點。此處，由於碳化矽是非常的硬質，因此在其研磨工程中要獲得適合於貼合的表面粗度，並不容易。因此，藉由在單晶碳化矽薄膜與操作基板之間設置容易研磨的介隔層，就可容易降低貼合面之表面粗度，可實現單晶碳化矽薄膜與操作基板的強固接合（密著）。

又，若使用此種結構的複合基板來形成奈米碳膜，則有時候會在已經層積的單晶碳化矽薄膜、或形成於其上的奈米碳膜，發生缺陷。詳細調查其而發現，若上述介隔層較厚則容易發生上述缺陷，尤其是介隔層的厚度若超過 $1\mu\text{m}$ ，就會發生缺陷。這可以想成是，介隔層本身的膨脹

係數與單晶碳化矽薄膜的膨脹係數之差異所產生的形變所導致。再更仔細調查還發現，被接合的單晶碳化矽薄膜其本身也是越薄者，抑制在該單晶碳化矽薄膜或奈米碳膜上所發生之缺陷的效果也越高。

本發明人們係根據這些之線索而努力研發，才完成本發明。

[0010] 亦即，本發明係提供下述的複合基板、奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜。

[1] 一種複合基板，係具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜；和將該單晶碳化矽薄膜予以支持的由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板；和被設在上述單晶碳化矽薄膜與操作基板之間，由從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之介隔層。

[2] 如[1]所記載之複合基板，其中，上述操作基板係由非晶質碳化矽、多晶碳化矽、石英玻璃、藍寶石、氮化矽、氮化鋁、矽或鑽石所成。

[3] 一種複合基板，係具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜；和將該單晶碳化矽薄膜予以支持的由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板；和被設在上述單晶碳化矽薄膜與操作基板之間，由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁、氧化鋯、矽及碳化矽中所選出之至少 1 種材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之

介隔層。

[4] 如[3]所記載之複合基板，其中，上述操作基板係由非晶質碳化矽、多晶碳化矽或石英玻璃所成。

[5] 如[1]～[4]之任一項所記載之複合基板，其中，上述單晶碳化矽薄膜，係從單晶碳化矽基板使其一部分做剝離而形成者。

[6] 一種奈米碳膜之製作方法，其特徵為，將[1]或[2]所記載之複合基板進行加熱以使矽原子從上述單晶碳化矽薄膜昇華而獲得奈米碳膜。

[7] 一種奈米碳膜之製作方法，其特徵為，將[3]或[4]所記載之複合基板進行加熱以使矽原子從上述單晶碳化矽薄膜昇華而獲得奈米碳膜。

[8] 一種奈米碳膜，係藉由[6]或[7]所記載之奈米碳膜之製作方法而被獲得。

[9] 如[8]所記載之奈米碳膜，其中，在 1000 倍的光學顯微鏡下進行表面觀察時的缺陷數係為 4000 個/cm^2 以下。

[發明效果]

[0011] 若依據本發明，則由於厚度 $1\mu\text{m}$ 以下的單晶碳化矽薄膜與操作基板之間設有由所定之材料所成之厚度 $1\mu\text{m}$ 以下的介隔層，因此除了可提供單晶碳化矽薄膜是密著性良好地接合於操作基板而成的複合基板，還可在該複合基板形成少缺陷的奈米碳膜。又，藉由將單晶碳化矽膜

以薄膜的狀態轉印至操作基板，就不需要多量準備昂貴的單晶碳化矽基板，可以低成本來提供能夠製作奈米碳膜的複合基板。

【圖式簡單說明】

[0012]

[圖 1] 本發明所述之複合基板之構成的剖面圖。

[圖 2] 本發明所述之複合基板之製造方法中的製造工程之一例的概略圖，（a）係已被離子注入的單晶碳化矽基板的剖面圖，（b）係在單晶碳化矽基板的離子注入面形成有薄膜之狀態的剖面圖，（c）係在操作基板的一主面形成有薄膜之狀態的剖面圖，（d）係單晶碳化矽基板與操作基板貼合之狀態的剖面圖，（e）係在離子注入領域中使單晶碳化矽基板剝離後之狀態的剖面圖，（f）係複合基板的剖面圖。

[圖 3] 實施例 1 之結果的圖示。

[圖 4] 實施例 2 之結果的圖示。

【實施方式】

[0013]

[複合基板]

以下說明本發明所述之複合基板。

本發明所述之複合基板 10，係如圖 1 所示，具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜 11；和將該單晶碳化矽

薄膜 11 予以支持的由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板 12；和被設在上述單晶碳化矽薄膜 11 與操作基板 12 之間，由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁、氧化鋯、矽及碳化矽中所選出之至少 1 種材料、或從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之介隔層 13。

[0014] 單晶碳化矽薄膜 11 係如後述，是從塊材狀之單晶碳化矽，例如結晶結構為 4H-SiC、6H-SiC、3C-SiC 之單晶碳化矽基板，以薄膜狀或是層狀做剝離而形成者為理想。

[0015] 又，單晶碳化矽薄膜 11，係由厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下，理想為 100nm 以上 $1\mu\text{m}$ 以下，較理想為 200nm 以上 800nm 以下，更理想為 300nm 以上 500nm 以下之單晶碳化矽所成的薄膜。單晶碳化矽薄膜 11 的厚度若超過 $1\mu\text{m}$ ，則在將該複合基板 10 進行加熱以形成奈米碳膜時，會導致在奈米碳膜中發生多數缺陷。又，若其厚度未滿 100nm 則其厚度分布難以均勻形成，有時候會難以形成奈米碳膜。

[0016] 操作基板 12，係由能夠承受奈米碳膜形成時之熱處理溫度的材料，亦即耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成者，例如由非單晶的碳化矽，亦即非晶質碳化矽或多晶碳化矽，或是石英玻璃、藍寶石、結晶性矽（單晶矽或多晶矽）、氮化矽、鑽石或

氮化鋁所成者，可理想使用。其中又以非晶質碳化矽、多晶碳化矽或石英玻璃較為理想，由熱膨脹係數接近單晶碳化矽，對奈米碳形成時所被進行的熱處理具有耐熱性的非晶質碳化矽或多晶碳化矽所成者，更為理想。又，操作基板 12 的厚度，係無特別限定，但通常的 SEMI 規格或 JEIDA 規格附近者，就操作性的關係來看，較容易取用。

[0017] 介隔層 13 係為被設在單晶碳化矽薄膜 11 與操作基板 12 之間而使兩者密著性佳地接合所需的層，係為例如由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁、氧化鋯、矽及碳化矽中所選出之至少 1 種材料所成之薄層，或是由從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成之薄層。此外，若從這些材料選出複數種材料時，則亦可為這些每種材料所層積而成的結構、由這些材料混合而成的材料所成之單層結構之任一種。

[0018] 又，介隔層 13 的厚度係為 $1\mu\text{m}$ 以下，理想為 2nm 以上 $1\mu\text{m}$ 以下，較理想為 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下，更理想為 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.2\mu\text{m}$ 以下。介隔層 13 的厚度若超過 $1\mu\text{m}$ ，則在將該複合基板 10 進行加熱以形成奈米碳膜時，會導致在奈米碳膜中發生多數缺陷。又，若其厚度未滿 2nm ，則有時候單晶碳化矽薄膜 11 與操作基板 12 之密著性會不夠充分。

[0019]

[奈米碳膜之製作方法]

本發明的複合基板 10，係奈米碳膜形成用，亦即是為了藉由加熱而使矽原子從單晶碳化矽薄膜 11 昇華而在操作基板 12 上隔著介隔層 13 而被支持的單晶碳化矽薄膜 11 中形成奈米碳膜所需。詳言之，藉由將複合基板 10 加熱到理想為 $1,100^{\circ}\text{C}$ 以上，較理想為 $1,200\sim 1,400^{\circ}\text{C}$ ，更理想為 $1,250\sim 1,350^{\circ}\text{C}$ ，以使矽原子（Si）從構成單晶碳化矽薄膜 11 的碳化矽（SiC）中昇華，就可形成厚度 $20\sim 1,000\text{nm}$ 左右的奈米碳膜。此加熱處理之氛圍若設成真空氛圍（減壓），則矽原子較易昇華而為理想。又，此時的溫度條件也會隨著氛圍或處理枚數等而改變，因此適宜設定成最適的溫度。

[0020] 昇華後的奈米碳膜，係由於其製作條件等，而會是富勒烯、石墨烯、奈米碳管之任一種，或是具有由這些所選擇的 2 種以上而混合存在的結構。只要隨著用途而適宜選擇即可。

[0021] 在複合基板上所形成的奈米碳膜，係可適用於各種電子元件，但奈米碳膜上的缺陷，係會對電子元件之性能造成不良影響。因此，要求盡可能少的缺陷，例如以 1,000 倍的光學顯微鏡觀察時的缺陷數係為 $4000\text{個}/\text{cm}^2$ 以下為理想。

[0022] 藉由使用本發明的複合基板 10，就可形成少缺陷的奈米碳膜。此外，這裡所謂的奈米碳膜之缺陷，係基底的單晶碳化矽膜之欠缺等之缺陷所伴隨而來的奈米碳膜之部分性缺損，若以光學顯微鏡觀察奈米碳膜表面則可

辨識成為點狀的穴（凹坑狀的穴（pit））。又，所謂奈米碳膜中缺陷較少，係指以 1,000 倍的光學顯微鏡觀察奈米碳膜表面的結果是，空孔數為 3600 個/cm^2 以下，理想為 3200 個/cm^2 以下，較理想為 3000 個/cm^2 以下。

[0023] 此外，複合基板 10 中的單晶碳化矽薄膜 11 及介隔層 13 的厚度，係為藉由反射率分光法所測定的值。

[0024]

[複合基板之製造方法]

說明本發明的複合基板之製造方法。

本發明所述之複合基板之製造方法，係如圖 2 所示，是依序進行以下處理：對單晶碳化矽基板的氫離子注入工程（工程 1），對單晶碳化氫基板之離子注入面的薄膜形成工程（工程 2），對操作基板的薄膜形成工程（工程 3），單晶碳化矽基板及/或操作基板之表面活性化處理工程（工程 4），單晶碳化矽基板與操作基板之貼合工程（工程 5），剝離處理工程（工程 6），單晶碳化矽薄膜研磨工程（工程 7）。

[0025]

（工程 1：對單晶碳化矽基板的氫離子注入工程）

首先，對單晶碳化矽基板 1 注入氫離子等以形成離子注入領域 2（圖 2（a））。

[0026] 此處，對操作基板 12 做貼合的單晶碳化矽基板 1，係結晶結構是從 4H-SiC、6H-SiC、3C-SiC 中做選

擇者為理想。單晶碳化矽基板 1 及後述的操作基板 12 之大小，係根據必要的奈米碳膜之大小或成本等來做設定。又，單晶碳化矽基板 1 的厚度，係在 SEMI 規格或 JEIDA 規格之基板厚度附近，在操作面來看為理想。此外，作為單晶碳化矽基板 1，只要使用市售的，例如功率元件專用的市售之單晶碳化矽晶圓即可，使用其表面是以 CMP (Chemical Mechanical Polishing (or Planarization)) 處理而被拋光研磨，表面為平坦且平滑者為理想。

[0027] 對單晶碳化矽基板 1 的離子注入之際，是以能夠在從其表面起算所望深度形成離子注入領域 2 的注入能，將所定之線量的至少氫離子 (H^+) 或氫分子離子 (H_2^+)，加以注入。作為此時的條件，只要設定能夠形成所望之薄膜厚度的離子注入能即可。亦可同時植入 He 離子或 B 離子等，只要能夠獲得相同效果者，則無論採用哪種離子都無妨。

離子注入深度，係對應於單晶碳化矽薄膜的厚度。

[0028] 對單晶碳化矽基板 1 進行注入的氫離子 (H^+) 之劑量，係 $1.0 \times 10^{16} \text{atom/cm}^2 \sim 9.0 \times 10^{17} \text{atom/cm}^2$ 為理想。若未滿 $1.0 \times 10^{16} \text{atom/cm}^2$ ，則有時候不會發生界面之脆化，若超過 $9.0 \times 10^{17} \text{atom/cm}^2$ ，則貼合後之熱處理中會變成氣泡而有時候會造成轉印不良。

[0029] 作為注入離子是使用氫分子離子 (H_2^+) 的情況下，則其劑量係 $5.0 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^2 \sim 4.5 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^2$ 為理想。若未滿 $5.0 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^2$ ，則有時候不會發生界

面之脆化，若超過 $4.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^2$ ，則貼合後之熱處理中會變成氣泡而有時候會造成轉印不良。

[0030] 從已被離子注入之基板表面到離子注入領域 2 為止的深度（亦即離子打入深度），係對應於操作基板 12 上所設置之單晶碳化矽薄膜 11 的所望之厚度，係為 $100 \sim 1,000 \text{ nm}$ ，理想為 $200 \sim 800 \text{ nm}$ ，較理想為 $300 \sim 500 \text{ nm}$ 。又，離子注入領域 2 的厚度（亦即離子分布厚度），係以藉由機械性衝擊等而可容易剝離的厚度為佳，理想為 $200 \sim 400 \text{ nm}$ ，更理想為 300 nm 左右。

[0031] 又，亦可在單晶碳化矽基板 1 之表面，預先形成 $50 \text{ nm} \sim 500 \text{ nm}$ 左右的氧化矽膜等之絕緣膜，透過其而進行氫離子或氫分子離子之注入。藉此可獲得抑制注入離子之通道效應的效果。

[0032]

（工程 2：對單晶碳化矽基板之離子注入面的薄膜形成工程（圖 2（b）））

在本工程中係進行以下的工程 2-1、工程 2-2 之任一者，在進行單晶碳化矽基板 1 之貼合的面，形成薄膜 3a。

[0033]

（工程 2-1）

在單晶碳化矽基板 1 的離子注入面，形成由具有對之後進行的熱處理有耐熱性，具有與最終被形成之單晶碳化矽薄膜 11 相同或相近之熱膨脹係數的材料所成的薄膜

3a。作為構成薄膜 3a 的材料係可舉出，從氧化矽（例如 SiO_2 ）、氮化矽、氮化鋁、矽（例如非晶質矽、多晶矽）、氧化鋁（ Al_2O_3 ）、氧化鋯（例如氧化鋯（ ZrO_2 ））及碳化矽（例如非晶質碳化矽、多晶碳化矽）中選出的至少 1 種材料。這些之中，又以氧化鋯（例如氧化鋯（ ZrO_2 ））或碳化矽（例如非晶質碳化矽、多晶碳化矽）為理想。此外，若從這些材料選出複數種材料時，則亦可為這些每種材料所層積而成的結構、由這些材料混合而成的材料所成之單層結構之任一種。

[0034] 作為該薄膜 3a 之形成方法，係只要是能夠對單晶碳化矽基板 1 密著性佳地形成的成膜方法則可為任何的方法，例如氧化矽的薄膜係以 PECVD 法而形成，氮化矽、氮化鋁、矽及碳化矽的薄膜係以濺鍍法而形成即可。

[0035] 接下來，將薄膜 3a 進行研磨，使其表面變得平滑。薄膜 3a 的研磨方法，係以化學性機械研磨法為理想，隨著薄膜 3a 的材質而其條件為不同。

[0036]

（工程 2-2）

在單晶碳化矽基板 1 的離子注入面，形成由熔點為 950°C 以上之金屬材料，例如從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 所選出之至少 1 種金屬材料所成的薄膜 3a。此外，若從這些金屬材料選出複數種金屬材料時，則亦可為這些每種金屬材料所層積而成的結構、由這些金屬材料之合金材料所成之單層結構之任一

種。例如這些之中，從 Ti、Au 及 Zr 中選出至少 1 種為理想，尤其是 Ti 或 Zr 之單層、或是 Ti 層與 Au 層之層積、Zr 層與 Au 層之層積為理想。

[0037] 作為該薄膜 3a 之形成方法，係只要是可對單晶碳化矽基板 1 密著性佳地形成的成膜方法則可為任意的的方法，例如藉由電子束蒸鍍法來形成即可。

[0038] 在本工程 2-2 中，只要藉由上述金屬材料之蒸鍍來形成薄膜 3a（亦即不需研磨），就可使其表面為平滑的面。

[0039] 薄膜 3a 之膜厚（進行研磨時係為研磨後之膜厚），係與操作基板 12 上所設置之薄膜 3b 的合計膜厚（亦即介隔層 13 之膜厚）為 2nm 以上 1 μ m 以下為理想。亦即，若將薄膜 3a、3b 設成相同膜厚，則薄膜 3a 之膜厚係理想為 1nm 以上 0.5 μ m（500nm）以下，較理想為 10～200nm，更理想為 10～100nm，尤其理想為 10～50nm。又，不設薄膜 3b 的情況下，則薄膜 3a 之膜厚係理想為 2nm 以上 1 μ m 以下，較理想為 20～400nm，更理想為 20～200nm，尤其理想為 20～100nm。若薄膜 3a、3b 之合計膜厚未滿 2nm 則會因為膜厚之面內參差導致表面無法被完全覆蓋，恐怕導致單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 之貼合的密著性變差。又，若超過 1 μ m 則在將複合基板 10 進行加熱以形成奈米碳膜時，會導致在奈米碳膜中發生多數缺陷。

[0040] 此外，亦可替換上述工程 1、2 之順序，先在

單晶碳化矽基板 1 之表面形成薄膜 3a，然後從該薄膜 3a 上進行上述離子注入。

[0041]

(工程 3：對操作基板之薄膜形成工程 (圖 2(c)))

本工程中所用的操作基板 12，係和上述的構成複合基板 10 的操作基板相同。

[0042] 在操作基板 12 的至少與單晶碳化矽基板 1 進行貼合的表面，形成由具有對之後進行的熱處理有耐熱性，具有與單晶碳化矽薄膜 11 相同或相近之熱膨脹係數的材料所成的薄膜 3b，以謀其該表面的平滑化。此處，進行和上述工程 2-1 或工程 2-2 相同的處理。

亦即，作為對應於工程 2-1 的處理，係進行如下。

首先，在操作基板 12 中的與單晶碳化矽基板 1 之貼合面，形成由從氧化矽 (例如 SiO_2)、氮化矽、氮化鋁、矽 (例如非晶質矽、多晶矽)、氧化鋁 (Al_2O_3)、氧化鋯 (例如氧化鋯 (ZrO_2)) 及碳化矽 (例如非晶質碳化矽、多晶碳化矽) 中選出的至少 1 種材料所成之薄膜 3b。這些之中，又以氧化鋯 (例如氧化鋯 (ZrO_2)) 或碳化矽 (例如非晶質碳化矽、多晶碳化矽) 為理想。此外，若從這些材料選出複數種材料時，則亦可為這些每種材料所層積而成的結構、由這些材料混合而成的材料所成之單層結構之任一種。

[0043] 作為該薄膜 3b 之形成方法，係只要是能夠對操作基板 12 密著性佳地形成的成膜方法則可為任何的方

法，例如氧化矽的薄膜係以 PECVD 法或熱氧化法而形成，氮化矽、氮化鋁、矽、氧化鋁、氧化鋯及碳化矽的薄膜係以濺鍍法而形成即可。

[0044] 接下來，將薄膜 3b 進行研磨，使其表面變得平滑。薄膜 3b 的研磨方法，係以化學性機械研磨法為理想，隨著薄膜 3b 的材質而其條件為不同。

[0045] 又，作為對應於工程 2-2 的處理，係進行如下。

在操作基板 12 的與單晶碳化矽基板 1 之貼合面（主面），形成由熔點為 950℃ 以上之金屬材料，例如從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 所選出之至少 1 種金屬材料所成的薄膜 3b。此外，若從這些金屬材料選出複數種金屬材料時，則亦可為這些每種金屬材料所層積而成的結構、由這些金屬材料之合金材料所成之單層結構之任一種。例如這些之中，從 Ti、Au 及 Zr 中選出至少 1 種為理想，尤其是 Ti 或 Zr 之單層、或是 Ti 層與 Au 層之層積、Zr 層與 Au 層之層積為理想。

[0046] 作為該薄膜 3b 之形成方法，係只要是可對操作基板 12 密著性佳地形成的成膜方法則可為任意的方法，例如藉由電子束蒸鍍法來形成即可。

[0047] 在此處理中，只要藉由上述金屬材料之蒸鍍來形成薄膜 3b（亦即不需研磨），就可使其表面變為平滑。

[0048] 薄膜 3b 之膜厚（進行研磨時係為研磨後之膜

厚)，係與單晶碳化矽薄膜 1 上所設置之薄膜 3a 的合計膜厚（亦即介隔層 13 之膜厚）為 2nm 以上 1 μ m 以下為理想。亦即，若將薄膜 3a、3b 設成相同膜厚，則薄膜 3b 之膜厚係理想為 1nm 以上 0.5 μ m（500nm）以下，較理想為 10～200nm，更理想為 10～100nm，尤其理想為 10～50nm。又，不設薄膜 3a 的情況下，則薄膜 3b 之膜厚係理想為 2nm 以上 1 μ m 以下，較理想為 20～400nm，更理想為 20～200nm，尤其理想為 20～100nm。若薄膜 3a、3b 之合計膜厚未滿 2nm 則會因為膜厚之面內參差導致表面無法被完全覆蓋，恐怕導致單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 之貼合的密著性變差。又，若超過 1 μ m 則在將複合基板 10 進行加熱以形成奈米碳膜時，會導致在奈米碳膜中發生多數缺陷。

[0049] 此外，構成薄膜 3b 的材料，係若和上述薄膜 3a 之構成材料相同，則可改善貼合之密著性而為理想。又，作為介隔層 13 的薄膜形成工程，係亦可省略工程 2，僅進行工程 3；也可省略工程 3，僅進行工程 2。

[0050]

（工程 4：單晶碳化矽基板及/或操作基板之表面活性化處理工程）

接著，針對單晶碳化矽基板 1 與操作基板 12 的進行貼合的表面，亦即薄膜 3a、3b 表面，或是單晶碳化矽基板 1 的離子注入面、操作基板 12 表面，作為表面活性化處理而進行電漿活性化處理、真空離子束處理或對臭氧水

之浸漬處理。

[0051] 其中，在進行電漿活性化處理的情況下，在真空腔體中載置已經完成至上述工程 3 為止之處理的單晶碳化矽基板 1 及/或操作基板 12，在減壓下導入電漿用氣體後，在 100W 左右的高頻電漿中暴露 5～10 秒左右，將表面進行電漿活性化處理。作為電漿用氣體係可使用氧氣，氫氣、氮氣、氬氣、或這些的混合氣體或是氫氣與氮氣的混合氣體。

[0052] 真空離子束處理，係在高真空之腔體內載置單晶碳化矽基板 1 及/或操作基板 12，將 Ar 等之離子束對進行貼合的表面做照射以進行活性化處理。

[0053] 臭氧水的浸漬處理，係令單晶碳化矽基板 1 及/或操作基板 12 浸漬在溶解臭氧氣體的臭氧水中，將其表面進行活性化處理。

[0054] 上述的表面活性化處理，係亦可只對單晶碳化矽基板 1 或只對操作基板 12 進行，但針對單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 之雙方進行，較為理想。

[0055] 又，表面活性化處理係亦可為上述方法之任一者，亦可進行組合的處理。甚至，單晶碳化矽基板 1、操作基板 12 的進行表面活性化處理的面，係為進行貼合的面，亦即薄膜 3a、3b 表面為理想。

[0056]

（工程 5：單晶碳化矽基板與操作基板之貼合工程）

接著，將此單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 的進行

過表面活性化處理的表面（薄膜 3a、3b 表面，或是單晶碳化矽基板 1 的離子注入面、操作基板 12 表面）當作接合面而予以貼合（圖 2（d））。

[0057] 接下來，將單晶碳化矽基板 1 與操作基板 12 貼合後，進行理想為 $150\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，較理想為 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之熱處理，提升貼合界面例如薄膜 3a、3b 之貼合面的結合強度。此時，雖然會因為單晶碳化矽基板 1 與操作基板 12 之間的熱膨脹率差而導致發生基板的翹曲，但只要採用適合於各個材質的溫度來抑制翹曲即可。熱處理時間係對溫度有某種程度的依存，但 2 小時～24 小時為理想。

[0058] 藉此，薄膜 3a 與薄膜 3b 係密著而變成一個層，而變成介隔層 13（或者，在未設置薄膜 3b 的情況下係由薄膜 3a 變成介隔層 13，在未設置薄膜 3a 的情況下係由薄膜 3b 變成介隔層 13），並且，單晶碳化矽基板 1 與操作基板 12 係隔著介隔層 13 而強固密著成為貼合基板 5。

[0059]

（工程 6：剝離處理工程）

將單晶碳化矽基板 1 與操作基板 12 貼合，使貼合強度提升後，對進行過離子注入的部分給予熱能或機械能，在離子注入領域 2 中促使單晶碳化矽基板 1a 被剝離，製作出在操作基板 12 上具有單晶碳化矽薄膜 1b 的複合基板 10（圖 2（e））。

[0060] 作為剝離方法係可適用例如：將貼合基板 5

加熱至高溫，藉由該熱而於離子注入領域 2 中促使離子注入的成分產生微小的氣泡體以發生剝離而使單晶碳化矽基板 1a 分離的熱剝離法。或者可以適用，一面施加不至於發失熱剝離之程度的低溫熱處理（例如 500～900℃，理想為 500～700℃），一面在離子注入領域 2 之一端施加物理性的衝擊而使其發生機械性剝離而使單晶碳化矽基板 1a 分離的機械剝離法。機械剝離法係由於單晶碳化矽薄膜轉印後的轉印表面之粗度會比熱剝離法還小，因此較為理想。

[0061] 此外，剝離處理後，亦可將複合基板 7 以加熱溫度 700～1,000℃ 而為高於剝離處理時的溫度、加熱時間 1～24 小時之條件進行加熱，以進行改善單晶碳化矽薄膜 1b 與操作基板 12 之密著性的熱處理。

[0062] 此時，薄膜 3a 與薄膜 3b 係強固地密著，而且薄膜 3a 係與單晶碳化矽基板 1 強固地密著，薄膜 3b 係與操作基板 12 強固地密著，因此在離子注入領域 2 中的剝離部分以外之部分，不會發生剝離。又，未設置薄膜 3b 的情況下，薄膜 3a 係與單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 強固地密著，因此在離子注入領域 2 的剝離部分以外之部分不會發生剝離。又，未設置薄膜 3a 的情況下，薄膜 3b 係與單晶碳化矽基板 1 及操作基板 12 強固地密著，因此在離子注入領域 2 的剝離部分以外之部分不會發生剝離。

[0063] 剝離後的單晶碳化矽基板 1a，係藉由將表面

再度實施研磨或洗淨等，而可再度作為該當複合基板之製造方法中的貼合用之基板而再利用。

[0064]

（工程 7：單晶碳化矽薄膜研磨工程）

將操作基板 12 上的單晶碳化矽薄膜 1b 表面進行鏡面拋光（圖 2（f））。具體而言，對單晶碳化矽薄膜 1b 施行化學機械研磨（CMP 研磨）以將其表面殘留的離子注入領域加以去除而拋光成鏡面的單晶碳化矽薄膜 11。此處係可為矽晶圓之平坦化等所使用的先前公知的 CMP 研磨。

[0065] 藉由以上的工程，可獲得本發明的複合基板 10。

[實施例]

[0066] 以下，舉出實施例及比較例，更具體說明本發明，但本發明係不限定於實施例。

此外，單晶碳化矽薄膜及介隔層的厚度，係藉由反射率分光法而測定。

[0067]

[實施例 1]

作為單晶碳化矽基板 1，準備市售品的直徑 3 吋之單晶碳化矽晶圓（多類型（polytype）4H，厚度 400 μm ），對其以 100KeV、劑量 $8.8 \times 10^{16} \text{atom/cm}^2$ 注入氫離子（ H^+ ）。

接著，作為操作基板 12，準備直徑 3 吋的非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），在其主面作為薄膜 3b（介隔層 13）是以 PECVD 法將氧化矽（ SiO_2 ）薄膜使其厚度改變而加以形成後，將該薄膜以 CMP 處理進行研磨。研磨後的氧化矽薄膜的厚度，係設成 0.02、0.1、0.5、0.8、0.9、1.0、1.2、1.5、 $2.0\mu\text{m}$ 的 9 種水準。

接下來，對單晶碳化矽基板的進行過離子注入之表面及操作基板的薄膜形成面施行了電漿活性化表面處理後，將兩者貼合而獲得接合體。

接下來，將此接合體加熱至 500°C ，對離子注入領域之一端給予機械性衝擊，使該離子注入領域中產生剝離，獲得對非晶質碳化矽晶圓隔著氧化矽薄膜而轉印有單晶碳化矽薄膜的 9 片複合基板。此時的單晶碳化矽薄膜的厚度係均設為 $0.95\mu\text{m}$ 。

[0068] 將所得到的複合基板在惰性氣體氛圍下加熱至 $1,420^\circ\text{C}$ ，進行單晶碳化矽薄膜的石墨烯化。

在石墨烯膜形成後，將該石墨烯膜表面以 1,000 倍的光學顯微鏡觀察而以目視來計測凹坑狀的穴之數量作為缺陷數。其結果示於表 1 及圖 3。若介隔層的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下則缺陷數是在 $3000\text{個}/\text{cm}^2$ 前後，但若超過 $1\mu\text{m}$ 則缺陷數會增加到超過 $4000\text{個}/\text{cm}^2$ 。

[0069]

【表 1】

介隔層厚度 (μm)	缺陷數 (個/ cm^2)
0.02	2830
0.1	2750
0.5	2910
0.8	3090
0.9	3110
1.0	3190
1.2	4180
1.5	6520
2.0	9690

[0070]

[實施例 2]

作為單晶碳化矽基板 1，準備市售品的直徑 3 吋之單晶碳化矽晶圓（多類型（polytype）4H，厚度 $400\mu\text{m}$ ），對其以 100KeV 、劑量 $8.8 \times 10^{16}\text{atom}/\text{cm}^2$ 注入氫離子（ H^+ ）。

接下來，在該單晶碳化矽基板 1 的離子注入面，作為薄膜 3a 是以電子束蒸鍍法而形成了鈦（Ti）薄膜與厚度 10nm 之金（Au）薄膜。此外，使鈦薄膜的厚度變化成 0 、 40 、 240 、 390 、 440 、 490 、 590 、 740 、 990nm 的 9 種水準。

接著，作為操作基板 12，準備直徑 3 吋的多晶碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），在其主面作為薄膜 3b 是以電子束蒸鍍法而形成了鈦（Ti）薄膜與厚度 10nm 的金（Au）薄膜。此外，將鈦薄膜的厚度設成與上述薄膜 3a 中的鈦

薄膜的厚度相同。其結果為，貼合後的薄膜 3a、3b 之合計膜厚（介隔層 13 的厚度），係成為 0.02、0.1、0.5、0.8、0.9、1.0、1.2、1.5、2.0 μm 的 9 種水準。

接下來，對單晶碳化矽基板的薄膜形成面及操作基板的薄膜形成面施行了電漿活性化表面處理後，將兩者貼合而獲得接合體。

接下來，將此接合體加熱至 500 $^{\circ}\text{C}$ ，對離子注入領域之一端給予機械性衝擊，使該離子注入領域中產生剝離，獲得對非晶質碳化矽晶圓隔著介隔層（Au/Au 之 2 層結構或 Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構的薄膜）而轉印有單晶碳化矽薄膜的 9 片複合基板。此時的單晶碳化矽薄膜的厚度係均設為 0.95 μm 。

[0071] 將所得到的複合基板在惰性氣體氛圍下加熱至 1,420 $^{\circ}\text{C}$ ，進行單晶碳化矽薄膜的石墨烯化。

在石墨烯膜形成後，將該石墨烯膜表面以 1,000 倍的光學顯微鏡觀察而以目視來計測凹坑狀的穴之數量作為缺陷數。其結果示於表 2 及圖 4。若介隔層的厚度為 1 μm 以下則缺陷數是在 3300~3500 個/ cm^2 左右，但若超過 1 μm 則缺陷數會增加到超過 4000 個/ cm^2 。

[0072]

【表 2】

介隔層厚度 (μm)	缺陷數 (個/ cm^2)
0.02	3310
0.1	3280
0.5	3370
0.8	3510
0.9	3420
1.0	3510
1.2	4430
1.5	4880
2.0	5350

[0073]

[比較例 1]

於實施例 2 中，將薄膜 3a、3b 各自的鈦薄膜之厚度設成 80nm，然後將單晶碳化矽薄膜 11 的厚度設成 1.04 μm ，其他係和實施例 2 相同而製作出複合基板。

將所得到的複合基板在惰性氣體氛圍下加熱至 1,420℃，進行單晶碳化矽薄膜的石墨烯化。

在石墨烯膜形成後，將該石墨烯膜表面以 1,000 倍的光學顯微鏡觀察而以目視來計測凹坑狀的穴之數量作為缺陷數，結果係為 4520 個/ cm^2 。

[0074]

[實施例 3]

於本發明的複合基板之製造方法中，對單晶碳化矽基板 1、操作基板 12 分別形成 6 種類的薄膜 3a、3b，將複合基板製作如下。

[0075]

(實施例 3-1)

作為單晶碳化矽基板 1，準備市售品的直徑 3 吋之單晶碳化矽晶圓（多類型（polytype）4H，厚度 400 μm ），對其以 100KeV、劑量 $8.8 \times 10^{16} \text{atom/cm}^2$ 注入氫離子（ H^+ ）。

接下來，在該單晶碳化矽基板 1 的離子注入面，作為薄膜 3a 是以 PECVD 法形成了厚度 100nm 的氧化矽（ SiO_2 ）薄膜後，將此薄膜以 CMP 處理進行研磨。

接著，作為操作基板 12，準備直徑 3 吋的多晶碳化矽晶圓（厚度 400 μm ），在其主面作為薄膜 3b 是以 PECVD 法形成了厚度 100nm 的氧化矽（ SiO_2 ）薄膜後，將該薄膜以 CMP 處理進行研磨。

接下來，對單晶碳化矽基板的薄膜形成面及操作基板的薄膜形成面施行了電漿活性化表面處理後，將兩者貼合而獲得接合體。

接下來，針對此接合體使其在離子注入領域中發生機械性剝離，得到對多晶碳化矽晶圓隔著氧化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜（厚度 0.65 μm ）的複合基板。

針對所得到的複合基板施行 500 $^{\circ}\text{C}$ 之熱處理後，將黏貼膠帶（商品名：Kapton tape，杜邦（股）製）黏貼至單晶碳化矽薄膜後撕下，進行確認該單晶碳化矽薄膜有無剝離的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨

烯膜中的缺陷數，結果為 3080 個/cm^2 。

[0076]

(實施例 3-2)

於實施例 3-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以濺鍍法形成厚度 100nm 的氮化矽 (SiN) 薄膜後，將此薄膜以 CMP 處理進行研磨而拋光，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶碳化矽晶圓隔著氮化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3480 個/cm^2 。

[0077]

(實施例 3-3)

於實施例 3-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以濺鍍法形成厚度 100nm 的非晶質碳化矽 (SiC) 薄膜後，將此薄膜以 CMP 處理進行研磨而拋光，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶碳化矽晶圓隔著碳化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨

烯膜中的缺陷數，結果為 3320 個/cm^2 。

[0078]

(實施例 3-4)

於實施例 3-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以濺鍍法形成厚度 100nm 的非晶質矽 (Si) 薄膜後，將此薄膜以 CMP 處理進行研磨而拋光，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶碳化矽晶圓隔著矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3290 個/cm^2 。

[0079]

(實施例 3-5)

於實施例 3-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以電子束蒸鍍法形成厚度 20nm 的鈦 (Ti) 薄膜後，就這樣不進行 CMP 處理，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶碳化矽晶圓隔著鈦薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3310 個/cm^2 。

[0080]

(實施例 3-6)

於實施例 3-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以電子束蒸鍍法形成厚度 20nm 的鈦 (Ti) 薄膜和厚度 20nm 的金 (Au) 薄膜後，就這樣不進行 CMP 處理，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶碳化矽晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜 (Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜) 而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 2290 個/cm^2 。

[0081]

[實施例 4]

於實施例 3 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓 (厚度 $400\mu\text{m}$)，其他係和實施例 3 相同而製作出複合基板。又，作為介隔層之材料是追加了氧化鋯 (二氧化鋯， ZrO_2) 之實施例。細節如以下。

[0082]

(實施例 4-1)

於實施例 3-1 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓 (厚度 $400\mu\text{m}$)，其他係和實施例 3-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著氧化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3470 個/cm^2 。

[0083]

(實施例 4-2)

於實施例 3-2 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-2 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著氮化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3220 個/cm^2 。

[0084]

(實施例 4-3)

於實施例 3-3 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-3 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著碳化矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3400 個/cm^2 。

[0085]

(實施例 4-4)

於實施例 3-4 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-4 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著矽薄膜而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3360 個/cm^2 。

[0086]

(實施例 4-5)

於實施例 3-5 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-5 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著鈦薄膜而被

轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3310 個/cm^2 。

[0087]

(實施例 4-6)

於實施例 3-6 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之非晶質碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜（Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜）而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3020 個/cm^2 。

[0088]

(實施例 4-7)

於實施例 4-1 中，作為薄膜 3a、3b，分別以濺鍍法形成厚度 100nm 的氧化鋯（ ZrO_2 ）薄膜後，將此薄膜以 CMP 處理進行研磨而拋光，其他係和實施例 4-1 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對非晶質碳化矽晶圓隔著氧化鋯薄膜

而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3530 個/cm^2 。

[0089]

[實施例 5]

於實施例 3-6 中，使用 4 種類的操作基板 12，其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。細節如以下。

[0090]

(實施例 5-1)

於實施例 3-6 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之單晶矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對單晶矽晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜（Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜）而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 3210 個/cm^2 。

[0091]

(實施例 5-2)

於實施例 3-6 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之多晶氧化鋁（二氧化鋁）晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶氧化鋁晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜（Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜）而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 $3440\text{ 個}/\text{cm}^2$ 。

[0092]

（實施例 5-3）

於實施例 3-6 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之多晶氮化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶氮化矽晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜（Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜）而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 $3330\text{ 個}/\text{cm}^2$ 。

[0093]

（實施例 5-4）

於實施例 3-6 中，將操作基板 12 設成直徑 3 吋之多晶氮化鋁晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ），其他係和實施例 3-6 相同而製作出複合基板。

其結果為，得到對多晶氮化鋁晶圓隔著鈦薄膜與金薄膜之層積薄膜（Ti/Au/Au/Ti 之 4 層結構之薄膜）而被轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果沒有看到單晶碳化矽薄膜之剝離，隔著介隔層的密著性係為良好。

接下來，和實施例 2 同樣地進行石墨烯化，測定石墨烯膜中的缺陷數，結果為 $3490 \text{ 個}/\text{cm}^2$ 。

[0094]

[比較例 2]

作為單晶碳化矽基板 1，準備市售品的直徑 3 吋之單晶碳化矽晶圓（多類型（polytype）4H，厚度 $400\mu\text{m}$ ），對其以 100KeV 、劑量 $8.8 \times 10^{16} \text{ atom}/\text{cm}^2$ 注入氫離子（ H^+ ）。將此單晶碳化矽晶圓的離子注入面以 CMP 處理進行研磨。其表面粗度 RMS 係為 0.95nm 。

此外，表面粗度 RMS，係以原子間力顯微鏡（AFM）測定其基板之表面而求出。測定條件係為，測定領域 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 。

接著，作為操作基板 12，準備直徑 3 吋之多晶碳化矽晶圓（厚度 $400\mu\text{m}$ ）。將該多晶碳化矽晶圓表面以 CMP 處理進行研磨，其表面粗度 RMS 係為 1.05nm 。

接下來，對單晶碳化矽基板的進行過離子注入之表面

及操作基板的貼合預定面施行電漿活性化表面處理後，將兩者貼合而得到接合體。

接下來，針對此接合體使其在離子注入領域中發生機械性剝離，得到對多晶碳化矽晶圓轉印有單晶碳化矽薄膜的複合基板。

針對所得到的複合基板，進行和實施例 3-1 相同的剝片試驗，結果在單晶碳化矽基板的一部分中發生了剝離。得知在未隔著介隔層而貼合的情況下，單晶碳化矽薄膜與操作基板之間無法獲得充分的接合強度。

[0095] 此外，目前為止是以實施形態來說明了本發明，但本發明係不被限定於上述實施形態，其他實施形態、追加、變更、刪除等，在當業者可以想到的範圍內，可做變更，任一態樣中只要能夠達到本發明的作用效果，都被本發明的範圍所包含。

【符號說明】

[0096]

- 1、1a：單晶碳化矽基板
- 1b、11：單晶碳化矽薄膜
- 2：離子注入領域
- 3a、3b：薄膜
- 5：貼合基板
- 10：複合基板
- 12：操作基板
- 13：介隔層

I673177

發明摘要

※申請案號：104142296

※申請日：104 年 12 月 16 日

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

複合基板、奈米碳膜之製作方法及奈米碳膜

【中文】

提供一種複合基板，具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜（11）；和將該單晶碳化矽薄膜（11）予以支持的由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板（12）；和被設在上述單晶碳化矽薄膜（11）與操作基板（12）之間，由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁、氧化鋯、矽及碳化矽中所選出之至少 1 種材料、或從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之介隔層（13）。本發明的複合基板，係可廉價地製作出少缺陷的奈米碳膜。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10：複合基板

11：單晶碳化矽薄膜

12：操作基板

13：介隔層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

申請專利範圍

1.一種複合基板，其係具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜；支持該單晶碳化矽薄膜之由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板；及被設在上述單晶碳化矽薄膜與操作基板之間，由從 Ti、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Fe、Cr、Zr、Mo、Ta 及 W 中所選出之至少 1 種金屬材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之介隔層，

上述操作基板係由非晶質碳化矽、多晶碳化矽、石英玻璃、藍寶石、氮化矽、氮化鋁、矽或鑽石所成。

2.一種複合基板，其係具備：厚度 $1\mu\text{m}$ 以下之單晶碳化矽薄膜；支持該單晶碳化矽薄膜之由耐熱溫度 1100°C 以上之耐熱材料（但是單晶碳化矽除外）所成之操作基板；及被設在上述單晶碳化矽薄膜與操作基板之間，由從氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氧化鋯及矽中所選出之至少 1 種材料所成的厚度為 $1\mu\text{m}$ 以下之介隔層。

3.如請求項 2 之複合基板，其中，上述操作基板係由非晶質碳化矽、多晶碳化矽或石英玻璃所成。

4.如請求項 1~3 之任 1 項之複合基板，其中，上述單晶碳化矽薄膜係從單晶碳化矽基板使其一部分剝離而形成者。

5.一種奈米碳膜之製作方法，其特徵為，將如請求項 1 之複合基板進行加熱以使矽原子從上述單晶碳化矽薄膜昇華而獲得奈米碳膜。

6.一種奈米碳膜之製作方法，其特徵為，將如請求項 2 或 3 之複合基板進行加熱以使矽原子從上述單晶碳化矽薄膜昇華而獲得奈米碳膜。

7.一種奈米碳膜，其係藉由請求項 5 或 6 之奈米碳膜之製作方法而獲得。

8.如請求項 7 之奈米碳膜，其中，在 1000 倍的光學顯微鏡下進行表面觀察時的缺陷數係為 4000 個/cm^2 以下。